ISSN 3154-813X (Print)
ISSN 3154-8148 (Online)

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Таврійський науковий вісник

Серія: Сільськогосподарські науки

Випуск 151

Видавничий дім
«Гельветика»
2026

УДК 630(477.72)

ISSN 3154-813X (Print)
ISSN 3154-8148 (Online)

Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(Протокол № 18 від 30.10.2026)

Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2026. Вип. 151. 556 с.

Журнал включений до Переліку наукових фахових видань України відповідно до Наказу МОН України № 928 від 11 червня 2026 року (додаток 11) строком на три роки з 01 червня 2026 року по 31 травня 2029 року з присвоєнням категорії «Б». Кластер: Сільськогосподарські і ветеринарні науки. Спеціальності: Н1 Агрономія, Н2 Тваринництво, Н3 Садово-паркове господарство, Н4 Лісове господарство.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення No 2933 від 24.10.2024 року. Ідентифікатор медіа R30-05566.

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Херсонський державний аграрно-економічний університет (вул. Стрітенська, буд. 23, м. Херсон, 73006; office@ksaeu.kherson.ua, тел. +38(050) 571-19-13).

Мова видання: українська, англійська, німецька, польська.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Головний редактор:

Аверчев О.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри землеробства, Херсонський державний аграрно-економічний університет.

Члени редакційної колегії:

Валентюк Н.О. – кандидат технічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу первинного та елітного насінництва, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Гамаюнова В.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувачка кафедри землеробства, геодезії та землеустрою, Миколаївський національний аграрний університет;

Домарацький Є.О. – доктор сільськогосподарський наук, професор, заступник директора з наукової та інноваційно-інвестиційної роботи, Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення;

Жуйков О.Г. – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри землеробства, Херсонський державний аграрно-економічний університет;

Лавренко С.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства, проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності, доцент кафедри землеробства, Херсонський державний аграрно-економічний університет;

Пічура В.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка, Херсонський державний аграрно-економічний університет;

Александр Адамович – доктор сільськогосподарських наук, професор, Латвійський університет біологічних наук та технологій, Латвія;

Еркан Кан – Ph.D., професор, завідувач кафедри аквакультури, факультет рибного господарства, Ізмірський університет Катіпа Челебі; президент та співзасновник Товариства сталого водного дослідження (SSAR), Ізмір, Туреччина;

Славка Христова Калапчієва – доктор філософії, доцент, селекціонер кафедри гороху овочевого, Науково-дослідний інститут овочевих культур імені Маріца, Пловдів, Болгарія;

Етер Карашвілі – кандидат наук, професор, професор, завідувач кафедри мікроекономіки, Тбіліський державний університет імені Іване Джавахішвілі, Грузія;

Катаржина Лип-Вроньска – PhD (інженерія), ад'юнкт, асистент-професор, AGH Університет у Кракові, Факультет менеджменту, кафедра управління підприємством, Польща.

© Херсонський державний аграрно-економічний університет, 2026

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING

УДК 633.853.494:631.16(477.7)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.1

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ РІПАКУ ОЗИМОГО НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Балабаш В.С. *– аспірант відділу первинного та елітного насінництва,*
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0006-4178-3242
Дробіт О.С. *– к.с.-г.н., ст. дослідник,*
провідний науковий співробітник,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3633-5828
Влащук А.М. *– к.с.-г.н., с.н.с.,*
завідувач відділу,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-2818-8127
Патик С.М. *– к.с.-г.н.,*
провідний науковий співробітник,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0003-8542-5971

У статті представлено результати трирічних експериментальних досліджень з вивчення впливу окремих елементів агротехніки на економічні та енергетичні показники ріпаку озимого. Метою було встановити вплив біопрепаратів за різних строків їх внесення на економічну та енергетичну ефективність вирощування насіння культури в зрошуваних і неполивних умовах півдня України.



© Балабаш В.С., Дробіт О.С., Влащук А.М., Патик С.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Встановлено, що зрошення (фактор А) виступало ключовим чинником підвищення ефективності вирощування ріпаку озимого. Попри зростання виробничих витрат з 25,6–27,1 до 33,9–36,0 тис. грн/га, проведення поливів забезпечило суттєве зниження собівартості насіння, збільшення умовно чистого прибутку та рівня рентабельності. Застосування біопрепаратів Ампеломіцин БТ, Планриз БТ та Триходермін БТ (фактор В) сприяло підвищенню ефективності вирощування культури, забезпечивши збільшення умовно чистого прибутку та рівня рентабельності у порівнянні з варіантами Контролю. Строки внесення (Фактор С) також впливали на значення економічних показників. Встановлено, що трикратне внесення біопрепаратів у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації забезпечує вищу набагато нижчу собівартість тонни насіння, ніж двократне внесення у фазах стеблування та бутонізації. Додаткові витрати на ще одну обробку біопрепаратами повністю компенсуються значним збільшенням вартості валової продукції з 37,68 тис. грн/га до 69,36 тис. грн/га та рівнем рентабельності – з 47,2 % до 93,2 %.

Показники енергетичної ефективності вирощування ріпаку також залежали від умов вологозабезпечення, застосування біопрепаратів та строків їх внесення. Триразове внесення біопрепарату Планриз БТ у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації забезпечило максимальний в дослідженні коефіцієнт енергетичної ефективності – 1,90, найбільший приріст чистої енергії 39,67 ГДж/га та найвищий прихід енергії з урожаєм – 83,81 ГДж/га.

Ключові слова: *зрошення, біопрепарат, строк внесення, насіння, умовно чистий прибуток, рентабельність, енергетичний коефіцієнт.*

Balabash V.S., Drobit O.S., Vlashchuk A.M., Patyk S.M. Economic and energy efficiency of winter rapeseed cultivation in Southern Ukraine

The article presents the results of three-year experimental studies investigating the impact of specific agronomic practices on the economic and energy performance indicators of winter rapeseed. The objective was to determine the effect of biological products–applied at different times–on the economic and energy efficiency of seed production under both irrigated and non-irrigated conditions in southern Ukraine.

It was established that irrigation (Factor A) was a key factor in enhancing the efficiency of winter rapeseed cultivation. Despite an increase in production costs from 25.6–27.1 to 33.9–36.0 thousand UAH/ha, irrigation led to a significant reduction in seed production costs and an increase in both notional net profit and profitability. The application of the biological products Ampelomyces BT, Planriz BT, and Trichodermin BT (Factor B) contributed to improved cultivation efficiency, resulting in higher notional net profit and profitability compared to the control variants.

The timing of application (Factor C) also influenced economic indicators. It was found that applying biopreparations three times–during the rosette formation, stem elongation, and budding stages–results in a significantly lower production cost per tonne of seed compared to two applications during the stem elongation and budding stages. The additional costs associated with the extra treatment are fully offset by a substantial increase in the value of gross output (from 37.68 thousand UAH/ha to 69.36 thousand UAH/ha) and the profitability level (from 47.2% to 93.2%).

Energy efficiency indicators for rapeseed cultivation also depended on moisture availability, the use of biological products, and the timing of their application. Three applications of the biological product Planriz BT–at the rosette formation, stem elongation, and budding stages–resulted in the highest energy efficiency coefficient in the study (1.90), the greatest net energy gain (39.67 GJ/ha), and the highest energy yield from the crop (83.81 GJ/ha).

Key words: *irrigation, biological preparation, application timing, seeds, notional net profit, profitability, energy coefficient.*

Актуальність теми дослідження. Насьогодні формування прибутку від вирощування сільськогосподарських культур зазнає значних змін, особливо в капіталомістких сферах рослинництва, таких як виробництво олійних культур. Останнім часом суттєво зросли витрати через збільшення цін на пальне, мінеральні добрива, засоби захисту рослин, а також через нестабільність на ринку енергоресурсів. Це сприяло значному підвищенню собівартості вирощування ріпаку озимого. Разом із

логістичними обмеженнями, блокуванням традиційних експортних маршрутів і коливаннями закупівельних цін, ці фактори призвели до деякого зниження рентабельності вирощування культури та загальної прибутковості її реалізації [1, с. 79; 2; 3, с. 68].

Економічну ефективність вирощування ріпаку озимого в сучасних умовах визначають не лише традиційні фактори, такі як рівень урожайності, якість насіння та ринкова ціна. Вона також значною мірою залежить від оптимізації виробничих і логістичних витрат на доставку продукції, а також стабільного енергопостачання для технологічних процесів всередині агропідприємства. Це особливо важливо в умовах кліматичних змін, які змушують шукати баланс між інтенсифікацією виробництва та раціональним використанням природних ресурсів. На Півдні України, що вважається зоною ризикованого землеробства, дефіцит вологи виступає обмежувальним фактором, який вимагає ретельного підходу до управління водними та земельними ресурсами [4, с. 108; 5, с. 96].

Актуальності набуває питання вивчення економічної та енергетичної ефективності вирощування насіння ріпаку озимого залежно від використання біопрепаратів і строків їх внесення у зрошуваних та незрошуваних умовах південного регіону України. Проведене дослідження є важливим як з наукової, так і з практичної точки зору, оскільки воно спрямоване на вдосконалення технології вирощування даної культури.

Постановка проблеми. Врожайність є ключовим показником ефективності вирощування насіння ріпаку озимого. Оптимізація агротехнічних елементів технології вирощування культури сприяє підвищенню насіннєвої продуктивності. При цьому, розробка технологічних рішень, які можуть гарантувати високу врожайність насіння, обов'язково доповнюється детальною економічною оцінкою [6, с. 203; 7, с. 39].

Оцінювання економічної ефективності досліджень у контексті ринкових відносин набуває надзвичайної важливості. В сучасних економічних умовах вирощування ріпаку озимого супроводжується значним збільшенням виробничих витрат. Основними факторами є висока вартість енергоносіїв, добрив і пестицидів, а також дефіцит і подорожчання пального. Будучи капіталомісткою культурою, ріпак зазнає впливу зростання витратної частини, що в умовах ускладненого збуту чинить значний тиск на маржинальність і призводить до зниження чистого прибутку аграрних підприємств. Тому економічна ефективність вирощування цієї олійної культури в нинішніх умовах визначається не лише рівнем врожайності, якісними характеристиками насіння та ринковою ціною продажу, але також значною мірою залежить від оптимізації виробничих витрат, логістичних витрат на транспортування продукції та стабільності енергозабезпечення технологічних процесів [8, с. 104; 9, с. 42; 10, с. 103].

У зв’язку з цим виникає необхідність проведення комплексної економічної та енергетичної оцінки вирощування насіння ріпаку озимого залежно від використання біопрепаратів та різних строків їх внесення за різних умов вологозабезпечення на півдні України.

Методика досліджень. Метою було встановити вплив біопрепаратів за різних строків їх внесення на економічну та енергетичну ефективність вирощування насіння ріпаку озимого в зрошуваних і неполивних умовах півдня України.

Дослідження проводили впродовж 2024–2026 рр. на чорноземах звичайних в умовах дослідного поля ПП «ГСП», розташованого в Березівському районі Одеської області. Планування та виконання досліджень здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик проведення польових експериментів, а також

згідно з методичними рекомендаціями та спеціалізованими посібниками [11, с. 87; 12, с. 36; 13, с. 127; 14, с. 59].

У польових умовах було проведено трифакторний дослід, використовуючи метод розщеплених ділянок із рандомізованим розподілом варіантів. Агротехніка була загальноприйнятою для південних регіонів України, за винятком досліджуваних факторів. Фактор А представляв умови вологозабезпечення, а саме: без зрошення та зрошення. Фактор В включав різні біопрепарати, зокрема: контроль (без внесення препарату), Ампеломіцин БТ, Планриз БТ та Триходермін БТ. Фактор С визначав строки внесення, які включали його здійснення під час утворення розетки, стеблування та бутонізації, а також лише під час стеблування та бутонізації.

В дослідженні вивчали біопрепарати від ІТІ «Біотехніка» НААН України, виготовлені з оригінальних маткових культур для забезпечення високої якості. Їх застосування в рослинництві гарантує екологічно безпечний захист від шкідників і хвороб. Продукція ІТІ «Біотехніка» базується на власних інноваціях, пройшла всі необхідні випробування і сертифікована за міжнародними стандартами органічного землеробства.

Результати досліджень. Аналіз економічних показників за період проведення досліджень впродовж 2024–2026 років показує, що умови вологозабезпечення, біопрепарати та строки їх внесення мають значний вплив на економічну ефективність вирощування ріпаку озимого (табл. 1).

Визначено, що основним чинником підвищення виробництва є застосування зрошення (фактор А), використання якого позитивно вплинуло на економічну ефективність вирощування культури. За вирощування ріпаку озимого без зрошення середня врожайність становить 1,68 тонн з гектара. Однак на зрошуваних землях цей показник збільшується до 2,66 тонн з гектара, що забезпечує збільшення збору насіння на 58 %. Незважаючи на те, що полив підвищує загальні виробничі витрати з 25,6–27,1 тисяч гривень за гектар до 33,9–36,0 тисяч гривень за гектар, він повністю виправдовує себе, зокрема сприяє істотному зменшенню собівартості однієї тонни насіння. Умовно чистий прибуток на контрольних ділянках (без використання біопрепаратів) завдяки зрошенню практично подвоюється – із 12,08–12,46 тисяч гривень за гектар до 23,70–23,98 тисяч гривень за гектар, а рівень рентабельності підвищується з 47,2–48,5 % – до 69,9–70,3 %.

Застосування зрошення значно підвищило ефективність використання біопрепаратів, посиливши їх дію. Найбільший приріст насіннєвої продуктивності спостерігався при триразовому внесенні Планризу БТ у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації, коли зрошення забезпечило додаткові 1,06 т/га насіння та збільшення вартості валової продукції на 25,44 тисяч грн/га. За триразового внесення для Триходерміну БТ у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації собівартість продукції зменшилася з 15,31 до 12,81 тис. грн/т. Використання поливів дозволило подвоїти умовний чистий прибуток за всіма варіантами, де вносили біопрепарати. Ампеломіцин БТ на зрошенні приніс 27,06 тис. грн/га прибутку порівняно з 12,58–14,96 тис. грн/га без зрошення, а Планриз БТ збільшив прибуток з 16,92 до максимальних в досліді значень – 33,46 тис. грн/га. Найкращі значення спостерігали за триразового внесення Планризу БТ у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації, коли рентабельність збільшилася, в середньому, на 30,5 % та склала 93,2 %.

Використання біопрепаратів (фактор В) сприяло підвищенню ефективності вирощування ріпаку озимого та забезпечило суттєво кращі результати за

Таблиця 1

Показники економічної ефективності вирощування ріпаку озимого залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2024–2026 рр.)

Фактор А, умови волого-забезпечення	Фактор В, біопрепарат	Фактор С, строк внесення	Урожайність насіння, т/га	Вартість валової продукції, тис. грн/га	Витрати, тис. грн/га	Собівартість продукції, тис. грн/т	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рентабельність, %
без зрошення	Контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,59	38,16	25,7	16,16	12,46	48,5
		стеблування + бутонізація	1,57	37,68	25,6	16,31	12,08	47,2
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,74	41,76	26,8	15,40	14,96	55,8
		стеблування + бутонізація	1,62	38,88	26,3	16,23	12,58	47,8
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,83	43,92	27,0	14,75	16,92	62,7
		стеблування + бутонізація	1,70	40,80	26,5	15,59	14,30	54,0
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,77	42,48	27,1	15,31	15,38	56,8
		стеблування + бутонізація	1,65	39,60	26,6	16,12	13,00	48,9
зрошення	Контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,42	58,08	34,1	14,09	23,98	70,3
		стеблування + бутонізація	2,40	57,60	33,9	14,13	23,70	69,9
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,74	65,76	35,8	13,07	29,96	83,7
		стеблування + бутонізація	2,59	62,16	35,1	13,55	27,06	77,1
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,89	69,36	35,9	12,42	33,46	93,2
		стеблування + бутонізація	2,73	65,52	35,2	12,89	30,32	86,1
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,81	67,44	36,0	12,81	31,44	87,3
		стеблування + бутонізація	2,66	63,84	35,4	13,31	28,44	80,3

показниками умовно чистого прибутку та рівня рентабельності в порівнянні з варіантами Контролю. Найкращу ефективність у дослідженні продемонстрував Планриз БТ, другим за результативністю став Триходермін БТ, а Ампеломіцин БТ показав менший, але вищий, у порівнянні з контрольними варіантами, економічний ефект.

Строки внесення (Фактор С) також чинили вплив на ефективність вирощування культури. Встановлено, що трикратне внесення біопрепаратів у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації забезпечує вищу врожайність та набагато нижчу собівартість тонни насіння, ніж двократне внесення у фазах стеблування та бутонізації. Додаткові витрати на ще одну обробку біозасобами повністю компенсуються значним збільшенням вартості валової продукції з 37,68 тис. грн/га до 69,36 тис. грн/га та рівнем рентабельності – з 47,2 % до 93,2 %, або на 84,1 та 46,0 %, відповідно.

Ріпак озимий, володіючи високим біоенергетичним потенціалом і значним вмістом олії у насінні, належить до високозатратних культур, тому біоенергетичне обґрунтування елементів його технології вирощування є обов'язковою умовою реалізації біоенергетичного потенціалу посівів. Результати розрахунків енергетичної ефективності вирощування олійної культури залежно від умов вологозабезпечення, застосування біопрепаратів та строків їх внесення наведені в таблиці 2.

Застосування зрошення зумовлює додаткові витрати енергії, пов'язані з подачею поливної води, подальшою експлуатацією зрошувальних систем і додатковим транспортуванням вирощеної продукції. Зокрема, витрати енергії за вирощування ріпаку озимого в умовах зрошення зростають до 40,66–44,14 ГДж/га, що на 1,21–1,22 ГДж/га (2,8–3,0 %) більше порівняно з неполивними умовами (39,45–42,93 ГДж/га). Проте зазначена додаткова енергоємність повністю компенсується інтенсивним формуванням асиміляційного апарату та зростанням насіннєвої продуктивності. В умовах зволоження прихід енергії з урожаєм підвищується до 69,60-83,81 ГДж/га, що перевищує показники неполивних варіантів (45,53–53,07 ГДж/га) у 1,53–1,58 раза. Завдяки цьому приріст чистої енергії на зрошенні досягає 28,94–39,67 ГДж/га, переважаючи аналогічні показники без зрошення (5,21–10,14 ГДж/га) в 3,9–5,5 раза, що підтверджує високу біоенергетичну окупність засобів інтенсифікації вологозабезпечення.

Дослідження впливу біологічних препаратів (Фактор В) засвідчило їх виражену ресурсозберігаючу та стимулюючу дію на формуванні біоенергетичного балансу посівів ріпаку озимого. Внесення біопрепаратів зумовлювало невелике зростання сукупних витрат енергії за рахунок енергоємності самих препаратів та технологічних операцій з їх внесення – на 2,32–3,48 ГДж/га. Водночас зростання урожайності насіння забезпечило істотне підвищення акумуляції енергії. Залежно від рівня впливу на коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее) та рівень акумуляції енергії в отриманій продукції, досліджувані біопрепарати розташувалися у такій послідовності: найвищі показники забезпечило застосування Планризу БТ, дещо поступався йому Триходермін БТ, нижчу ефективність виявив Ампеломіцин БТ, а найнижчі значення зафіксовано на варіантах Контролю.

Порівняльний аналіз строків внесення біопрепаратів (Фактор С) свідчить про доцільність розширення регламенту обробок. Проведення додаткового обприскування у фазу утворення розетки (триразове внесення: розетка + стеблування + бутонізація) супроводжувалося зростанням сукупних енерговитрат на 1,16 ГДж/га порівняно з дворазовим внесенням (стеблування + бутонізація). Проте триразове застосування біопрепаратів забезпечило вагомий додатковий прихід енергії за

Таблиця 2

Енергетична ефективність вирощування ріпаку озимого залежно від досліджуваних факторів, % (середнє за 2024–2026 рр.)

Фактор А, умови волого-забезпечення	Фактор В, біопрепарат	Фактор С, строк внесення	Урожайність, т/га	Прихід енергії з урожаєм, ГДж/га	Витрати енергії, ГДж/га	Приріст енергії, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності, ГДж/га, Кее
без зрошення	Контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,59	46,11	39,45	6,66	1,17
		стеблування + бутонізація	1,57	45,53	39,45	6,08	1,15
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,74	50,46	42,93	7,53	1,18
		стеблування + бутонізація	1,62	46,98	41,77	5,21	1,12
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,83	53,07	42,93	10,14	1,24
		стеблування + бутонізація	1,70	49,30	41,77	7,53	1,18
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,77	51,33	42,93	8,40	1,20
		стеблування + бутонізація	1,65	47,85	41,77	6,08	1,15
зрошення	Контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,42	70,18	40,66	29,52	1,73
		стеблування + бутонізація	2,40	69,60	40,66	28,94	1,71
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,74	79,46	44,14	35,32	1,80
		стеблування + бутонізація	2,59	75,11	42,98	32,13	1,75
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,89	83,81	44,14	39,67	1,90
		стеблування + бутонізація	2,73	79,17	42,98	36,19	1,84
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,81	81,49	44,14	37,35	1,85
		стеблування + бутонізація	2,66	77,14	42,98	34,16	1,79

рахунок оптимізації фітосанітарного стану та ростових процесів на початкових етапах органогенезу.

Наприклад, за вирощування на зрошенні із застосуванням Планризу БТ триразове внесення збільшило прихід енергії на 4,64 ГДж/га (83,81 проти 79,17 ГДж/га за дворазового), що дозволило перекрити додаткові енерговитрати й одержати приріст чистої енергії 39,67 ГДж/га проти 36,19 ГДж/га. Комплексний аналіз свідчить, що в усіх досліджуваних варіантах коефіцієнт енергетичної ефективності був більшим за одиницю (Кее > 1,0), що підтверджує енергетичну доцільність вирощування ріпаку озимого як без поливу, так і за зрошення.

В незрошуваних умовах найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее = 1,24) та максимальний прихід енергії з урожаєм (53,07 ГДж/га) зафіксовано у варіанті із триразовим застосуванням біопрепарату Планриз БТ дозою 3,0 л/га, де приріст чистої енергії становив 10,14 ГДж/га.

За умов зрошення біоенергетичні параметри суттєво покращуються: максимальний рівень Кее (1,90) та найбільша акумуляція енергії у сформованому врожаї (83,81 ГДж/га) досягаються за поєднання зрошення з триразовим внесенням Планризу БТ. У цьому варіанті сформовано найбільший у досліді приріст чистої енергії – 39,67 ГДж/га.

Порівнюючи варіанти досліду, слід відмітити наявність чітко вираженого синергетичного ефекту від сумісної дії зрошення та оптимізованого біологічного захисту й стимуляції. Поєднання зрошення та триразового внесення біопрепарату Планриз БТ дозволяє збільшити прихід енергії з 46,11 ГДж/га (абсолютний Контроль без зрошення) до 83,81 ГДж/га (на 81,8 %), підвищити приріст чистої енергії у 5,96 раза та підвищити Кее з 1,17 до 1,90.

Висновки. Встановлено, що за вирощування ріпаку озимого умови вологозабезпечення, біопрепарати та строки їх внесення в тій чи іншій мірі, впливали на економіко-енергетичні показники.

Використання зрошення у технології вирощування підвищує насіннєву продуктивність та рентабельність на 52,2–52,9 % порівняно з Контролем, а внесення біопрепаратів Ампеломіцин БТ, Планриз БТ та Триходермін БТ забезпечує подальше зростання чистого прибутку до 27,06–33,46 тис. грн/га. Найкращі економічні показники забезпечує трикратне внесення біопрепаратів у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації.

За вирощування культури в умовах півдня України найбільш економічно вигідним є поєднання зрошення та триразового внесення біопрепарату Планриз БТ у фазах утворення розетки, стеблування, та бутонізація. Поєднання оптимальних елементів технології дозволяє досягти рекордно низької собівартості продукції – 12,42 тис. грн/т, найвищого умовно чистого прибутку – 33,46 тис. грн/га та максимального рівня рентабельності – 93,2 %.

Розрахунки біоенергетичної ефективності показали, що для досягнення максимальних показників ресурсозбереження та продуктивності рекомендовано вирощувати ріпак озимий в умовах зрошення із застосуванням триразового позакореневого оброблення посівів біопрепаратом Планриз БТ (3,0 л/га) у фази «утворення розетки + стеблування + бутонізація», що забезпечує коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 1,90, приріст чистої енергії 39,67 ГДж/га та максимальний прихід енергії з урожаєм – 83,81 ГДж/га.

Таким чином ріпак озимий посідає стратегічне місце у сучасному сільському господарстві України. Поєднання економічної вигідності, високого експортного потенціалу та агроекологічних переваг робить його ключовою культурою для

забезпечення сталого розвитку аграрного сектору та зміцнення енергетичної незалежності країни. У перспективі ріпак залишатиметься важливою складовою аграрної політики, з огляду на глобальний тренд до «зеленої» економіки та відновлюваних джерел енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Балабаш В.С. Врожайність ріпаку озимого залежно від застосування біопрепаратів на півдні України. *Таврійський науковий вісник.* 2026. Вип. 148, Част. 1. С. 78–86. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.9

2. Ринок ріпаку: логістика визначатиме рівень цін. *Сайт Agroportal.ua.* 2026. URL: https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/rinok-ripaku-logistika-stane-viznachalnoyu-dlya-formuvannya-cin (дата звернення 07.09.2026 р.).

3. Honcharuk I., Gontaruk Y., Pantsyreva H. Economic aspects of using the potential of bioenergy crops for biogas production and advanced technologies for digestate application. *Baltic Journal of Economic Studies.* 2024. Vol. 10, Issue 2. P. 68–77. https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-68-77

4. Мацера О. О. Дослідження формування показників економічної ефективності вирощування ріпаку озимого залежно від елементів технології. *Збірник наукових праць ВНАУ: Сільське господарство та лісівництво.* 2019. Вип. 14. С. 106–117.

5. Влащук А.М., Дробіт О.С., Шапарь Л.В., Прищепо М.М., Конащук О.П. Оптимізація технології вирощування насіння ріпаку озимого в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації.* 2020. Вип. 2. С. 96–102. http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/48/277

6. Гусєв М. Г., Шаталова В. В. та ін. Економіко-енергетичне обґрунтування ріпаку озимого в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство.* 2010. № 53. С. 203–204.

7. Bakhmat M., Sendetsky I., Sendetsky W. Economic evaluation of efficiency of oil growing with the use of humin preparations. *Modern engineering and innovative technologies.* 2021. Issue 16. Part 2. P. 36–47. https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit16-02/meit16-02 DOI: 10.30890/2567-5273.2021-16-02-108.

8. Калетник Г. М., Мазур А. Г., Кубай О. Г. Державне регулювання економіки. Навчальний посібник. Київ. Найтек. пресс, 2011. 472 с.

9. Вожегова Р.А., Балабаш В.С. Формування насіннєвої продуктивності ріпаку озимого за умов зміни клімату. *Аграрні інновації.* 2025. № 30. С. 41–46. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.6

10. Лавриненко Ю. О. та ін. Енергетична ефективність вирощування сортів ріпаку озимого залежно від строку сівби та норми висіву в умовах Південного Степу України. *Зрошуване землеробство.* 2017. Вип. 67. С. 102–111.

11. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. / В. Г. Дідора, О. Ф. Смаглій, Е. Р. Ермантраут та ін. К. : «Центр учбової літератури» 2013. 264 с.

12. Методологія, методи і методика досліджень в агрономії: навчальний посібник Ю. П. Манько, О. А. Цюк, О. С. Павлов. Вінниця: Тов «Нілан-ЛТД», 2016. 96 с.

13. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.Г. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грінь Д.С., 2014 р. 285 с.

14. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, П. В. Костогриз, В. П. Опришко. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

Дата першого надходження статті до видання: 08.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

UDC 633.14"324":631.5:631.559:[631.526.3+631.527.5]
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.2

WAŻNIEJSZE CECHY ROLNICZE I PŁONOWANIE ODMIAN I MIESZANCOW ŻYTA OZIMEGO

Vilchynska L.A. *– docent katedry (Wydział) Nauk o Roślinach, Hodowli, Nasiennictwa, Wyższa uczelnia «Podolski Uniwersytet Państwowy»*
orcid.org/0000-0001-6069-2203

Porównanie ważniejszych cech i plonowania odmian żyta ozimego mieszancowego z odmianami żyta populacyjnego.

Miejsce założenia doświadczenia: Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Kryżewie Zaklad Doświadczalny Oceny Odmian w Marianowie (COBORU SDOO w Kryżewie ZDOO w Marainowie). Okres badań: 2020-2023. Zapisy, oceny i obserwacje w doświadczeniach prowadzono zgodnie z Kodeksom dobrej praktyki rolniczej, stosowanie srodków ochrony roslin na podstawe Kodeksu dobrej praktyki ochrony roslin, ogólnie przyjętą metodologią. Zastosowano następujące metody oceny w doświadczeniach: terenową, laboratoryjną, matematyczną i statystyczną.

Stwierdzono, że jakość materiału siewnego odmian i mieszańców żyta w doświadczeniach jest bardzo wysoka, kategoria nasion jest przedbazowa materiał hodowlany. Praktycznie ustalono, że masa 1000 nasion zdecydowanie niższa u odmian populacyjnych niż w odmian mieszańcowych i waha się od 31,8 g u odmiany populacyjnej 'Reflektor' do 36,1 g odmiany mieszańcowej 'Piano F_1'. Zestawienie własne na podstawie danych z ZDOO w Marianowie świadczy o tym, że największym stopniem odporności na porażenie przez septorioza liści, rdza brunatna, sporysz, brunatna plamistość liści, pleśń sniegowa w żyta ozimego charakteryzowało się i odmiany mieszańcowe 'KWS Jethro F_1' i 'Piano F_1' i odmiany populacyjne 'Reflektor', 'Dańkowskie Hadron'. Analiz najbardziej wartościowych ekonomicznie wskaźników badanych odmian żyta wynika, że odmiany populacyjne charakteryzowały się wyższą wysokością roślin niż mieszańcowe. Ma to oczywiście pozytywny wpływ na odporność tych ostatnich na wyleganie przed zbiorem (7°). Analiza plonowania odmian i mieszańców żyta ozimego w warunkach COBORU SDOO w Krzyżewie ZDOO w Marianowie pokazuje że wszystkie odmiany mieszańcowe przewyższały wzorzec: zwyżka plonów wynosi od 5,9 do 11,9 dt $\cdot ha^{-1}$ różnica wynosi 9-22%. Odmiana mieszańcowa 'KWS Jethro F_1' należy do odmian o najwyższej wydajności.

Aby uzyskać wysokie i stabilne plony żyta ozimego w warunkach gospodarstw rolnych i osób związanych z rolnictwem zaleca się uprawę odmian mieszańców 'KWS Jentro F_1'i 'Piano F_1' i odmian populacyjnych 'Reflektor', 'Dańkowskie Hadron'.

Słowa klucze: *ocena, stopniem odporności na porażenie przez choroby, wzorzec, pollen plus, odmiana, mieszanieć.*

Vilchynska L.A. Important agronomic characteristics and yield of winter rye varieties and hybrids

The study of the main agronomic characteristics and yield of winter rye varieties and hybrids is the main task of the research. Research location: Central Center for Agricultural Plant Research, Variety Evaluation Research Station in Kryzew, Variety Evaluation Research Facility in Marjanów (Poland). Research period 2020-2023. Soil class IV a, light loamy, dusty. Type: typical brown soil. Agronomic suitability: very good rye (wheat-rye). Winter rye varieties studied in population studies: 'Dańkowskie Hadron', 'Dańkowskie Turkus', 'Dańkowske Granat', 'Reflektor'; hybrid: 'KWS Berado F_1' 'KWS Jethro F_1', 'Piano F_1' 'KWS Vinetto F_1'.

All observations, assessments and records in the studies were carried out in accordance with the Code of Good Agronomic Practice, the use of plant protection products was carried out on the basis of the Code of Good Plant Protection Practice, in accordance with generally accepted methods. The following assessment methods were used in the experiment: field, laboratory,

© Vilchynska L.A., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

mathematical and statistical. It has been proven that the quality of seed material of winter rye varieties and hybrids is quite high and corresponds to the pre-basic seed categories. It has been practically established that the mass of 1000 grains is significantly lower in population varieties compared to varieties of hybrid origin and varies from 31.8 g in the population variety 'Reflektor' to 36.1 g in the winter rye variety of hybrid origin 'Piano F_1. The highest degree of resistance to septoria leaf spot, rust, hornworm, and dark leaf spot is possessed by winter rye hybrids 'KWS Jethro F_1' і 'Piano F_1' і copmu 'Reflektor', 'Dańkowskie Hadron'. Analysis of the most significant agronomic indicators and yield showed that all varieties of hybrid origin exceeded the standard: the excess yield was from 5.9 to 11.9 c/ha, the difference is 9-22%. The variety of hybrid origin 'KWS Jethro F_1' is characterized by the highest agronomically valuable indicators and yield.

To obtain high and stable yields of winter rye in farms of ownership's various forms, it is recommended to grow winter rye varieties of hybrid origin 'KWS Jentro F_1' і 'Piano F_1' and varieties of winter rye population 'Reflektor', 'Dańkowskie Hadron'.

Key words: *evaluation, degree of disease resistance, standard, pollen plus, variety, hybrid.*

Sformulowanie problemu: Żyto ozime to jedno z najpowszechniejszych zbóż kultur w większości stref rolno-klimatycznych Europy północnej i srodkowej. Wśród ozimin żyto ozime charakteryzuje się dużą mrozoodpornością, wymagania wodne mniejsze, efektywnie wykorzystuje jesienne i zimowe opady i lepiej znosi wiosenne susze ze względu na dobrze rozwinięty system korzeniowy [1–3]. Jesteśmy drugim na swiecie i w UE producentem tego zboza. Plony zyta w przypadku odmian mieszńcowych dochodza nawet do 11 t/ha [4].

Największy wpływ na wielkość plonów ma wybór odpowiedniej odmiany. Podjęcie tej strategicznej dla gospodarstwa decyzji warto dokonać na podstawie wyników badań PDO. Szczegółowa analiza rejestru odmian na przestrzeni ostatnich 10 lat wskazuje, że z roku na rok rośnie udział odmian pochodzących z hodowli zagranicznych. Podobną sytuację obserwujemy z liczbą odmian rejestrowanych w Krajowym Rejestrze: ich liczba podwoiła się z 38 w 2010 r. do 82 w 2022 r. Wzrost tłumaczy się wprowadzeniem do Rejestru Krajowego odmian zagranicznych z 14 (2010) do 52 (2022). Powierzchnia obsiana żytem w Polsce wynosi ok. 1 mln ha. 50% tej powierzchni obsiewana jest odmianami mieszancowymi [5, 6].

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie polskich rolników uprawą odmian mieszańcowych żyta. W Krajowym Rejestrze obecnie znajdują się 52 odmiany żyta ozimego, z czego 52% stanowią odmiany mieszańcowe [7]. Niestety tylko trzy z nich to odmiany krajowe: ′Stach′, ′Gradan′, Tur′. Hodowla odmian mieszańcowych stwarza możliwość osiągnięcia znacznego postępu pod względem plonu ziarna i innych cech agronomicznych. W doświadczeniach rejestrowych COBORU najlepsze odmiany mieszańcowe osiągają plon ziarna nawet 30% wyższy w porównaniu z wzorcowymi odmianami populacyjnymi [8]. Dodatkowym powodem zainteresowania hodowlą heterozyjną żyta jest aspekt ekonomiczny [9]

Plon żyta ozimego jest końcowym złożonym wskaźnikiem współdziałania z jednej strony odmiany jako czynnika biologicznego, z drugiej strony różnych elementów technologii uprawy. Korzystne warunki glebowo-klimatyczne, terminowość zabiegów agrotechnicznych oraz technologia uprawy pozytywnie wpływają na wzrost plonowania odmian żyta.

CEL PRACY: porównanie ważniejszych cech i plonowania odmian żyta ozimego mieszancowego z odmianami żyta populacyjnego.

Analiza najnowszych badań i publikacji: Stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego umożliwia wykorzystanie efektów postępu hodowlanego oraz daje gwarancję dobrej zdrowotności nasion, czystości i wysokiej zdolności kiełkowania. Niski poziom plonowania może być spowodowany brakiem wykorzystania postępu hodowlanego,

wyradzaniem się odmian powodowanym wielokrotnym rozmnożeniem własnego materiału w gospodarstwach oraz złą jakością nasion. Rolnik stosujący niekwalifikowany materiał siewny nie zna jego zdolności kiełkowania, dlatego zwiększa normę wysiewu. Nieprawidłowa ilość wysianych nasion skutkuje niewłaściwą obsadą kłosów na m^2, co prowadzi do pogorszenia jakości lub obniżenia plonu. Natomiast stosowanie materiału o niskiej zdrowotności powoduje introdukcję patogenów do gleby, czego konsekwencją jest wzrost kosztów związanych z ochroną roślin i gorsze plonowanie [10].

Według badań naukowych, zmniejszenie zdolności kiełkowania nasion tylko o 1% prowadzi do spadku plonów zbóż ozimych o 1–1,5%, natomiast zbóż jarych o 1,5–2%. W uprawie zbóż ozimych w bardzo dobrych warunkach i wczesnych terminach siew można zmniejszyć normą wysiewu. Mniejsza obsada wysionych nasion na jednostkę powierzchni zostanie zkompensowana wyższym współczynnikiem krzywienia [11–13].

Za najgroźniejsze choroby w uprawie żyta uznaje się mączniaka prawdziwego i rdzę brunatną. Straty w plonach wywołane przez nie mogą sięgać nawet 29%. Za najbardziej szkodliwe dla żyta uważa się Fusarium culmorum, Fusarium avenaceum oraz Fusarium nivale. Źródłem infekcji dla tych patogenów jest porażone ziarno, resztki pożniwne, gleba oraz chwasty. Silny rozwój chorób fuzaryjnych na kłosach następuje w przypadku, gdy temperatura w dzień waha się w granicach 12–24°C, a w nocy od 5 do 12°C, a ponadto panuje wysoka wilgotność powietrza połączona z częstymi opadami deszczu. Dużemu nasileniu fuzariozy kłosów sprzyja łagodna jesień i zima oraz chłodna i mokra wiosna, a ponadto uproszczone zmianowania, zbyt duże gęstości siewu, niezbilansowane nawożenie azotem [14].

Przy czym stopień porażenia przez te choroby jest bardzo zmienny w latach. Dużą rolę w ograniczaniu występowania chorób odgrywa prawidłowa agrotechnika w zakresie zmianowania, uprawy roli, wyboru odmian, prawidłowego doboru parametrów siewu (gęstość, termin, jakość materiału siewnego). Ewentualne błędy czy uproszczenia w tym zakresie mogą prowadzić do zwiększenia zagrożenia. Zwykle ochrona chemiczna przed chorobami grzybowymi polega na jedno- lub dwukrotnym oprysku fungicydami. Jeżeli łan żyta jest zwarty, a warunki pogody sprzyjają rozwojowi chorób, to pierwszy zabieg grzybobójczy może przypadać już na fazę 1–2 kolanka. Natomiast drugi na koniec fazy strzelania w źdźbło – początek kłoszenia. Jeżeli zagrożenie jest mniejsze może wystarczyć jeden zabieg grzybobójczy przypada on wówczas na fazę pojawiania się liścia flagowego [15].

Miejsce założenia doświadczenia, materiały i metoda badań.

Miejsce założenia doświadczenia: Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Kryżewie Zaklad Doświadczalny Oceny Odmian w Marianowie (COBORU SDOO w Kryżewie ZDOO w Marainowie). Gleba: klasa gleby: IV a; rodzaj: glina lekka pylasta. Kompleks przydatnośći rolniczej gleby: żytni bardzo dobry (pszenno-żytni). Typ gleby: brunatna właściwa.

Odmiany żyta ozimego badanych w doświadcheniu: populacyjnego: ′Dańkowskie Hadron′, ′Dańkowskie Turkus′, Dańkowske Granat′, ′Reflektor′; mieszańcowego: ′KWS Berado F_1′, KWS Jethro F_1′**,** Piano F_1′ KWS Vinetto F_1′.

Wzorzec: 2020 – ′Antonińskie′, ′Dańkowskie Granat′, KWS Binntto′, ′KWS Serafino′; 2021 – ′Antonińskie′, ′Dańkowskie Granat′, KWS Jethro F_1′, ′KWS Serafino′; 2022 – ′Dańkowskie Granat′, Dańkowskie Kanter′, ′KWS Igor′, KWS Jentro F_1′; F_1 – odmiana mieszańćowa.

Badania terenowe przeprowadzono zgodnie z ogólnie przyjętymi metodami. Wszystkie zapisy, oceny i obserwacje w doświadczeniach prowadzono zgodnie z Kodeksom dobrej praktyki rolniczej [10], stosowanie srodków ochrony roslin na podstawe

Kodeksu dobrej praktyki ochrony roslin [16], ogólnie przyjętą metodologią. W badaniach zastosowano następujące metody oceny: terenową, laboratoryjną, matematyczną i statystyczną.

Przeciw głównym chorobom grzybiczym rośliny dwukrotnie opryskano fungicydami w fazach strzelanie w źdźbło i kłoszenia. Pierwszy zabieg wykonano preparatem Soligor w dawce 0,8 l/ha, drugi preparatem Virtuoz w dawce 1,2 l/ha.

Wyniki badan. Postęp biologiczny oraz stosowanie w uprawie kwalifikowanego materiału siewnego nabiera coraz większego znaczenia w uprawach [6].

Przeprowadzono ocenę jakości materiału siewnego badanych odmian żyta ozimego populacyjnego i mieszańcowego (tab. 1).

Stwierdzono, że jakość materiału siewnego odmian i mieszańców żyta w doświadczeniach jest bardzo wysoka, kategoria nasion jest przedbazowa materiał hodowlany. Masa 1000 nasion waha się od 31,8 g u odmiany ′Reflektor′ do 36,1 g odmiany miszańcowej ′Piano F_1′.

Tabela 1

Jakość materiały siewnego

Odmiana	Obsada nasion, szt/m²	Masa 1000 nasion, g.	Zdolność kielko-wania, %	Ilość wysiewu (kg/ha)	Ilość wysiewu (g/poletko)	Ocena pelni wschodow (skala 9 st.)
Dańkowskie Hadron	250	31,9	98	75,26	146,75	8,5
Dańkowskie Turkus		34,4	94	91,49	178,4	9
Dańkowske Granat		32,4	95	64,47	125,72	9
Reflektor		31,8	92	101,9	198,71	8,5
KWS Berado F_1	200	34,7	96	62,08	121,06	8,0
KWS Jethro F_1		35,5	95	54,74	106,74	9
Piano F_1		36,1	86	76,28	148,74	8,5
KWS Vinetto F_1		34,4	93	64,3	125,39	8,5

Kategoria materiału siewnego wszystkich odmian żyta ozimego jest przedbazowa materiał hodowlany.

Przeprowadzono ocenę najbardziej szkodliwych chorób badanych odmiany w sezonie wegetacyjnym. Stwierdzono, że 2 odmiany ′Dańkovske Hadron, ′Reflektor′i 2 mieszańce ′KWS Jethro F_1′ i ′Piano F_1′ ,są odporne na sporysz. Najwyższą odpornością na uszkodzenia przez brunatna plamistość liści ma odmiana ′KWS Bernado F_1′ – 9°, nieco mniejszą odporność posiadają odmiany ′Reflektor′, KWS Jethro F_1′, ′Dańkowske Turkus′ – 8°, ′KWS Vinetto F_1′ – 7,5°; naimniejsza – 7°w odmiany ′Dańkowskie Granat i ′Piano F_1. Najmniejsze porażenie przez rzdza brunatną – odmiany ′Reflektor′ i ′Piano F_1′; septoriozą liśći – odmian – ′KWS Jethro F_1′ i ′KWS Berado F_1′ (tab. 2).

Największą odpornością na uszkodzenia przez główne choroby żyta ozimego charakteryzowały się odmiany KWS Jethro F_1′ i ′Piano F_1′, ′Reflektor′, ′Dańkowskie Hadron′. Odmiany mieszańców ′KWS Jethro F_1′ i ′Piano F_1′ są systema Pollen Plus jaka ogranycza ryzyko występowania sporyszy w uprawie żyta.

Obok plonu ziarna, najważniejszej cechy decydującej o wyborze do uprawy, istotne znaczenie ma również wysokość roslin, wyleganie przed zbiorem (tab. 3).

Tabela 2

Porażenie przez choroby w sezonie wegetacyjnym 2021/22 badanych odmian

Odmiana	Septorioza liści	Rdza brunatna	Sporysz (g/kg)	Brunatna plamistość liści
Wzorzec	7	6	0,1	7
Dańkowskie Hadron	7	6	0	7
Dańkowskie Turkus	7	6	0,14	8
Dańkowske Granat	7	6	0,04	7
Reflektor	7	8	0	8
KWS Berado F_1	8	7	0,28	9
KWS Jethro F_1	8	7	0	8
Piano F_1	7	8	0	7
KWS Vinetto F_1	7	6	0,1	7,5

Źródło: Zestawienie własne na podstawie danych z ZDOO w Marianowie

Tabela 3

Ważniejsze cechy rolnicze odmian i mieszańców żyta ozimego

Odmiana	Wysokość roslin, cm	Wyleganie przed zbiorem kala 9°
Wzorzec	***164***	6
Dańkowskie Hadron	169	6
Dańkowskie Turkus	172	6
Dańkowske Granat	167	6
Reflektor	168	6
KWS Berado F_1	152	6
KWS Jethro F_1	160	7
Piano F_1	149	7
KWS Vinetto F_1	158	7

Ocena bonitacyjna w skali 1–9 (1° – ocena najgorsza, 9° – ocena najlepsza)

Septoriozy liśći, rzdza brunatna, sporysz, brunatna plamistość liśći – ocena bonitacyjna w skali 1–9 (1° – ocena najgorsza, 9° – ocena najlepsza)

Z analizy najbardziej wartościowych ekonomicznie wskaźników badanych odmian żyta wynika, że odmiany populacyjne charakteryzowały się wyższą wysokością roślin niż mieszańcowe. Ma to oczywiście pozytywny wpływ na odporność tych ostatnich na wyleganie przed zbiorem (7°).

Plon jest końcowym wynikiem współdziałania wszystkich czynników technologii uprawy rośliny z odmianą i wykorzystaie jej potencjału w konkretnych warunkach pogodowych, z odpowiednim poziomem techniki rolniczej, nawożenia i ochrony roślin.

Z analizy produktywności odmian żyta ozimego wynika, że wszystkie bez wyjątku odmiany mieszańcowe żyta ozimego charakteryzują się istotnie wyższą produktywnością. Wszystkie odmiany populacyjne mają niższy plon w porównaniu ze wzorcem (tab. 4).

Praktycznie ustalono, że plon ziarna odmian mieszańcówych żyta ozimego w % wzorca znacznie przewyższa odmiany popylacyjne. Różnica wynosi 9–22%. Wszystkie odmiany mieszańcowe przewyższały wzorec. Zwyżka plonów wynosi od 5,9 do 11,9 dt/ha. Obserwujemy odwrotne dane dotyczące plonów dla odmian popylacyjnych. Z analizy produktywności odmian żyta ozimego wynika, że wszystkie bez wyjątku odmiany mieszańcowe żyta ozimego charakteryzują się istotnie wyższą produktywnością (wykres 1).

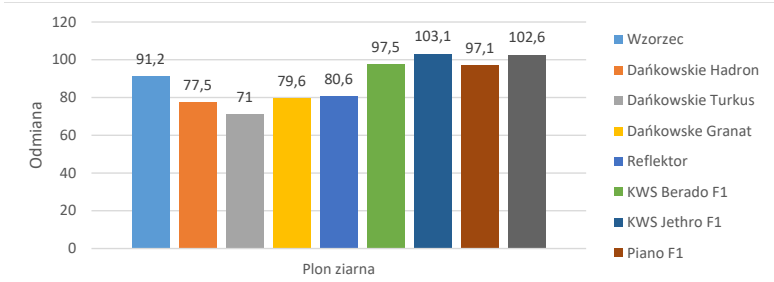
Tabela 4

Sredny plon ziarna żyta ozimego w 2020–2022 rr. dt/ha

Odmiana	Plon ziarna	± do wzorca
Wzorzec dt/ha	***91,2***	-
Dańkowskie Hadron	77,5	-13,7
Dańkowskie Turkus	71,0	-20,2
Dańkowske Granat	79,6	-11,6
Reflektor	80,6	-10,6
KWS Berado F_1	97,5	6,3
KWS Jethro F_1	103,1	**11,9**
Piano F_1	97,1	5,9
KWS Vinetto F_1	102,6	11,4
NIR_{001}	-	5,73

Źródło: Zestawienie własne na podstawie danych z ZDOO w Marianowie

Wzorzec: 2020 – Antonińskie, Dańkowskie Granat, KWS Binntto, KWS Serafino; 2021 – Antonińskie, Dańkowskie Granat, KWS Jethro, KWS Serafino; 2022 – Dańkowskie Granat, Dańkowskie Kanter, KWS Igor, KWS Jentro; F_1 – odmiana mieszańcowa



Wykres 1. Płon badanych odmian i mieszanców żyta ozimego

Zaleca się uprawę mieszańców żyta ozimego 'KWS Jethro F_1' i 'KWS Vinetto F_1' w celu uzyskania wysokich i stabilnych plonów w warunkach gospodarstw rolnych i osób związanych z rolnictwem, które według wyników badań charakteryzują się wyższą wydajnością w porównaniu ze wzorcem.

Rozmieszczenie odmian popylacyjnych i odmian mieszańcowych żyta ozimego na podstawie testu Duncana umożliwiło podzielenie badanego materiału na 5 jednorodnych grup. 'KWS Jethro F_1' należy do pierwszej jednorodnej grupy o najwyższej wydajności. Najliczniejszą jednorodną grupą jest druga. Obejmuje wszystkie badane mieszańce żyta ozimego: 'Piano F_1', 'KWS Bernado F_1', 'KWS Vinetto F_1'. Żyto ozime odmiany 'Dańkowskie Granat' charakteryzowało się najwyższą produktywnością na przestrzeni badanych lat. Do czwartej jednorodnej grupy należą odmiany żyta ozimego: 'Dankowskie Hudron', 'Reflektor'.

Wnioski z doświadczenia.

1. Warunki glebowo-klimatyczne miejsca doświadczenia odpowiadają biologicznym wymagania żyta ozimego i sprzyjają uzyskaniu wysokich plonów ziarna pod warunkiem przestrzegania technologii uprawy opartej na podstawach naukowych.
2. Stopień kwalifikacji materiały siewnego wszystkich odmian żyta ozimego MH.
3. Największą odpornością na porażenie przez główne choroby żyta ozimego charakteryzowało się odmiany mieszańcowe 'KWS Jethro F_1' i 'Piano F_1' i odmiany populacyjne 'Reflektor', 'Dańkowskie Hadron'.
4. Analizy najbardziej wartościowych ekonomicznie wskaźników badanych odmian żyta wynika, że odmiany populacyjne charakteryzowały się wyższą wysokością roślin i mniejszym wyleganiem przed zbiorem niż odmiany mieszańcowe.

5. Odmiany mieszańcowe żytnie ′KWS Jethro F_1′ i ′KWS Vinetto F_1′ mają znacznie wyższą produktywność w porównaniu ze wzorcem.

LISTA WYKORZYSTANEJ LITERATURY:

1. Bednarek P., Niedziela A., Wasiak M., & Bany S. Poszukiwanie markerów molekularnych genów przywracania płodności pyłku u żyta (Secale cereale L.) z CMS-Pampa. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 2019. Nr. 286. S. 145−149. https://doi.org/10.37317/biul-2019-0031
2. Bujak H., Nowosad K., & Łącka A. Poszukiwanie źródeł genetycznej odporności na mączniaka i rdzę w kolekcji linii, rodów i odmian żyta. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 2019. Nr. 286. S. 163−164. https://doi.org/10.37317/biul-2019-0035
3. Strażyński Pr., Horoszkiewicz-Janki J., Mrówczyński M. Metodyka integrowanej ochrony żyta dla doradcow. Poznań, 2020. 188 s.
4. Kolasinska I. Rezultaty programu hodowli w kierunku poprawienia męskiej płodności odmian mieszańcowych żyta. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklmatyzacji Roslin*. 2018. Nr. 284. S. 53−63. https://doi.org/10.37317/biul-2018-0005
5. Dubas E., Zieliński K., Krzewska M., Żur I., Nowicka A., & Juzoń K. Identyfikacja czynników determinujących efektywność otrzymywania podwojonych haploidów żyta (Secale cereale L.) metodami androgenezy i krzyżowań oddalonych. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 2019. Nr. 286. S. 135−137. https://doi.org/10.37317/biul-2019-0029
6. Wicki L. Postęp w plonowaniu odmian pszenicy ozimej i żyta w doświadczeniach odmianowych w Polsce. *Roczniki Naukowe*. 2017. Tom XIX. Nr. 4. S. 224–230. DOI: 10.5604/01.3001.0010.5191
7. Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych zbóż, rzepaku, kukurydzy, ziemniaków oraz roślin bobowatych grubonasiennych i soi. Krzyżewo, styczeń 2022. https://coboru.gov.pl/PlikiWynikow/11_2022_WWPO_3_ZYZO.pdf
8. Zalecenia Ochrony Roślin na lata 2016/17. Część II. Rośliny rolnicze. (red. P. Olejarski.). IOR – PIB, Poznań, 2016. 400 ss.
9. Zalecenia Ochrony Roślin Rolniczych 2020. Tom 2. Zboża ozime. (red. P. Strażyński.), IOR–PIB, Poznań, 2020. 547 ss.
10. Korbas M., Mrówczyński M, Węgorek P., Kierzek R., Tratwal A., Danielewicz J., Roik K. Kodeks Dobrej Praktyki Ochrony Roślin. (red. Praczyk T. i Kierzek R.). Poznań, 2020. 59 ss.
11. Żur I., Dubas E., Malaga S., Janowiak F., Janeczko A., Rapacz M., Hura T., Waligórski P., Ostrowska A., & Wójcik-Jagła M. Identyfikacja czynników determinujących odporność jęczmienia ozimego (Hordeum vulgare L.) na suszę i mróz. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 2019. Nr. 286. S. 113-116. https://doi.org/10.37317/biul-2019-0025
12. Волощук О. П., Дицьо О. В. Польова схожість насіння жита озимого залежно від агрометеорологічних факторів в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (ІІ). С. 36–41. URL: https://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2015_58(2)__7.
13. Єгоров Д. К., Деревянко В. П. Селекція і насінництво жита озимого. *Спеціальна селекція і насінництво польових культур*: навч. посібник. Харків, 2014. С. 138–187.
14. Tratwal A. et. al. Poradnik sygnalizatora ochrony zbóż. (red. Tratwal A., Kubasik W., Mrówczyński M.). IOR–PIB. Poznań, 2017. 247 ss.
15. Matysiak K., Strażyński P. Fazy wzrostu i rozwoju wybranych gatunków roślin uprawnych i chwastów według skali BBCH. Monografia, Poznań, 2018. 184 ss.
16. Kodeks dobrej praktyki rolnej https://kp.org.pl/pdf/poradniki/kdpr/

Дата першого надходження статті до видання: 07.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 581.132:633.34]:631.847](045)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.3

ВМІСТ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ СОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Гайдай І.В. *– аспірант кафедри агробіології та біохімії,*
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0006-9331-6881

Нині в Україні значна увага приділяється альтернативним способам ведення сільського господарства, які б забезпечували максимальну урожайність з екологічними показниками якості. Це можна простежити на прикладі бобових культур з їх здатністю до біологічної фіксації азоту.

Сучасні біологічні препарати з ріст стимулювальними властивостями широко застосовуються у сільськогосподарському виробництві, проте практичні та теоретичні основи їх дії на процеси фотосинтезу, вміст хлорофілу, формування та функціонування симбіотичних систем і продуктивність посівів сої потребують подальшого вивчення.

Досліди виконували в польових і лабораторних умовах кафедри агробіології та біохімії Уманського національного університету упродовж 2024–2026 років. Дію біологічних препаратів Ековітал та Біонеостим вивчали в посівах сої сорту Аннушка.

Ґрунт дослідного поля чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом в орному шарі гумусу 3,5%, рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова) – 88 і 132 мг/кг відповідно, азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 103 мг/кг, pHсол – 6,2, гідролітична кислотність – 2,26 смоль/кг ґрунту.

Метеорологічні умови в роки досліджень були типовими для регіону із незначними відхиленнями за вологозабезпеченням, однак у цілому були сприятливими для вирощування сої.

Польові досліди закладали систематичним методом. Повторність досліду – триразова. Схема досліду включала варіанти з обробкою насіння перед сівбою біологічними препаратами Ековітал (0,2 л на посівну норму) і Біонеостим (1,0 л/т) з наступним застосуванням на їх фоні Біонеостиму нормою 1,5 л/га. Насіння сої за добу до сівби обробляли біопрепаратами та їх сумішами. На фоні обробки насіння сої Ековіталом і Біонеостимом посіви у фазі третього трійчастого листка обприскували акумуляторним ранцевим обприскувачем DS-3WF-3 Біонеостимом у нормі 1,5 л/га із розрахунку витрати робочої суміші 200 л/га.

Вміст у листках сої суми хлорофілів (a+b) визначали за методикою, описаною З. М. Грицаєнко і ін.

Встановлено, що комплексне використання Ековіталу (обробка насіння 0,2 л на посівну норму) з Біонеостимом (обробка насіння 1,0 л/т) для обробки насіння перед сівбою та внесення по даному фону Біонеостиму (1,5 л/га) забезпечувало суттєве зростання вмісту в листках сої суми хлорофілів, яка за роками досліджень і фазами розвитку культури перевищувала в середньому контрольний варіант на 14–30%. Це є свідченням створення більш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосередньою стимулювальною дією біопрепаратів на функціонування пігментного комплексу листкового апарату культури.

Ключові слова: *соя, біологічні препарати, вміст хлорофілу.*

Haidai I.V. Chlorophyll content in soybean leaves under the application of biological preparations

Nowadays, considerable attention in Ukraine is being paid to alternative farming practices that can ensure maximum crop yields while maintaining high environmental quality standards. This can be demonstrated by leguminous crops and their ability to biologically fix atmospheric nitrogen.

© Гайдай І.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Modern biological preparations with growth-stimulating properties are widely used in agricultural production; however, the practical and theoretical foundations of their effects on photosynthetic processes, chlorophyll content, the formation and functioning of symbiotic systems, and soybean crop productivity require further study.

The experiments were conducted under field and laboratory conditions at the Department of Agrobiology and Biochemistry of Uman National University during 2024–2026. The effects of the biological preparations Ecovital and Bioneostym were studied in soybean crops of the Annushka variety.

The soil of the experimental field was a heavy loamy chernozem, podzolized on loess, with a humus content of 3.5% in the arable layer. The content of mobile phosphorus and potassium compounds (according to Chirikov's method) was 88 and 132 mg/kg, respectively; the content of readily hydrolyzable nitrogen compounds (according to Kornfield's method) was 103 mg/kg. The salt pH pHKCl was 6.2, and the hydrolytic acidity was 2.26 cmol/kg of soil.

The meteorological conditions during the study years were typical for the region, with minor deviations in moisture availability; overall, however, they were favorable for soybean cultivation.

Field experiments were established using the systematic method. The experiment was conducted in triplicate. The experimental design included treatments involving pre-sowing seed treatment with the biological preparations Ecovital (0.2 L per seeding rate) and Bioneostym (1.0 L/t), followed by the application of Bioneostym at a rate of 1,5 L/ha. Soybean seeds were treated with the biological preparations and their mixtures one day before sowing. In the treatments where soybean seeds were treated with Ecovital and Bioneostym, the crops were sprayed at the third trifoliate leaf stage using a battery-powered backpack sprayer DS-3WF-3 with the plant growth regulator Bioneostym at a rate of 1.5 L/ha, based on a working solution application volume of 200 L/ha.

The total chlorophyll content (a+b) in soybean leaves was determined according to the method described by Z. M. Hrytsaienko et al.

It was established that the combined use of Ecovital (seed treatment at 0.2 L per seeding rate) and Bioneostym (seed treatment at 1.0 L/t) before sowing, followed by the application of Bioneostym (1.5 L/ha), resulted in a significant increase in the total chlorophyll content in soybean leaves. Across the years of the study and different growth stages of the crop, the chlorophyll content exceeded that of the control treatment by an average of 14–30%. This indicates the creation of more favorable conditions for physiological and biochemical processes in plants, including photosynthesis, due to the direct stimulatory effect of the biological preparations on the functioning of the pigment complex of the crop's leaf apparatus.

Key words: *soybean, biological preparations, chlorophyll content.*

Постановка проблеми. Нині в Україні значна увага приділяється альтернативним способам ведення сільського господарства, які б забезпечували максимальну урожайність з екологічними показниками якості. Це можна простежити на прикладі бобових культур з їх здатністю до біологічної фіксації азоту. Даний процес є екологічно чистим та здійснюється в комплексі з бактеріями на фоні енергії фотосинтезу, інтенсивність якої регулюється рослиною [1, с. 8–12; 2, с. 8–11]. Зважаючи на це, вивчення ключових складових фотосинтетичних процесів, у т.ч. вмісту хлорофілу в рослинах сої за розрізненої і комплексної дії біологічних препаратів, є нині досить актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковці [3, с. 30; 4, с. 7, 12–14] констатують, збільшення виробництва сільськогосподарської продукції базується на досягненнях генетичної інженерії, селекції нових сортів рослин з більш потужним проходженням у них фотосинтетичних процесів, вмісту в листках хлорофілу та застосуванні біологічних препаратів, які не лише підвищують урожайність, покращують якість вирощеної продукції, а й збільшують стійкість рослин до захворювань та стресових чинників. На їх фоні знижуються норми використання пестицидів, що сприяє збереженню чистоти навколишнього середовища та отриманню екологічно чистої продукції.

Застосування біологічних препаратів для обробки насіння і вегетуючих рослин сприяє активації процесів хлоропластогенезу [6, с. 110–112], завдяки чому

в рослинах підвищується вміст хлорофілу, стимулюється ріст і розвиток, підвищується стійкість до стресових чинників. Водночас біологічні препарати регулюють перебіг низки фізіологічних процесів у рослинах сої, таких як дихання і фотосинтез [7, с. 14; 8, с. 104].

Встановлено [9, с. 395; 10, с. 63], що біологічні препарати здійснюють стимулювальний вплив на ріст бобових рослин у фазах стеблування і цвітіння, підвищують фотосинтетичну діяльність, вміст у листках пігментів, покращують показники симбіотичної азотфіксації, а у фазу цвітіння – вони зумовлюють наближення даних показників до максимальних.

За даними науковців [11, с. 8. 19–21; 12, с. 15–17], біологічні препарати стимулюють наростання рослинами біомаси, впливаючи, таким чином, на перерозподіл асимілятів, накопичення органічної речовини і хлорофілу у вирощуваних культур.

Дослідженнями В. П. Карпенка і Р. М. Притуляка [13, с. 61–63] доведено, що за внесення біопрпаратів Агат-25К і Агростимулін у листках ячменю ярого до 20% зростав вміст хлорофілу, при цьому формувався оптимальний за площею листковий апарат (150,3 і 148,4 см^2), який забезпечував найвищу фотосинтетичну продуктивність посівів – відповідно 5,8 і 5,7 при 4,3 г/м^2 за добу в контролі.

Сучасні біологічні препарати з рістстимулювальними властивостями широко застосовуються у сільськогосподарському виробництві, проте практичні та теоретичні основи їх дії на процеси фотосинтезу, вміст хлорофілу, формування та функціонування симбіотичних систем і продуктивність посівів сої потребують подальшого вивчення.

Постановка завдання. Досліди виконували в польових і лабораторних умовах кафедри агробіології та біохімії Уманського національного університету упродовж 2024–2026 років. Дію біологічних препаратів Ековітал та Біонеостим вивчали в посівах сої сорту Аннушка.

Ґрунт дослідного поля чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом в орному шарі гумусу 3,5%, рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова) – 88 і 132 мг/кг відповідно, азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 103 мг/кг, рНсол – 6,2, гідролітична кислотність – 2,26 смоль/кг грунту [14, с. 61–63].

Метеорологічні умови в роки проведення досліджень були типовими для регіону із незначними відхиленнями за вологозабезпеченням, однак в загальному були сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі і сої.

Польові досліди закладали систематичним методом. Повторність досліду – триразова. Схема досліду включала варіанти з обробкою насіння перед сівбою біологічними препаратами Ековітал (0,2 л на посівну норму) і Біонеостим (1,0 л/т) з наступним застосуванням на їх фоні Біонеостиму нормою 1,5 л/га. Насіння сої за добу до сівби обробляли біопрепаратами та їх сумішами. На фоні обробки насіння сої Ековіталом і Біонеостимом посіви у фазі третього трійчастого листка обприскували акумуляторним ранцевим обприскувачем DS-3WF-3 регулятором росту рослин Біонеостим у нормі 1,5 л/га із розрахунку витрати робочої суміші 200 л/га. Деталізовану схему досліду приведено у таблицях.

Вміст у листках сої суми хлорофілів ($a+b$) визначали за методикою, описаною З. М. Грицаєнко і ін. [15, с. 21–23].

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведені дослідження засвідчили залежність вмісту хлорофілу в листках сої від норм і способів застосування препаратів, фази розвитку культури та погодних умов, що складалися у роки проведення досліджень (табл. 1, 2). Так, отримані дані з вмісту хлорофілу в листках

сої узгоджуються із погодними умовами, які були найсприятливішими за температурним та водним режимами для рослин у 2024 році.

Аналізуючи вміст суми хлорофілів (*a*+*b*) у листках сої у фазу бутонізації (табл. 1), можна зазначити, що за використання для обробки насіння перед сівбою біологічного препарату Ековітал (обробка насіння 0,2 л на посівну норму) він перевищував показники контролю на 13%. За посходового застосування біопрепарату Біонеостим у нормі 1,5 л/га вміст суми хлорофілів (*a*+*b*) зростав відносно контролю в 2024 році на 4%. Використання Біонеостиму в нормі 1,5 л/га, внесеного по фону біопрепарату Ековітал (обробка насіння 0,2 л на посівну норму), забезпечило зростання досліджуваного показника у 2024 році на 14% відповідно проти контрольного варіанту. Поряд з тим найвищий вміст хлорофілів у листках сої відмічено за використання для передпосівної обробки насіння суміші Ековіталу (обробка насіння 0,2 л на посівну норму) із Біонеостим (1,0 л/т) за наступного обприскування посівів Біонеостимом (1,5 л/га), що на 26% перевищувало показники контролю. Аналогічні дані були отримані нами у 2025 і 2026 роках досліджень.

Таблиця 1

Вміст суми хлорофілів (*a*+*b*) у листках сої за використання біопрепаратів Ековітал і Біонеостим (фаза бутонізації, мг/г сирої речовини)

Варіант досліду	2024 р.	2025 р.	2026 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1,182	1,140	0,994	1,105
Ековітал (обробка насіння 0,2 л на посівну норму) Фон I	1,336	1,220	1,093	1,216
Біонеостим (обробка насіння 1,0 л/т) Фон II	1,253	1,186	1,064	1,168
Ековітал + Біонеостим (обробка насіння сумішшю препаратів) ФОН III	1,418	1,277	1,133	1,276
Біонеостим (обробка вегетуючих рослин 1,5 л/га)	1,229	1,162	1,043	1,151
Фон I + Біонеостим 1,5 л/га	1,347	1,243	1,113	1,240
Фон II + Біонеостим 1,5 л/га	1,300	1,197	1,083	1,193
Фон III + Біонеостим 1,5 л/га	1,489	1,301	1,182	1,324
$НІР_{05}$	0,047	0,040	0,031	

Аналіз одержаних даних із вмісту хлорофілів (*a*+*b*) у листках сої продемонстрував схожу залежність впливу досліджуваних біологічних препаратів Ековітал та Біонеостим і в фазу цвітіння рослин (табл. 2). Так, у середньому за роки досліджень за дії Біонеостиму в нормі 1,5 л/га вміст хлорофілів у листках сої відносно контролю збільшувався на 4%. Разом з тим, за комплексного використання Біонеостиму в нормі 1,5 л/га по фону Біонеостим (обробка насіння 1,0 л/т) перевищення за вмістом відносно контролю складало 0,214 мг/г сирої речовини. За сумісного застосування Ековіталу (обробка насіння 0,2 л на посівну норму) з Біонеостим (обробка насіння 1,0 л/т) вміст хлорофілів підвищувався у порівнянні з варіантами самостійної дії даних препаратів і перевищував контрольний варіант на 21%.

Використання Ековіталу (обробка насіння 0,2 л на посівну норму) з Біонеостимом (1,0 л/т) для обробки насіння з наступною обробкою посівів Біонеостимом (1,5 л/га) забезпечило найвищі показники вмісту суми хлорофілів у листках сої відносно контрольного варіанту – 25%.

Таблиця 2

Вміст суми хлорофілів (*a+b*) у листках сої за використання біопрепаратів Ековітал і Біонеостим (фаза цвітіння, мг/г сирої речовини)

Варіант досліду	2024 р.	2025 р.	2026 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	2,230	2,109	1,794	2,044
Ековітал (обробка насіння 0,2 л на посівну норму) Фон I	2,609	2,362	2,045	2,339
Біонеостим (обробка насіння 1,0 л/т) Фон II	2,431	2,236	1,920	2,196
Ековітал + Біонеостим (обробка насіння сумішшю препаратів) ФОН III	2,765	2,489	2,171	2,475
Біонеостим (обробка вегетуючих рослин 1,5 л/га)	2,364	2,172	1,866	2,134
Фон I + Біонеостим 1,5 л/га	2,676	2,425	2,099	2,400
Фон II + Біонеостим 1,5 л/га	2,498	2,320	1,955	2,258
Фон III + Біонеостим 1,5 л/га	2,899	2,552	2,243	2,565
$НІР_{05}$	0,097	0,050	0,042	

Висновки. Комплексне використання Ековіталу (обробка насіння 0,2 л на посівну норму) з Біонеостимом (обробка насіння 1,0 л/т) для обробки насіння перед сівбою та внесення по даному фону Біонеостиму (1,5 л/га) забезпечує суттєве зростання вмісту суми хлорофілів, що за роками досліджень і фазами розвитку культури перевищує в середньому контрольний варіант на 14–30% та свідчить про створення більш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосередньою стимулювальною дією біопрепаратів на функціонування пігментного комплексу листкового апарату культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Коць С. Я., Михалків Л. М. Фізіологія симбіозу та азотне живлення люцернии. Київ : Логос, 2005. 300 с.

2. Тодосійчук О. В. Вміст хлорофілу й чиста продуктивність фотосинтезу чини посівної за дії біологічних препаратів. *Вісник Уманського НУС*. 2024. № 2. С. 7–12. DOI: 10.32782/2310-0478-2024-2-7-12

3. Таран Н. Ю., Свєтлова Н. Б., Оканенко О. А. та ін. Регулятори росту у формуванні адаптивних реакцій рослин до посухи. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 8. С. 29–32.

4. Біологізована технологія вирощування чини посівної : монографія / В. П. Карпенко та ін. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2025. 104 с.

5. Волкогон В. В., Сальник В. П. Значення регуляторів росту рослин у формуванні активних азотфіксувальних симбіозів та асоціацій. *Фізіологія і біохімія культ. рослин*. 2005. № 3. С. 187–197.

6. Кохан А. В., Самойленко О. А., Лень О. І. [та ін.]. Продуктивність чини посівної залежно від мінерального живлення та інокуляції насіння в умовах Лівобережного Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 109–115.

7. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Грицаєнко З. М. Симбіотичний стан посівів за дії біологічно активних речовин. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. № 2. С. 13–16.

8. Конончук О. Б., Пида С. В., Пономаренко С. П. Ростові процеси та бобово-ризобіальний симбіоз сої культурної за передпосівної обробки насіння рістрегуляторами Регоплант і Стімпо. *Агробіологія*. 2012. Вип. 9 (96). С. 103–107.

9. Тодосійчук О. В. Вплив біологічних препаратів на ростові процеси чини посівної. *The 16th International Scientific and Practical Internet conference "Modern Movement of Science"* (October 14-15), Dnipro, Ukraine. 2024. P. 394–395.

10. Іутинська Г. О. Вплив регуляторів росту рослин на продуктивність сої. *Агроекологічний журнал*. 2004. № 1. С. 62–64.

11. Фурдичко О. І. Агроекологія: монографія. Київ : Аграрна наука. 2014. 400 с.

12. Даценко А. А. Ростові процеси гречки за дії біологічних препаратів. Матеріали Міжнародної. наук.-практ. Інтернет-конференції [*Актуальні наукові дослідження у сучасному світі*] (Переяслав-Хмельницький. 13–14 июня, 2015 г.). Переяслав-Хмельницький, 2015. Вип. 1. Ч. 1. С. 114–117.

13. Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Фізіологічні зміни в рослинах ячменю ярого за дії біологічно активних речовин. *Вісник Уманського НУС*. 2014. № 1 С. 60–64.

14. Poltoretskyi S. P. Formation of density of seed sowing of millet (*Panicum miliaceum* L.) depending on the term and method of sowing. *Bulletin of Uman NUH*. 2017. P. 59–64.

15. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: Нічлава. 2003. 320 с.

Дата першого надходження статті до видання: 04.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 631.8:633.1
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.4

ВОДОСПОЖИВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ПОСІВІВ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Гангур В.В. *– д.с.-г.н., с.н.с.,*
завідувач кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-5619-492X
Киричок О.О. *– аспірант кафедри рослинництва,*
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0003-3917-9714

У статті наведено результати досліджень щодо впливу мінеральних добрив внесених під передпосівну культивацію та прикоренево, а також системи захисту посівів від шкодочинних організмів на формування водного режиму ґрунту та ефективність використання вологи посівами ячменю ярого (Hordeum vulgare L.) в умовах Лівобережного Лісостепу України. Досліди проводили упродовж 2024–2025 рр. на чорноземі типовому малогумусному на Полтавській державній сільськогосподарській дослідній станції ім. М.І. Вавилова ІС і АПВ НААН. Встановлено, що вихідні запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см визначені на час сівби були відносно вирівняними між варіантами досліду (124,4–126,6 мм), що забезпечило об'єктивність подальшої оцінки впливу чинників, що вивчали, на водоспоживання культури. Загальні витрати доступної вологи зростали у разі дробного внесення азотних добрив та переходом від мінімального до комплексного захисту посівів і коливалися в межах 209,7–215,0 мм. Максимальне водоспоживання (215,0 мм) спостерігали у варіанті з дробним внесенням азоту ($N_{15}P_{30}K_{30} + N_{15}$) на фоні комплексного захисту посівів, що пов'язано з активізацією ростових процесів та формуванням більшої вегетативної маси. Встановлено істотне зниження коефіцієнта водоспоживання за впливу мінеральних добрив і системи захисту. На контролі (без добрив) він становив 1068,5 м³/т, тоді як внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ зменшувався на 395,3 м³/т (37,0 %). За комплексного захисту коефіцієнт водоспоживання знижувався до 911,5 м³/т, а застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечувало його зменшення на 46,3 % відносно контролю, що підтверджує синергічну дію живлення та захисту рослин. Порівняння схем азотного живлення показало, що дробне внесення азоту або перенесення всієї його дози на фазу кущення дещо підвищувало витрати вологи та коефіцієнт водоспоживання порівняно з одноразовим внесенням повної дози NPK.

Ключові слова: *ячмінь ярий (Hordeum vulgare L.), продуктивна волога, коефіцієнт водоспоживання, мінеральні добрива, шар ґрунту.*

Hanhur V.V., Kyrychok O.O. Water consumption of spring barley depending on fertilization and crop protection system under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

In the article, the effects of mineral fertilizers applied during pre-sowing cultivation and as a root drench, as well as crop protection systems against pests, on soil water regime formation and moisture use efficiency by spring barley (Hordeum vulgare L.) crops in the Left-Bank Forest-Steppe region of Ukraine are presented. The experiments were conducted during 2024–2025 on typical low-humus chernozem in the Poltava State Agricultural Research Station named after M.I. Vavilov of the Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS. It was found that the initial soil moisture reserves in the 0–100 cm soil layer, determined at the time of sowing, were relatively uniform across the experimental treatments (124,4–126,6 mm), which ensured the objectivity of the subsequent assessment of the impact of the studied factors on crop water

© Гангур В.В., Киричок О.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

consumption. Total available moisture consumption increased with the application of nitrogen fertilizers in split doses and the transition from minimal to comprehensive crop protection, ranging from 209,7 to 215,0 mm. The highest water consumption (215,0 mm) was observed in the treatment with split nitrogen application ($N_{15}P_{30}K_{30} + N_{15}$) combined with complex crop protection, which is attributed to the stimulation of growth processes and the formation of greater vegetative biomass. A significant reduction in the water use coefficient was observed under the impact of mineral fertilizers and the protection system. In the control (without fertilizers), it was 1068,5 m³/t, whereas the application of $N_{30}P_{30}K_{30}$ reduced it by 395,3 m³/t (37,0 %). When using integrated protection, the water use coefficient decreased to 911,5 m³/t. The application of $N_{30}P_{30}K_{30}$ reduced it by 46,3 % compared to the control, confirming the synergistic effect of fertilization and plant protection. A comparison of nitrogen fertilization regimens revealed that split nitrogen applications or applying the entire dose during the tillering stage slightly increased water use and the water use coefficient compared to a single application of the full dose of NPK.

Key words: *spring barley (Hordeum vulgare L.), available moisture, water use efficiency, mineral fertilizers, soil layer.*

Постановка проблеми. Ячмінь ярий є однією з важливих як продовольчих, так і кормових культур, оскільки його зерно широко використовується у харчовій промисловості для виробництва круп, борошна та напоїв, а також є цінним компонентом у раціонах годівлі сільськогосподарських тварин завдяки високому вмісту поживних речовин та добрій засвоюваності [1, с. 128; 2, с. 38; 3, с. 41]. Характерною особливістю сучасних сортів ячменю є висока пластичність та адаптивні властивості, що сприяє його поширенню в різних ґрунтово-кліматичних умовах [4, с. 29; 5, с. 75]. У групі зернових культур ячмінь посідає третє місце за посівними площами, поступаючись лише кукурудзі та пшениці [6, с. 127]. Вагоме значення цієї культури зумовлене також її здатністю забезпечувати стабільну врожайність за різного характеру та ступеня сприятливості погодних умов у різні роки вирощування [7, с. 19; 8, с. 41].

Зважаючи на викладене вище, постає необхідність в комплексній розробці та науковому обґрунтуванні заходів системи живлення і захисту посівів, що дозволить підвищити стійкість посівів ячменю ярого до несприятливих біотичних і абіотичних чинників довкілля й забезпечить формування високої та стабільної його продуктивності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Впродовж останніх років відзначено стійке зростання попиту на ячмінь, а також поступове підвищення цін, що стимулює фермерів до збільшення обсягів виробництва зерна. Однак досягти цього проблематично без удосконалення, інтенсифікації технологічного процесу вирощування та створення високопродуктивного агроценозу. Слід відзначити, що мінеральні добрива є одним із ефективних чинників, який дозволяє управляти формуванням врожайності і якості зерна.

За результатами досліджень В.С. Шкурко [9, с. 169] відзначено, що на формування врожайності ячменю найбільший вплив мають добрива та генетичний потенціал сортів. В умовах Північного Степу України високу зернову продуктивність ячменю ярого сорту Статок (4,56 т/га) досягнуто внаслідок унесення комплексних мінеральних добрив у дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$ та розміщення культури у сівозміні після сої. Приріст урожайності відносно контролю становив 0,84 т/га або 22,6 % [10, с. 39].

Дані наукових досліджень свідчать, що ефективність мінеральних добрив значною мірою залежить від агрохімічних, агрофізичних властивостей ґрунту, зокрема й забезпечення доступною вологою [11, с. 223]. Так, у дослідах Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН встановлено, що за безпосереднього внесення під ячмінь $N_{30}P_{30}K_{30}$ із заорюванням побічної продукції пшениці озимої вміст продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–20 см збільшувався на 5,1 % порівняно з неудобреним варіантом [12, с. 161–162].

Л.І. Онуфран також пришла до висновку, що удобрення посівів входить до переліку дійових агротехнічних заходів, які сприяють економному витрачанню вологи посівами ячменю. Оптимізація системи удобрення дозволяє зменшити витрати вологи на формування кожної тонни зерна ячменю на 89–126 м^3 (або 13,0–15,9 %), що в посушливих умовах зони Південного Степу сприяє формуванню вищої урожайності зерна [13, с. 147].

Однак варто відзначити, що упродовж останніх років спостерігаються істотні кліматичні зміни, які характеризуються коливанням суми та нерівномірністю розподілу опадів, підвищенням середньодобових температур та зростанням частоти посушливих періодів. Такі умови безпосередньо впливають на процеси використання вологи сільськогосподарськими культурами, зокрема ячменем ярим. У зв'язку з цим проведення наукових досліджень спрямованих на оптимізацію вододоспоживання та підвищення продуктивності культури в умовах змін клімату, є надзвичайно актуальними.

Постановка завдання. Метою дослідження було з'ясувати вплив мінеральних добрив внесених під передпосівну культивацію та прикоренево, а також системи захисту посівів від шкідників, хвороб і бур'янів на водоспоживання ячменю ярого.

Дослідження проведено на дослідному полі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М.І. Вавилова ІС і АПВ НААН України впродовж 2024–2025 рр. Ґрунт дослідної ділянки представлено чорноземом типовим середньогумусним важкого механічного складу. Для орного шару характерні наступні агрохімічні та агрофізичні показники: вміст гумусу становить 4,9 %; азоту, що легко гідролізується (за Тюріним та Кононовою) – 127 мг/кг; рухомого фосфору (за Чириковим) – 130 мг/кг, обмінного калію (за Масловою) – 183 мг/кг ґрунту; кислотність – близька до нейтральної. Щільність ґрунту знаходилася в межах 1,05–1,17 г/см^3, а загальна шпаруватість – 55,5–59,8 %.

Схема досліду включала чотири варіанти удобрення (контроль (без добрив); $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{15}P_{30}K_{30}+N_{15}$ (ВВСН 21-29); $P_{30}K_{30}+N_{30}$ (ВВСН 21-29)) та дві системи захисту посівів (мінімальна (протруювання насіння); комплексна (внесення пестицидів з урахуванням ЕПШ)). Посівна площа ділянки – 60 м^2, а облікова – 32,0 м^2. Повторність досліду триразова. Розміщення варіантів і повторень – рандомізоване.

Попередником ячменю ярого була соя. Основний обробіток ґрунту передбачав лущення стерні після збирання попередника та проведення зяблевої оранки на глибину 20–22 см. Мінеральні добрива використовували у формі нітроамофоски (NPK: 15-15-15), аміачної селітри (N 34,4 %), суперфосфату простого гранульованого (P 19,0 %), хлористого калію (K 60 %). Із засобів захисту рослин під ячмінь ярий використовували: протруйник насіння Бастен – 1,0 л/т; гербіцид – Гренадер максі – 35 г/га; інсектицид – Атрікс – 150 мл/га; фунгіцид – Полігард – 0,5 л/га. В досліді висівали сорт ячменю ярого Таманго, який створено в Селекційно-генетичному інституті – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Сівбу культури проводили звичайним рядковим способом із шириною міжрядь 0,15 м. Норма висіву насіння ячменю ярого дорівнювала 5,0 млн. шт. на гектар схожих насінин.

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин проводили згідно методики [14]. Вологість грунту визначали термостатно-ваговим методом на час сівби та збирання ячменю ярого [15].

Погодні умови в роки проведення досліджень характеризувалися підвищеною температурою та нестабільним зволоженням за рахунок атмосферних опадів, що негативно позначалося на рості та розвитку рослин ячменю ярого. Так, весною 2024 р. температура повітря перевищувала норму у середньому на 3,7°С (12,3°С проти 8,6°С). У ніч на 9 травня температура знижувалась до мінус 0,5°С, що зумовило часткове пошкодження листків рослин. Сума опадів за весняний період становила 50,3 мм, за середнього багаторічного значення – 114,6 мм.

Літній період також був теплішим, ніж звичайно, середня температура повітря перевищувала норму на 3,9°С. Впродовж літніх місяців спостерігали значний дефіцит опадів. Так, у червні їх випало 43,6 мм, що на 21,6 мм менше норми, а в липні опади були взагалі відсутні.

Весна 2025 р. відзначалась нестабільними погодними умовами, особливо за вологозабезпеченням. Температура перевищувала норму у березні на 6,5°С, квітні – 2,3°С, травні – 0,2°С. У ніч на 28 квітня зафіксовано заморозок до мінус 4,5°С на поверхні ґрунту, що спричинило часткове пошкодження надземної частини рослин. За весну випало 96,7 мм опадів, що на 51,6 мм менше норми.

Літній період 2025 р. характеризувався підвищеним температурним фоном й дефіцитом, нерівномірністю опадів. Найспекотнішим був липень, де середньомісячна температура становила 23,9°С, або на 2,7°С вище норми. У червні цей показник був близьким до норми. Що стосується опадів впродовж літнього періоду вегетації ячменю ярого, то слід відзначити, що у червні їх сума становила лише 16,4 мм або на 48,8 мм менше середнього багаторічного значення, у липні – в межах норми (65,1 мм).

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати досліджень одержані впродовж 2024–2025 рр., характеризують вплив систем удобрення та рівня захисту посівів на формування водного режиму ґрунту і ефективність використання вологи посівами ячменю ярого (табл. 1).

Таблиця 1

Баланс вологи під ячменем ярим залежно від удобрення та системи захисту посівів, середнє за 2024–2025 рр.

Варіанти удобрення	Запаси продуктивної вологи в 0–100 см шарі ґрунту, мм		Загальні витрати вологи, мм	Коефіцієнт водоспоживання, м³/т
	на час сівби	на час збирання		
Мінімальний захист				
Контроль (без добрив)	126,3	24,9	209,7	1068,5
$N_{30}P_{30}K_{30}$	124,4	22,9	209,8	673,0
$N_{15}P_{30}K_{30}+N_{15}$ (*ВВСН 21-29*)	125,5	23,2	210,6	696,0
$P_{30}K_{30}+N_{30}$ (*ВВСН 21-29*)	126,5	22,8	212,1	706,5
Комплексний захист				
Контроль (без добрив)	125,4	23,5	210,2	911,5
$N_{30}P_{30}K_{30}$	125,7	21,4	212,6	573,5
$N_{15}P_{30}K_{30}+N_{15}$ (*ВВСН 21-29*)	126,6	19,9	215,0	597,5
$P_{30}K_{30}+N_{30}$ (*ВВСН 21-29*)	126,1	20,8	213,6	626,5

Насамперед слід зазначити, що початкові запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–100 см на час сівби культури були порівняно близькими між варіантами досліду і коливалися в межах 124,4–126,6 мм. Це свідчить про вирівняність агрофону за рівнем зволоження та дає підстави вважати, що подальші відмінності у водоспоживанні ячменю ярого зумовлені саме дією чинників удобрення та системи захисту, а не початковою неоднорідністю змочування ґрунтового профілю.

До часу збирання врожаю спостерігається зниження запасів продуктивної вологи в усіх варіантах досліду, однак інтенсивність її використання істотно відрізняється. Так, за мінімального захисту залишкові запаси вологи становили 22,8–24,9 мм, тоді як за комплексного – 19,9–23,5 мм. Менші залишкові запаси за умов комплексного захисту свідчать про більш повне використання ґрунтової вологи рослинами, що, ймовірно, пов'язано формуванням потужнішої вегетативної маси, яка активно її споживала для підтримання фізіологічних процесів.

Загальні витрати вологи демонструють тенденцію до зростання за внесення добрив та за переходу від мінімального до комплексного захисту. Так, за мінімального захисту цей показник змінювався в межах 209,7–212,1 мм, тоді як перехід до комплексного захисту сприяв зростанню загальних витрат вологи на 0,5–5,3 мм. Дослідженнями виявлено, що посіви ячменю найбільше використовували вологи (215,0 мм) у варіанті з дробним внесенням азоту ($N_{15}P_{30}K_{30} + N_{15}$ у фазі ВВСН 21–29) на фоні комплексного захисту рослин від шкідливих організмів, що свідчить про позитивний вплив добрив на активізацію ростових процесів та покращення біометричних параметрів рослин.

Ключовим інтегральним критерієм, який характеризує ефективність використання вологи посівами культури є коефіцієнт водоспоживання. Проведені розрахунки балансу вологи і коефіцієнта водоспоживання свідчать про його істотне зниження при застосуванні добрив, особливо на фоні комплексного захисту. На контрольному варіанті (без добрив) за проведення мінімального захисту посівів цей показник становив 1068,5 м³/т, тоді як внесення мінеральних добрив у лозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ спостерігали його зниження на 395,3 м³/т або на 37,0%. Подібну тенденцію відзначено і за інших варіантів удобрення.

Результати досліджень свідчать, що проведення комплексного захисту посівів сприяє більш ефективному використанню вологи. Так, у варіанті без добрив коефіцієнт водоспоживання посівів ячменю ярого становив 911,5 м³/т, тоді як внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ дозволило зменшити його значення на 338 м³/т, або майже у два рази (на 46,3%) порівняно з абсолютним контролем. Це свідчить про синергічний ефект поєднання оптимального живлення рослин із ефективним захистом посівів.

Порівняльний аналіз різних схем азотного живлення показує, що дробне внесення азоту $N_{15}P_{30}K_{30} + N_{15}$ або перенесення всієї дози N_{30} на прикореневе підживлення у фазу кущення (ВВСН 21–29) призводило до незначного зростання як загальних витрат вологи, так і коефіцієнта водоспоживання порівняно з одноразовим внесенням ($N_{30}P_{30}K_{30}$). Це свідчить про те, що для ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу достатня забезпеченість азотом на старті росту і розвитку рослин є визначальною для раннього формування кореневої системи, яка надалі забезпечує доступ до вологи із глибших шарів грунту.

Отримані експериментальні дані підтверджують, що інтенсифікація технології вирощування ячменю ярого шляхом застосування добрив та комплексного захисту посівів є стратегічно важливим заходом в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу, оскільки вона дозволяє мінімізувати сумарні витрати вологи на одиницю товарної продукції, підвищуючи загальну стійкість агроценозу.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що застосування мінеральних добрив істотно підвищує ефективність використання вологи посівами ячменю ярого, знижуючи коефіцієнт водоспоживання на 30–45 % порівняно з контрольним варіантом (без добрив). Використання комплексної системи захисту посівів додатково підсилює цей ефект, забезпечуючи більш економне використання вологи як із ґрунтових запасів, так і атмосферних опадів впродовж періоду вегетації. Найбільш ефективним з точки зору водоспоживання є варіант із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ на фоні комплексного захисту, який характеризується мінімальним коефіцієнтом водоспоживання та високими загальними витратами вологи, що свідчить про оптимальне поєднання умов живлення і захисту рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гангур В.В., Лень О.І., Гангур М.В. Вплив мінімалізації обробітку ґрунту на вологозабезпечення та продуктивність ячменю ярого в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 128–134. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.15

2. Гангур В.В., Лень О.І., Гангур М.В. Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 1. С. 38–44. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04

3. Гангур В.В., Лень О.І., Оніпко В.В., Гангур М.В., Миколенко Х.В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів та урожайність ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(4). С. 41–46. DOI: https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.08

4. Вінюков О.О., Бондарева О.Б., Коробова О.М. Екологічна пластичність нових сортів ячменю ярого до стресових факторів. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 110. С. 29–35.

5. Любич В.В., Желєзна В.В. Хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберігання. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2021. № 1. С. 75–84. DOI: https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-163-1-75-84.

6. Петриченко В.Ф., Романюк В.І. Вплив факторів інтенсифікації на якість зерна ячменю ярого в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 105. С. 127–134.

7. Drobitko A., Kachanova T., Markova N., Nikonchuk N. Innovative approaches to growing grain crops in the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27(11). P. 41–51. DOI: https://doi.org/10.48077/scihor11.2024.41

8. Gamayunova V., Panfilova A. Formation of the top mass and the yield capacity of spring barley varieties, depending on the Optimisation of nutrition in the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2019. Vol. 22(2). P. 19–26. DOI: https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-75-2-19-26

9. Шкурко В.С. Вплив погодних умов, попередників і добрив на врожайність сортів ячменю пивоварного. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 167–170.

10. Іщенко В.А. Вплив мінерального живлення ячменю ярого на продуктивність агроценозу під час сівби після різних попередників в умовах Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С. 35–40. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.5

11. Уваренко К.Ю. Засвоєння елементів живлення різними сортами ячменю ярого залежно від щільності будови ґрунту. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2018. Вип. 92 (1). С. 223–230.

12. Щерба М.М., Качмар О.Й., Дубицька А.О., Вавринович О.В., Таравська О.В. Вплив удобрення на формування продуктивності ячменю ярого в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (1). С. 140–163. DOI: https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-1-10

13. Онуфран Л.І. Водоспоживання ячменю ярого за різних умов вирощування. *Зрошуване землеробство*. 2012. Вип. 57. С. 144–148.

14. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. За ред. В.В. Волкодава. К. 2000. 100 с.

15. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В, Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 635.656:631.559:631.51:631.8(477.7)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.5

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНОЛОГІЇ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Жигайло Д.С. *– аспірант,*
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0002-6704-4019
Марченко Т.Ю. *– д.с.-г.н., професор,*
завідувачка відділу селекції сільськогосподарських культур,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України,
професор кафедри захисту, генетики і селекції рослин,
Одеський державний аграрний університет,
провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу агромоніторінгу
та інноваційних технологій сільськогосподарських культур,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-6994-3443
Пілярська О.О. *– к.с.-г.н., старший дослідник,*
завідувачка відділу маркетингу та міжнародної діяльності,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-8649-0618
Міщенко С.В. *– д.с.-г.н., с.н.с.,*
доцент кафедри біології, здоров'я людини та методики навчання,
Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка,
головний науковий співробітник відділу селекції і насінництва конопель,
Інститут луб'яних культур Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-1979-4002
Лавриненко Ю.О. *– д.с.-г.н., професор, академік*
Національної академії аграрних наук України,
головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-9442-8793
Марченко В.Д. *– студентка IV курсу агрономічного факультету,*
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0009-8010-8284

Метою роботи було дослідження впливу AminoStar®, стимулятору росту та антистресанту рослинного походження на основі амінокислот та біологічно активних речовин, на врожайність сортів пшениці м'якої озимої (Triticum aestivum L.) в умовах Південного Степу України. Польові досліди проводили в ТОВ «СК Сергіївка» Білгород-Дністровського

© Жигайло Д.С., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О., Марченко В.Д., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

району Одеської області (46°1'42" пн. ш. 30°22'13" сх. Д). Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний. Застосовували загальновизнану методику досліджень. У дослідженнях використовували сорти пшениці м'якої озимої Марія, Аквілегія, Херсонська Фортеця, Перлина Степу. Позакореневе підживлення препаратом AminoStar® сприяла збільшенню маси зерна колоса порівняно з контролем (без обробки) та контролем (обробка водою). Найвищі показники довжина колоса сформував сорт пшениці м'якої озимої Перлина Степу. У контрольному варіанті (без обробки) цей показник становив 9,24 см у 2024–2025 вегетаційному році та 9,26 см у 2025–2026 році, тоді як за використання AminoStar® він зріс відповідно до 9,29 та 9,30 см, середнє значення за використання AminoStar® за два роки становило 9,38 см, що на 15,5 см більше порівняно з контролем (без обробки). Середнє значення по фактору А для сорту Перлина Степу дорівнювало 9,30 см, що підтверджує його високу довжину колоса. Найвищу масу зерна колоса сформував сорт Перлина Степу. У контрольному варіанті (без обробки) показник становив 1,93 г у 2024–2025 вегетаційному році та 1,95 г у 2025–2026 році. За застосування позакореневого підживлення препаратом AminoStar® маса зерна підвищувалася до 2,29 та 2,31 г відповідно на 0,36 та 0,36 г більше порівняно з контролем. Середні значення по фактору А для сорту Перлина Степу становили 2,06–2,08 г, що свідчить про його високий продуктивний потенціал. Найвищу врожайність сформував сорт Перлина Степу у контрольному варіанті (без обробки) показник становив 7,12 т/га у 2024–2025 вегетаційному році та 8,25 т/га у 2025–2026 році. За застосування препарату AminoStar® урожайність підвищувалася до 7,84 та 8,97 т/га відповідно. Середня врожайність за досліджень за застосування препарату AminoStar® становила 8,41 т/га, що на 0,72 т/га перевищувало контрольний варіант. Середні значення по фактору А для сорту Перлина Степу становили 7,69–8,41 т/га за роками досліджень, що підтверджує його високий продуктивний потенціал. В роки досліджень позакореневе підживлення препаратом AminoStar® сприяла збільшенню довжина колоса, маси зерна колоса, урожайності пшениці м'якої озимої порівняно з контролем (без обробки) та контролем (обробка водою).

Ключові слова: *пшениця м'яка озимої (Triticum aestivum L.), сорт, урожайність, довжина колоса, маса зерна колоса, біопрепарат, агротехнологія.*

Zhyhailo D.S., Marchenko T.Yu., Piliarska O.O., Mishchenko S.V., Lavrynenko Yu.O., Marchenko V.D. Formation of the yield structure of soft winter wheat varieties (Triticum aestivum L.) depending on elements of agricultural technology in the conditions of Southern Ukraine

The research was carried out to investigate the use of AminoStar®, a growth stimulant and antistress agent based on amino acids and biologically active substances, on the productivity of varieties of winter wheat (Triticum aestivum L.) in the minds of Pivdenny Stepa of Ukraine. Field investigations were carried out in LLC "SK Sergiivka" in the Bilgorod-Dnistrovsky district of the Odessa region (46°1'42" latitude 30°22'13" long latitude). The soil of the last plot is primary black soil. They have established a new methodology for tracking. The following varieties of soft winter wheat were selected: Maria, Aquilegia, Khersonska Fortetsya, Perlina Stepu. After rooting the treatment with the AminoStar® preparation, an increased amount of ear grain mass was obtained, both with control (without processing) and with control (treatment with water). The best indicators of the harvest of the ear were formed by forming the soft winter wheat variety Perlina Stepa. In the control variant (without cultivation), this indicator became 9.24 cm in the 2024–2025 vegetative growth and 9.26 cm in the 2025–2026 growth, which is also true for the AminoStar® vegetative growth. 9.29 and 9.30 cm, the average value for the AminoStar® vikoristan for two rocks became 9.38 cm, which is 15.5 cm more leveled with control (without cutting). The average value for factor A for the Perlina Stepa variety was 9.30 cm, which confirms the high end of the ear. I will find masa of the grain of the ear by forming the Perlina Stepu variety. In the control variant (without harvesting), the yield became 1.93 g in the 2024–2025 growing season and 1.95 g in the 2025–2026 crop. During post-root inoculation with AminoStar®, grain weight increased to 2.29 and 2.31 g, compared to 0.36 and 0.36 g more than in the control. The average values for factor A for the Perlina Stepa variety were 2.06–2.08 g, which indicates its high productive potential. I have achieved the highest yield by forming the variety Perlina Stepu in the control variant (without harvesting), the yield becoming 7.12 t/ha in the 2024–2025 growing season and 8.25 t/ha in the 2025–2026 growing season. After treatment with AminoStar®, the yield increased to 7.84 and 8.97 t/ha per day. The average yield after treatment with AminoStar® was 8.41 t/ha, which was 0.72 t/ha higher than the control variant. The average values for factor A for the Perlina Stepa variety were 7.69–8.41 t/ha based on the

results of the study, which confirms its high productive potential. During the follow-up, rooting with the AminoStar® drug resulted in an increase in ear yield, ear grain weight, and winter wheat yield compared with control (without processing) and control (treatment with water).

Key words: *soft winter wheat (Triticum aestivum L.), variety, yield, ear length, ear grain weight, biological product, agrotechnology.*

Постановка проблеми. Для вирішення питань продовольчої безпеки та забезпечення населення безпечними і якісними продуктами харчування необхідно удосконалювати технології вирощування агрокультур та переробки рослинницької продукції. Сучасні тенденції розвитку рослинництва передбачають екологізацію цієї галузі сільського господарства. Цього можна досягти шляхом впровадження «Зеленої угоди» відповідно до цілей стратегії ЄС «Від ферми до виделки». Обмежувальним фактором отримання високих врожаїв агрокультур є різкі кліматичні зміни. До найбільш впливових стресових чинників відносять нестачу вологи, що лімітує продуктивність культур. Вчені вважають, що невід'ємним елементом агротехнологій мають стати антистресові фактори. Інноваційним рішенням підвищення продуктивності агрокультур та активізації їх стійкості до абіотичних і біотичних чинників є використання біопрепаратів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В сучасних умовах аграрного виробництва активно розробляються і впроваджуються екологічно безпечні технології, що передбачають скорочення або відмову від синтетичних мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин за максимального використання біологічних агентів задля підвищення родючості ґрунтів, пригнічення розвитку шкідливих організмів, а також здійснення комплексу заходів, спрямованих на покращення умов формування врожаю [1–4].

Пшениця озима – це культура, яка одна з перших була культивована людством, займає провідну позицію у рейтингу продуктів харчування у близько 50 країнах світу, серед яких й Україна. З борошна пшениці виготовляють цінний та культовий продукт для українців – хліб, тому народногосподарське значення цієї зернової культури важко недооцінити. Якість хлібобулочних виробів визначає склад зернини. Серед інших зернових озима пшениця містить найвищий показник білку, який досягає 15% залежно від технології виробництва та сорту. Зерно також багате на вуглеводи та інші важливі мікроелементи [5].

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.), разом з іншими зерновими культурами, є життєво важливим джерелом поживних речовин та енергії в раціоні людини. Це друга за обсягом виробництва зернова культура у світі після кукурудзи та провідна зернова культура в Європі, на яку припадає майже половина загального врожаю зернових. Погіршення ґрунтової родючості, висока чисельність популяцій сегетальних рослин, фітофагів і збудників хвороб за значного рівня антропогенного тиску на агроекосистеми призвели до погіршення екологічного стану в сучасному виробництві зернових культур [6–8].

Технологія вирощування агрокультур, тільки тоді буде ефективною, якщо вона буде гармонійно працювати в системі: рослина – ґрунтово-кліматичний потенціал – рівень родючості ґрунту – попередник – раціональний обробіток ґрунту – сорт – строки сівби – норми висіву – збалансована система живлення – вчасний збір врожаю [9]. Використання біодобрив та біопрепаратів захисної дії є одним із безпечних засобів живлення та захисту рослин у сільськогосподарському виробництві і є альтернативою мінеральним добривам та пестицидам, які порушують природний колообіг речовин, та мають негативну дію на навколишнє середовище, згубно впливаючи на біоту та природне довкілля [10].

Найкращі показники у дослідах з пшеницею отримані за комплексного застосування біопрепаратів (зростання урожайності відповідно до контролю становило 0,31 т/га). За самостійного використання краще проявилися стимулюючі властивості у Фітоцида, який забезпечив приріст урожайності на рівні 0,26 т/га [11].

Відмічено зростання врожайності пшениці озимої сорту Скаген по варіантах, де проводили передпосівну інокуляцію насіння та підживлення біопрепаратами у фазу кущення. У варіанті з передпосівною інокуляцією препаратами Азотофіт та Хелп Рост урожайність становила 5,64 та 5,82 т/га відповідно, що на 0,48–0,66 т/га більше у порівнянні з контролем. При підживленні у фазу кущення препаратом Органік баланс урожайність становила 5,63 т/га, що на 0,47 т/га перевищило показник на контролі. При поєднанні передпосівної інокуляції відповідно біопрепаратами Азотофіт та Хелп Рост та підживлення Органік баланс (в період весняного кущення) урожайність становила 6,21–6,38 т/га, що на 1,09–1,22 т/га більше у порівнянні з контролем [12].

Поєднання різних способів внесення полі функціональних біопрепаратів Граундфікс та Азотохелп у технологіях вирощування пшениці озимої є екологічно доцільним, оскільки сприяє стабільному домінуванню сапротрофно-антагоністичних угрупувань і пригніченню патогенної мікобіоти в ризосфері рослин, насамперед родів Fusarium та Alternaria, що мінімізує ризики розвитку кореневих гнилей, а саме фузаріозів та альтернаріозів [13].

Досліджено вплив біопрепаратів на структурні елементи врожаю пшениці озимої сорту Відрада. Встановлено, що застосування препаратів забезпечило підвищення таких показників як кількість продуктивних стебел, довжина стебла та колосу, кількість колосків та зерен у колосі. Встановлено, що обробка насіння та посівів біопрепаратами у органічному виробництві дозволяє підвищити масу 1000 зерен на 10,2–16,7%, а масу зерна з колосу – на 9,3–14,5% порівняно з контролем. Визначено, що використання препаратів впливає на підвищення урожайності зерна на 17,1–26,1%, покращує його якісні показники [14].

Також застосування біопрепаратів не лише підвищує рівень продуктивності рослин, а й стійкість до хвороб та шкідників, захищає насіння від плісняви тощо [15].

Використання біопрепаратів через низькі норми витрат дозволяє підвищувати урожайність агрокультур, зокрема пшениці озимої, що також позитивно позначається на економічних показниках ефективності вирощування [16–18].

Отже, застосування біопрепаратів є досить перспективним напрямом для поліпшення якості пшениці озимої. Біопрепарати можуть позитивно впливати на харчову цінність, якість зерна, а також сприяти підвищенню врожайності та стійкості рослин. Однак, ефективність біопрепаратів може залежати від багатьох факторів, включаючи тип препарату, спосіб його застосування, ґрунтово-кліматичні умови, сортові особливості пшениці озимої.

Метою досліджень було встановлення впливу стимулятору росту та антистресанту на основі амінокислот рослинного походження та біологічно активних речовин (AminoStar®) на врожайність сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) в умовах Південного Степу України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Польові досліди проводили в ТОВ «СК Сергіївка» Білгород-Дністровського району Одеської області (46°1′42″ пн. ш. 30°22′13″ сх. д.). Розмір ділянок та розміщення: загальна ділянка розміром – 28 м^2, облікова – 14 м^2, розміщення – рендомізові блоки. Кількість повторень – 4. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний. Застосовували загальновизнану методику досліджень [19].

У дослідженнях використовували чотири сорти пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.).

Сорт пшениці м'якої озимої Марія. Оригінатор – Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії агарних наук. Різновид *erythrospermum*. Характеризується інтенсивним кущінням рослин. Стійкий до вилягання та ураження хворобами. Зимостійкість вище середньої. Посухостійкий. Урожайність: без поливу (по пару) 5,0 т/га, при зрошенні понад 9,0 т/га. Загальна хлібопекарська оцінка 4,5–4,7 балів. Належить до сильних пшениць [20].

Сорт пшениці м'якої озимої Аквілегія. Різновид *erythrospermum.* Висота рослини 88–90 см. Вирізняється збалансованим комплексом господарських ознак. Зимостійкість, морозостійкість високі. Посухостійкість і стійкість до вилягання високі – 9 балів. Стійкість до хвороб 7–9 балів, загальна хлібопекарська оцінка – 4,5–5,0 балів. Сильна пшениця [21].

Сорт пшениці м'якої озимої Херсонська Фортеця. Різновид *lutescens*. Характеризується високою озерненістю колоса, має крупне виповнене зерно. Висота рослини 95–100 см. Зимостійкість, морозостійкість високі. Посухостійкість і стійкість до вилягання високі – 9 балів. Комплексна стійкість до хвороб – 8–9 балів, загальна хлібопекарська оцінка 5,0 балів. Сильна пшениця [22].

Сорт пшениці м'якої озимої Перлина Степу. Різновид *erythrospermum.* Степовий екотип. Висота рослини 85–90 см. Вирізняється пластичністю. Зимостійкість, морозостійкість високі. Посухостійкість і стійкість до вилягання високі – 9 балів. Стійкість до хвороб 7–9 балів, загальна хлібопекарська оцінка – 4,5–5,0 балів. Сильна пшениця [23].

AminoStar® – це стимулятор росту та антистресант на основі амінокислот рослинного походження та біологічно активних речовин. Препарат випускається українським виробником (ТМ «Кісон»). Діюча речовина: вільні амінокислоти рослинного походження – 30%, органічна речовина – 18%, азот (N) – 5%, фосфор (P_2O_5) – 2%, калій (K) – 4%, допоміжні речовини. Позакореневе підживлення препаратом AminoStar®: 20–25 мл препарату на 10 літрів води. Позакореневі обробки проводили два рази: у період кущення (ВВСН 21–29) та вихід в трубку (ВВСН 30–39) [24].

Дослідження показали, що довжина колоса сортів пшениці м'якої озимої суттєво залежала як від сортових особливостей, так і від застосування препарату AminoStar® (табл. 1).

В роки досліджень позакореневе підживлення препаратом AminoStar® сприяла збільшенню довжини колоса пшениці м'якої озимої порівняно з контролем (без обробки) та контролем (обробка водою). Найвищі показники довжина колоса сформував сорт пшениці м'якої озимої Перлина Степу. У контрольному варіанті (без обробки) цей показник становив 9,24 см у 2024–2025 вегетаційному році та 9,26 см у 2025–2026 році, тоді як за використання AminoStar® він зріс відповідно до 9,29 та 9,30 см, середнє значення за використання AminoStar® за два роки становило 9,38 см, що на 0,13 см більше порівняно з контролем (без обробки). Середнє значення по фактору А для сорту Перлина Степу дорівнювало 9,30 см, що підтверджує його високу довжину колоса.

Сорт пшениці м'якої озимої Херсонська Фортеця характеризувався дещо нижчими показниками. У контрольному варіанті (без обробки) довжина колоса становила 8,82–8,91 см, а після позакореневого підживлення препаратом AminoStar® підвищувалася до 9,33–9,36 см, у середньому за 2024–2026 рр. за позакореневого підживлення препаратом AminoStar® показник дорівнював 9,35 см, що перевищувало контроль на 0,48 см або на 5,4%.

Таблиця 1

Довжина колоса сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від обробки біопрепаратом (2024–2026 рр.), см

Сорт *(фактор А)*	Обробка рослин *(фактор В)*	Довжина колоса, см			
		2024–2025 вегетаційний рік	2025–2026 вегетаційний рік	середнє за 2024–2026 рр.	середнє по фактору В
Марія	Контроль (без обробки)	8,67	8,78	8,73	8,91
	Контроль (обробка водою)	8,69	8,78	8,74	8,92
	AminoStar®	9,11	9,15	9,13	9,29
	середнє по фактору А	8,82	8,90	8,87	
Аквілегія	Контроль (без обробки)	8,71	8,82	8,77	
	Контроль (обробка водою)	8,75	8,87	8,81	
	AminoStar®	9,27	9,31	9,29	
	середнє по фактору А	8,91	9,00	8,96	
Херсонська Фортеця	Контроль (без обробки)	8,82	8,91	8,87	
	Контроль (обробка водою)	8,84	8,92	8,88	
	AminoStar®	9,33	9,36	9,35	
	середнє по фактору А	9,00	9,06	9,03	
Перлина Степу	Контроль (без обробки)	9,24	9,26	9,25	
	Контроль (обробка водою)	9,26	9,26	9,26	
	AminoStar®	9,36	9,39	9,38	
	середнє по фактору А	9,29	9,30	9,30	
$НІР_{05}$, см	Фактор А Фактор В Фактор АВ	0,24 0,17 0,14	0,27 0,19 0,16		

Для сорту пшениці м'якої озимої Аквілегія у контрольному варіанті (без обробки) показник становив 8,71 см у 2024–2025 вегетаційному році та 8,82 см у 2025–2026 рр. За застосування позакореневого підживлення препаратом AminoStar® довжина колоса підвищувалася до 9,27 та 9,31 см відповідно на 0,56 та 0,49 см більше порівняно з контролем. Середні значення по фактору А для сорту Аквілегія становили 8,77–9,29 см.

Для сорту пшениці м'якої озимої Марія також встановлено позитивний вплив позакореневого підживлення препаратом. У контрольному варіанті (без обробки) довжина колоса становила 8,67 см у 2024–2025 рр. та 8,78 см у 2025–2026 рр., тоді

як застосування AminoStar® забезпечило підвищення показника до 9,11 та 9,15 см відповідно. Середнє значення довжини колоса за застосування AminoStar® за два роки становило 9,13 см, що на 0,4 см більше від контролю.

Середнє по фактору В (обробка рослин) довжина колоса на контрольному варіанті (без обробки) становила – 8,91 см, застосування AminoStar® забезпечило підвищення показника до 9,29 см, тобто на 0,38 см або на 4,3%.

Отже, застосування препарату AminoStar® забезпечувало стабільне збільшення довжини колоса у всіх досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої. Найвищою довжиною колоса характеризувався сорт Перлина Степу, тоді як сорти Аквілегія, Херсонська Фортеця та Марія поступалися йому за цим показником, але також позитивно реагували на позакореневе підживлення препаратом AminoStar®.

Маса зерна колоса сортів пшениці м'якої озимої значною мірою залежала від сортових особливостей та застосування позакореневого підживлення препаратом AminoStar® упродовж 2024–2026 рр. У всіх досліджуваних сортів позакореневе підживлення препаратом AminoStar® забезпечувало підвищення цього показника порівняно з контролем (табл. 2).

Найбільшу масу зерна колоса сформував сорт Перлина Степу. У контрольному варіанті (без обробки) показник становив 1,93 г у 2024–2025 вегетаційному році та 1,95 г у 2025–2026 році. За застосування позакореневого підживлення препаратом AminoStar® маса зерна підвищувалася до 2,29 та 2,31 г відповідно на 0,36 та 0,36 г більше порівняно з контролем. Середні значення по фактору А для сорту Перлина Степу становили 2,06–2,08 г, що свідчить про його високий продуктивний потенціал.

Сорт Аквілегія характеризувався нижчими показниками порівняно із сортом Перлина Степу. У контрольному варіанті (без обробки) маса зерна колоса становила 1,89–1,91 г, тоді як за позакореневого підживлення препаратом AminoStar® показник зростав до 2,19–2,21 г. У середньому за 2024–2026 рр. маса зерна колоса досягала за позакореневого підживлення препаратом AminoStar® – 2,20 г, що на 0,30 г перевищувало контрольний варіант.

Сорт Херсонська Фортеця сформував масу зерна колоса у контрольному варіанті (без обробки) – 1,91 г у 2024–2025 вегетаційному році та 1,92 г у 2025–2026 році. За застосування позакореневого підживлення препаратом AminoStar® маса зерна підвищувалася до 2,21 та 2,24 г відповідно на 0,30 та 0,32 г більше порівняно з контролем. Середні значення по фактору А для сорту Херсонська Фортеця становили 1,92–2,23 г, що свідчить про його високий продуктивний потенціал.

Найнижчі показники маси зерна колоса відзначено у сорту Марія. У контрольному варіанті (без обробки) маса зерна колоса становила 1,87 г у 2024–2025 рр. та 1,89 г у 2025–2026 вегетаційних роках. Застосування позакореневого підживлення препаратом AminoStar® сприяло збільшенню показника до 2,14 та 2,18 г відповідно. Середнє значення за два роки становило за позакореневого підживлення препаратом AminoStar® становило 2,16 г, що на 0,28 г більше порівняно з контролем.

Отже, позакореневе підживлення препаратом AminoStar® позитивно впливало на формування маси зерна колоса у всіх сортів пшениці м'якої озимої. Найвищою продуктивністю характеризувався сорт Перлина Степу.

Урожайність сортів пшениці м'якої озимої значною мірою залежала як від сортових особливостей, так і від застосування препарату AminoStar® упродовж 2024–2026 рр. В усіх варіантах досліду позакореневе підживлення препаратом забезпечувало підвищення врожайності порівняно з контролем (без обробки) та контролем (обробка водою) (табл. 3).

Таблиця 2

Маса зерна колоса сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від обробки біопрепаратом (2024–2026 рр.), г

Сорт *(фактор А)*	Обробка рослин *(фактор В)*	Маса зерна колоса, г			
		2024–2025 вегетаційний рік	2025–2026 вегетаційний рік	середнє за 2024–2026 рр.	середнє по фактору В
Марія	Контроль (без обробки)	1,87	1,89	1,88	1,91
	Контроль (обробка водою)	1,89	1,92	1,91	1,94
	AminoStar®	2,14	2,18	2,16	2,22
	середнє по фактору А	1,97	2,00	1,98	
Аквілегія	Контроль (без обробки)	1,89	1,91	1,90	
	Контроль (обробка водою)	1,91	1,95	1,93	
	AminoStar®	2,19	2,21	2,20	
	середнє по фактору А	2,00	2,02	2,01	
Херсонська Фортеця	Контроль (без обробки)	1,91	1,92	1,92	
	Контроль (обробка водою)	1,92	1,94	1,93	
	AminoStar®	2,21	2,24	2,23	
	середнє по фактору А	2,01	2,03	2,03	
Перлина Степу	Контроль (без обробки)	1,93	1,95	1,94	
	Контроль (обробка водою)	1,95	1,99	1,97	
	AminoStar®	2,29	2,31	2,30	
	середнє по фактору А	2,06	2,08	2,07	
$НІР_{05}$, г	Фактор А Фактор В Фактор АВ	0,05 0,04 0,07	0,06 0,05 0,08		

Найвищу врожайність сформував сорт Перлина Степу. У контрольному варіанті (без обробки) показник становив 7,12 т/га у 2024–2025 вегетаційному році та 8,25 т/га у 2025–2026 році. За застосування препарату AminoStar® урожайність підвищувалася до 7,84 та 8,97 т/га відповідно. Середня врожайність за досліджень за застосування препарату AminoStar® становила 8,41 т/га, що на 0,72 т/га перевищувало контрольний варіант. Середні значення по фактору А для сорту Перлина Степу становили 7,69–8,41 т/га за роками досліджень, що підтверджує його високий продуктивний потенціал.

Таблиця 3

Урожайність сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від обробки біопрепаратом (2024–2026 рр.), т/га

Сорт *(фактор А)*	Обробка рослин *(фактор В)*	Урожайність, т/га			
		2024–2025 вегетаційний рік	2025–2026 вегетаційний рік	середнє за 2024–2026 рр.	середнє по фактору В
Марія	Контроль (без обробки)	5,01	6,24	5,63	6,59
	Контроль (обробка водою)	5,12	6,35	5,74	6,66
	AminoStar®	5,73	6,96	6,35	7,19
	середнє по фактору А	5,39	6,52	5,90	
Аквілегія	Контроль (без обробки)	5,49	6,62	6,06	
	Контроль (обробка водою)	5,57	6,74	6,16	
	AminoStar®	6,26	7,43	6,85	
	середнє по фактору А	**5,77**	**6,93**	**6,35**	
Херсонська Фортеця	Контроль (без обробки)	6,84	7,13	6,99	
	Контроль (обробка водою)	6,93	7,15	7,04	
	AminoStar®	6,54	7,71	7,13	
	середнє по фактору А	**6,77**	**7,33**	**7,05**	
Перлина Степу	Контроль (без обробки)	7,12	8,25	7,69	
	Контроль (обробка водою)	7,13	8,26	7,70	
	AminoStar®	7,84	8,97	8,41	
	середнє по фактору А	**7,36**	**8,49**	**7,93**	
$НІР_{05}$, т/га	Фактор А Фактор В Фактор АВ	0,21 0,18 0,22	0,20 0,19 0,23		

Сорт Аквілегія характеризувався нижчим рівнем урожайності порівняно із сортом Перлина Степу. У контрольному варіанті (без обробки) врожайність становила 5,49 т/га у 2024–2025 рр. та 6,62 т/га у 2025–2026 рр. Після позакореневого підживлення препаратом показник зростав до 6,26 та 7,43 т/га відповідно, що на 0,77 та 0,81 т/га більше порівняно з контролем. Середня врожайність сорту Аквілегія за 2024–2026 рр. становила 6,35 т/га.

Сорт Херсонська Фортеця у контрольному варіанті (без обробки) врожайність становила 6,84 т/га у 2024–2025 рр. та 7,13 т/га у 2025–2026 рр. Після позакореневого підживлення препаратом показник зростав до 6,54 та 7,71 т/га відповідно,

що на 0,30 та 0,58 т/га більше порівняно з контролем. Середня врожайність за 2024–2026 рр. становила 7,05 т/га.

Найнижчі показники урожайності були характерні для сорту Марія. У контрольному варіанті (без обробки) врожайність становила 5,01 та 6,24 т/га, тоді як застосування AminoStar® сприяло її підвищенню до 5,73 та 6,96 т/га відповідно за роками, що на 0,72 т/га перевищувало контроль. Середній показник за два роки досліджень досягав 5,90 т/га.

Отже, результати досліджень свідчать про позитивний вплив позакореневого підживлення препаратом AminoStar® на формування врожайності сортів пшениці м'якої озимої.

Найвищою врожайністю характеризувався сорт Перлина Степу, який найбільш ефективно реагував на застосування препарату, тоді як сорти Херсонська фортеця, Марія, Аквілегія формували нижчу врожайність, але також демонстрували позитивну реакцію на позакореневе підживлення препаратом.

Для всіх сортів спостерігається позитивний зв'язок між масою зерна колоса та урожайністю, зі збільшенням крупності зерна урожайність зростає (рис. 1).

Найсильніша кореляція була у сорту Марія (r = 0,995), сорту Аквілегія (r = 0,991), сорту Перлина Степу (r = 0,985), маса зерна колоса є важливим показником продуктивності для всіх чотирьох сортів, а найбільш тісний зв'язок між цими ознаками встановлено у сорту Марія.

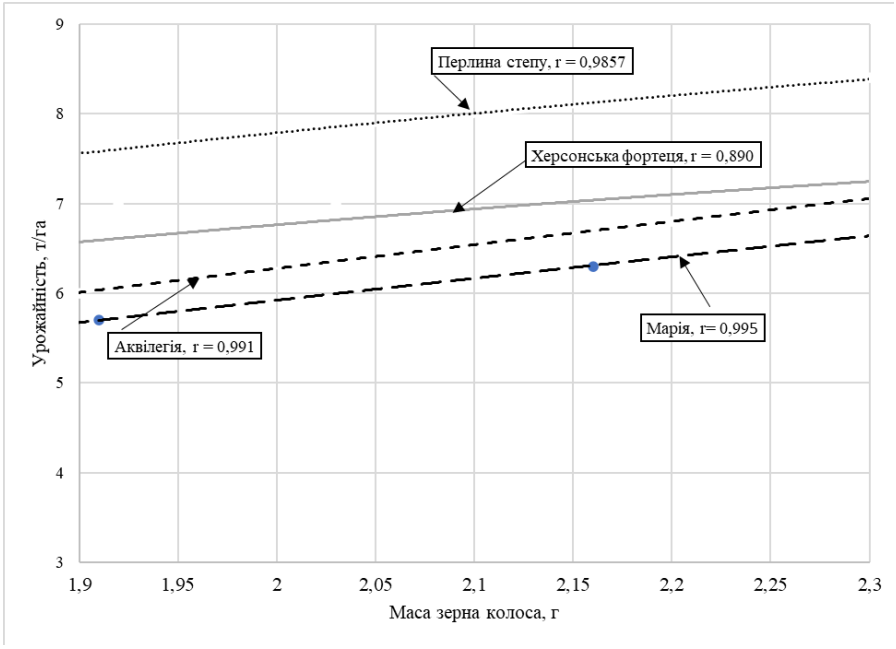


Рис. 1. Кореляційно-регресійні моделі залежності маси зерна колоса та урожайності сортів пшениці м'якої озимої

Висновки і перспективи подальших досліджень. Застосування препарату AminoStar® забезпечувало стабільне збільшення довжини колоса до 9,29 см, тобто приріст в порівнянні з контролем на 0,38 см або на 4,3%. Найвищі показники довжина колоса сформував сорт пшениці м'якої озимої Перлина Степу. Середнє

значення по фактору А для сорту Перлина Степу дорівнювало 9,30 см, що підтверджує його високу довжину колоса.

Застосування препарату AminoStar® забезпечувало стабільне збільшення маси зерна колоса у всіх досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої. Найвищою масою зерна колоса характеризувався сорт Перлина Степу за обробки біопрепаратом (2,30 г), тоді як сорти Аквілегія, Херсонська Фортеця та Марія поступалися йому за цим показником, але також позитивно реагували на позакореневе підживлення препаратом AminoStar®. Маса зерна колоса є важливим показником продуктивності сортів пшениці м'якої озимої (r = 0,995–0,890).

Урожайність сортів пшениці м'якої озимої значною мірою залежала як від сортових особливостей, так і від застосування препарату AminoStar® упродовж 2024–2026 років. В усіх варіантах досліду позакореневе підживлення препаратом забезпечувало підвищення врожайності порівняно з контролем (без обробки) та контролем (обробка водою). Найвищу врожайність сформував сорт Перлина Степу. Урожайність зерна становила 7,69–8,41 т/га за роками досліджень, що підтверджує його високий продуктивний потенціал.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Drobit O., Vlashchuk A., Valentiuk N., Marchenko T., Patyk S., Ivanov H. Peculiarities of growth and development of leguminous fodder grasses in the South of Ukraine. *Scientific Papers Series A. Agronomy.* 2025. Vol. LXVIII, No. 2. P. 392–400.

2. Svyrydovskyi V., Marchenko T., Svydenko L., Valentiuk N., Patyk S., Ivanov H. Comparative characteristics of selected samples of *Hyssopus officinalis* L. by biomorphological indicators in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific papers series A. Agronomy* 2025. Vol. LXVIII, No. 2. P. 762–769.

3. Donets A., Marchenko T., Lavrynenko Y., Piliarska O., Piliarskyi V., Netreba O., Mishchenko S., Marchenko V., Domaratskyi Y. Technologies for growing maize in repeated and continuous crops under irrigation. *Scientific Papers Series A. Agronomy.* 2025. Vol. LXVIII, No. 2. P.375-382.

4. Diedukh I., Marchenko T., Lavrynenko Y., Piliarska O., Netreba O., Svitlakova A., Mishchenko S., Marchenko V. Economic efficiency of insecticide use for sunflower protection against cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hb.) in the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*. 2025. Vol. 25. Iss. 4. P.295–303.

5. Vinyukov O., Bondareva O., Likhushyna H., Orekhivskyi V. Marchenko T. Influence of protection systems and regulation of growth processes on the formation of yield of Turanian wheat in the conditions of the steppe of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26(12). P. 15–25. DOI: 10.12912/27197050/213426/

6. Волкогон В. В. Значення мікроорганізмів для здоров'я ґрунтів та оптимізації формування біоценозів. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. Т. 56, № 1. С. 3–26. DOI: 10.15407/frg2024.01.003.

7. Екологічна та біологічна безпека України : колективна монографія / Дребот О. І. та ін. ; за наук. ред. О. І. Дребот, А. І. Парфенюк. Київ : НУБіП України, 2022. 322 с.

8. Дем'янюк О. С., Шерстобоєва О. В., Ткач Є. Д. Функціональна структура мікробних угруповань чорнозему глибокого за впливу гідротермічних і трофічних чинників. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80, № 6. С. 94–108. DOI: 10.15407/microbiolj80.06.094.

9. Смірнова І. В. Вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратами на ріст і розвиток рослин сортів пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 114–119. DOI: 10.32848/agrar.innov.2023.18.16.

10. Амонс С. Е. Стан та перспективи розвитку виробництва органічної продукції в Україні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 22. С. 221–236.

11. Поспєлова Г. Д., Коваленко Н. П., Поспєлов С. В., Литвиненко С. О., Сиваш К. С. Ефективність застосування біопрепаратів на пшениці озимій. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27(4). С. 37–42. DOI: 10.31210/spi2024.27.04.07.

12. Пінчук Н. В., Вергелес П. М., Коваленко Т. М. Ефективність застосування біопрепаратів в посівах пшениці озимої в умовах правобережного лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво.* 2022. № 1(24). С. 96–113. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-1-7.

13. Яковенко Д. О., Бородай В. В. Мікобіота ризосфери пшениці озимої за дії біопрепаратів Азотохелп та Граундфікс. *Збалансоване природокористування*. 2025. № 4. С. 152–161. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2025.346195.

14. Грабовська Т. О., Мельник Г. Г. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої за органічного виробництва. *Агробіологія*. 2017. № 1. С. 80–85.

15. Горщар О. А., Токарчук Г. А., Горщар В. І. Ефективність препаратів для обробки зернопродукції з метою захисту від пліснявіння та шкідників. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 5. С. 114–117.

16. Вожегова Р. А., Кривенко А. І. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої та економічно-енергетичну ефективність технології її вирощування в умовах півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2019. Вип. 1. С. 39–46. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-1(101)-6.

17. Шакалій С. М., Баган А. В., Єщенко В. М., Сенчук Т. Ю. Ефективність елементів біологізації технології вирощування пшениці озимої в Лісостеповій зоні України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 112. С. 174–180. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.112.25.

18. Болоховська В. А., Нагорна О. В., Яковенко Д. О., Янсе Л. А., Бородай В. В. Економічна ефективність застосування біопрепаратів Граундфікс, Азотохелп, Липосам та Органік-Баланс у технології вирощування пшениці озимої та кукурудзи. *Збалансоване природокористування*. 2026. № 1. С. 104–112. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2026.359988.

19. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях : монографія. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с. DOI: 10.47414/978-966-924-927-2.

20. Сорт Марія (пшениця м'яка, пшениця озима). Аграрії разом. URL: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/mariya (дата звернення: 03.07.2024).

21. Сорт Аквілегія (пшениця м'яка, пшениця озима). Аграрії разом. URL: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/akvilegiyahttps://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/akvilegiya (дата звернення: 03.07.2024).

22. Сорт Херсонська Фортеця (пшениця м'яка, пшениця озима). Аграрії разом. URL: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/hersonska-fortecya (дата звернення: 03.07.2024).

23. Сорт Перлина Степу (пшениця м'яка, пшениця озима). Аграрії разом. URL: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/perlina-stepu-0https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/perlina-stepu-0 (дата звернення: 03.07.2024).

24. Стимулятор росту та антистресант AminoStar®. Кіссон. URL: https://kissonagro.com.ua/ru/produkcya/antistresanti/aminostar_2ml/ (дата звернення: 03.07.2024).

Дата першого надходження статті до видання: 01.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.11:631.559:551.577.38:551.583(477.74)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.6

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОСУХИ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА УМОВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Жигайло Т.С. *– к.с.-г.н., докторант,*
старший науковий співробітник відділу кліматично орієнтованих агротехнологій,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-9580-5922
Вольвач О.В. *– к.геогр.н., доцент,*
завідувачка кафедри агрометеорології та агроекології,
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
orcid.org/0000-0002-6650-758X
Жигайло О.Л. *– к.геогр.н.,*
доцент кафедри агрометеорології та агроекології,
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
orcid.org/0000-0002-3552-327X

У статті наведено результати оцінювання впливу інтенсивності посухи на формування продуктивності пшениці озимої в умовах прогнозованих кліматичних змін в Одеській області. Актуальність дослідження зумовлена посиленням процесів аридизації клімату, підвищенням повторюваності екстремальних посушливих явищ та необхідністю наукового обґрунтування адаптаційних заходів для забезпечення стабільного виробництва зерна в умовах сучасних кліматичних викликів.

Метою дослідження було оцінювання закономірностей впливу різної інтенсивності посухи на агрометеорологічні умови, особливості проходження фенологічних фаз розвитку, формування листкової поверхні, накопичення біомаси та врожайність пшениці озимої в Одеській області за умов прогнозованих змін клімату.

Дослідження виконано із застосуванням математичної моделі «Урожай», адаптованої до природно-кліматичних умов регіону. Розрахунки проведено для базового періоду 1986–2015 рр. та прогнозного періоду 2026–2050 рр. за кліматичним сценарієм RCP 8.5. На першому етапі здійснено просторову оцінку розвитку посушливих явищ у межах природно-кліматичних зон Одеської області, після чого виконано детальне моделювання продуційного процесу пшениці озимої для найбільш уразливої до аридизації південної частини регіону.

Встановлено, що до середини XXI століття в Одеській області очікуватиметься подальше посилення посушливості клімату та збільшуватиметься повторюваність сильної і дуже сильної посухи, причому найбільш несприятливі умови формуватимуться у південних і прибережних районах. Показано, що зі зростанням інтенсивності посухи змінюватимуться агрометеорологічні умови, зміщуватимуться строки проходження фенологічних фаз, зменшуватимуться площа листкової поверхні, накопичення сухої біомаси та біомаси колоса. За сильної посухи урожайність зерна прогнозуватиметься на рівні 1,4 т/га, тоді як за дуже сильної посухи знижуватиметься до 0,7–0,8 т/га, що становитиме лише 28–32 % від середнього багаторічного рівня.

Отримані результати підтверджують високу чутливість продуційного процесу пшениці озимої до посилення посушливості клімату та можуть бути використані для прогнозування продуктивності культури, оцінювання агрокліматичних ризиків і наукового обґрунтування адаптивних технологій вирощування в умовах кліматичних змін.

Ключові слова: *аридизація клімату, сценарій RCP 8.5, агрокліматичні ризики, гідротермічний коефіцієнт, математичне моделювання, фенологічний розвиток, продуційний процес, урожайність, адаптація землеробства.*

© Жигайло Т.С., Вольвач О.В., Жигайло О.Л., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Zhygailo T.S., Volvach O.V., Zhygailo O.L. Impact of drought intensity on winter wheat productivity under climate change conditions in Odesa region

The study presents the results of assessing the impact of drought intensity on winter wheat productivity under projected climate change conditions in the Odesa region of Ukraine. Increasing climate aridization and the growing frequency of severe drought events pose significant challenges to grain production, emphasizing the need for scientifically based adaptation strategies.

The aim of the study was to evaluate the effects of different drought intensities on agrometeorological conditions, phenological development, leaf area formation, biomass accumulation, and grain yield of winter wheat under projected climate change.

The assessment was carried out using the Crop Yield simulation model adapted to the environmental conditions of the study area. Simulations were performed for the baseline period (1986–2015) and the projected period (2026–2050) under the RCP 8.5 climate scenario. The first stage involved a spatial assessment of drought occurrence across the natural and climatic zones of the Odesa region. Subsequently, a detailed simulation of winter wheat productivity was conducted for the southern part of the region, identified as the most vulnerable to increasing aridity.

The simulation results indicate that by the middle of the twenty-first century drought conditions in the Odesa region are expected to intensify, with a higher frequency of severe and extreme droughts, particularly in the southern and coastal areas. Increasing drought intensity will alter agrometeorological conditions, shift the timing of phenological stages, reduce maximum leaf area, decrease total dry biomass and ear biomass, and consequently lower grain yield. Under severe drought conditions (HTC = 0.51), grain yield is projected to decrease to 1.4 t/ha, whereas under very severe drought conditions (HTC = 0.39–0.25) it is expected to decline to 0.7–0.8 t/ha, representing only 28–32% of the long-term average.

The obtained results confirm the high sensitivity of the winter wheat production process to increasing drought intensity and may serve as a scientific basis for assessing agroclimatic risks, forecasting crop productivity, and developing climate adaptation strategies for sustainable grain production under future climate change.

Key words: *climate aridization, agroclimatic risks, RCP 8.5 scenario, hydrothermal coefficient, mathematical modelling, crop production process, grain yield, phenological development, agricultural adaptation.*

Актуальність теми дослідження. Пшениця озима (Triticum aestivum L.) є однією з провідних зернових культур світу, яка забезпечує вагому частку світового виробництва продовольчого зерна та відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Для України вона є стратегічною культурою, що формує основу зернового виробництва та залишається одним із головних експортних товарів аграрного сектору. Реалізація високого продуктивного потенціалу сучасних сортів пшениці озимої значною мірою визначається агрокліматичними умовами вирощування, насамперед температурним режимом і вологозабезпеченням упродовж критичних етапів росту та розвитку рослин [1, 2].

Сучасні зміни клімату супроводжуються підвищенням температури повітря, зміною режиму атмосферних опадів, збільшенням частоти та інтенсивності посушливих явищ, що істотно впливає на функціонування агроекосистем. У Шостій оціночній доповіді IPCC зазначено, що екстремальні погодні явища, зокрема посухи та хвилі спеки, стають дедалі частішими й інтенсивнішими, створюючи серйозні ризики для сільськогосподарського виробництва [3, 4]. За оцінками OECD та FAO, забезпечення стабільного виробництва зерна в умовах кліматичних змін є одним із ключових викликів світового аграрного сектору [5].

Численні міжнародні дослідження підтверджують негативний вплив кліматичних змін на продуктивність основних сільськогосподарських культур. Зокрема, встановлено, що антропогенна зміна клімату вже призвела до уповільнення темпів зростання світової продуктивності сільського господарства [6]. Підвищення температури повітря та дефіцит вологи супроводжуються стійким зниженням урожайності пшениці й інших зернових культур [7–10]. Сучасні оглядові дослідження

також свідчать, що поєднання високих температур із посухою значно посилює негативний вплив на формування врожаю, тоді як ефективна адаптація агротехнологій є визначальною умовою збереження продуктивності агроекосистем [11].

Для України проблема адаптації землеробства до змін клімату набуває особливої актуальності, оскільки степова зона належить до територій із найвищим рівнем кліматичної вразливості. Наукові дослідження свідчать про тенденцію до аридизації клімату, зростання повторюваності посушливих періодів і погіршення умов вологозабезпечення сільськогосподарських культур, особливо в південних регіонах країни [12–15]. У концепції кліматично орієнтованого сільського господарства, розробленій науковцями Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України, обґрунтовано необхідність впровадження адаптивних технологій вирощування культур, спрямованих на підвищення стійкості агроекосистем до кліматичних ризиків і забезпечення стабільного виробництва продукції [16, 17].

Незважаючи на значну кількість досліджень, недостатньо висвітленими залишаються питання кількісної оцінки впливу різної інтенсивності посухи на формування продуктивності пшениці озимої в умовах прогнозованих змін клімату півдня Одеської області із застосуванням сучасних методів агроекологічного моделювання. Саме це зумовлює актуальність проведеного дослідження, спрямованого на оцінювання реакції культури на посилення посушливості клімату та наукове обґрунтування адаптаційних заходів для забезпечення стабільного виробництва зерна.

Постановка проблеми. Посуха є одним із найнебезпечніших проявів сучасних кліматичних змін, що істотно обмежує реалізацію продуктивного потенціалу сільськогосподарських культур, особливо в умовах Степу України. На півдні Одеської області, де природне вологозабезпечення вже є недостатнім, прогнозоване підвищення температури повітря, нерівномірний розподіл атмосферних опадів та зростання випаровуваності сприятимуть посиленню аридизації клімату й збільшенню повторюваності сильної та дуже сильної посухи. За таких умов традиційні технології вирощування пшениці озимої можуть втрачати ефективність, що супроводжуватиметься зниженням урожайності та нестабільністю виробництва зерна.

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених впливу кліматичних чинників на продуктивність зернових культур, недостатньо вивченими залишаються закономірності формування продуційного процесу пшениці озимої залежно від інтенсивності посухи в прогнозних агрокліматичних умовах. Особливого значення набуває кількісне оцінювання реакції культури на різні рівні дефіциту вологи із застосуванням математичних моделей, що дають змогу прогнозувати зміни продуктивності, визначати критичні етапи розвитку рослин та обґрунтовувати адаптаційні заходи.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу різної інтенсивності посухи на особливості проходження фенологічних фаз, агрометеорологічні умови, формування асиміляційної поверхні, накопичення біомаси та врожайність пшениці озимої в умовах прогнозованих кліматичних змін півдня Одеської області.

Методика досліджень. Дослідження виконано із застосуванням методів математичного моделювання продуктивності посівів пшениці озимої в природно-кліматичних умовах Одеської області.

Для оцінювання формування продуктивності пшениці озимої використано математичну модель «Урожай», яка дає змогу моделювати вплив агрометеорологічних чинників на ріст, розвиток рослин, формування листкової поверхні, накопичення сухої біомаси та врожайність зерна [18, 19].

Параметри моделі адаптовано до біологічних особливостей пшениці озимої, яка вирощується в природно-кліматичних умовах Одеської області.

Чисельні розрахунки проведено для двох кліматичних періодів: 1986–2015 рр. – базового, сформованого за даними багаторічних агрокліматичних спостережень [20], та 2026–2050 рр. – прогнозного за сценарієм RCP 8.5 (Representative Concentration Pathway), що передбачає високий рівень концентрації парникових газів в атмосфері та використовується для оцінювання можливих наслідків змін клімату [21].

Для розрахунків за моделлю використовувалась стандартна агрометеорологічна інформація: географічна широта, фази розвитку рослин, кількість годин сонячного сяйва, середня температура повітря, кількість опадів, дефіцит вологості в повітрі, найменша вологоємність і запаси продуктивної вологи в ґрунті, випаровування та ін.

Дослідження охоплювали природно-кліматичні зони/підзони Одеської області, які характеризуються різними умовами теплозабезпечення та природного зволоження (рис. 1).

Результати досліджень. Результати сценарного моделювання за сценарієм високих викидів парникових газів RCP 8.5 свідчать про подальше посилення аридизації клімату на території Одеської області у 2026–2050 рр., що проявлятиметься не лише у зростанні інтенсивності, а й у зміні просторового розподілу посушливих явищ (табл. 1). Аналіз прогнозних даних виявив чіткий градієнт збільшення посушливості від лісостепової зони до південностепової підзони області, що обумовлено поєднанням високого температурного режиму, недостатнього атмосферного зволоження та значної випаровуваності.

Найсприятливіші агрокліматичні умови прогнозуються для північної частини області. Так, у Любашівці середнє значення індексу посухи становить 0,92, що відповідає переважно слабкому ступеню посушливості. Дуже сильні посухи у прогнозному періоді не очікуються, а сильні відзначатимуться лише у 12 % років. Подібна тенденція характерна і для Затишшя, де середній індекс посухи дорівнює 0,81. Незважаючи на збільшення частки років із сильними посухами до 32 %, дуже сильні посухи для цієї території також не прогнозуються.

Отримані результати свідчать, що до середини XXI століття найбільш уразливими до посилення посушливості залишатимуться південні та прибережні райони Одеської області. Зростання повторюваності сильної та дуже сильної посухи створюватиме несприятливі умови для вирощування пшениці озимої, зумовлюючи погіршення водного режиму посівів, обмеження продуційних процесів і підвищення ризику істотного недобору врожаю.

Агрометеорологічна оцінка весняно-літнього періоду вегетації пшениці озимої в умовах посухи на півдні Одеської області. Весняно-літній період є визначальним етапом органогенезу пшениці озимої, оскільки саме в цей час відбувається інтенсивне формування асиміляційного апарату, ріст стебла, колосіння, цвітіння, налив і достигання зерна. Ефективність проходження цих фаз значною мірою залежить від температурного режиму та вологозабезпечення, які в умовах кліматичних змін зазнають істотної трансформації. Посилення посушливості на півдні Одеської області супроводжується зміною строків проходження фенологічних фаз, що безпосередньо впливає на тривалість окремих етапів розвитку рослин і формування їх продуктивності.

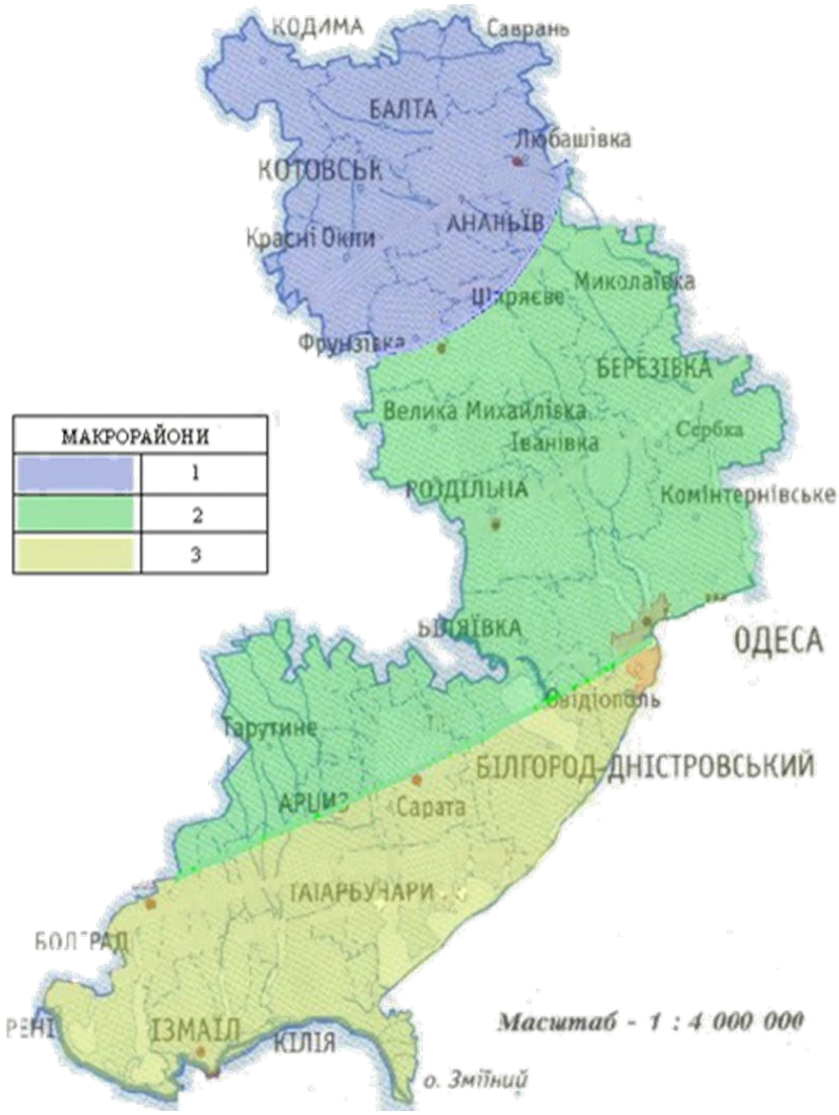


Рис. 1. Природно-кліматичні зони (підзони) Одеської області [29]
1 – зона Лісостепу; 2 – підзона Північного Степу; 3 – підзона Південного Степу

У напрямку до приморських і південних районів кліматичні умови істотно погіршуються. Для Одеси середнє значення індексу посухи знижується до 0,59, а сумарна повторюваність сильної та дуже сильної посухи становить 60 % прогнозного періоду. Аналогічна ситуація формується в Сараті, де сильні посухи прогнозуються у 44 % років, а дуже сильні – у 16 %. Найвищий рівень кліматичного ризику встановлено для Ізмаїла, де дуже сильні посухи повторюватимуться у 36 % років, а разом із сильними охоплюватимуть близько 60 % прогнозного періоду.

Таблиця 1

Сценарна оцінка розвитку посухи в Одеській області у 2026–2050 рр. (RCP 8.5)

Природно-кліматична зона	Район	Інтенсивність і ступінь посухи								
		Слабка 0,8–1,0		Середня 0,6–0,79		Сильна 0,41–0,59		Дуже сильна на <0,4		Середня за період 2026–2050 рр.
		Кількість років	% від 25 років	Кількість років	% від 25 років	Кількість років	% від 25 років	Кількість років	% від 25 років	
Лісостеп	Любашівка	3	12	10	40	3	12	0	0	0,92
Північний Степ	Затишшя	0	0	7	28	8	32	0	0	0,81
	Одеса	2	8	6	24	9	36	6	24	0,59
Південний Степ	Сарата	1	4	6	24	11	44	4	16	0,60
	Ізмаїл	4	16	4	16	6	24	9	36	0,59

Примітка: інформація є репрезентативною для районів Одеської області розташованих в межах природно-кліматичних зон.

За результатами сценарного моделювання встановлено, що впродовж 2026–2050 рр. у південній частині області сильні посухи прогнозуються в середньому у 6 роках із 25, тоді як дуже сильні – у 9 роках. Для детального аналізу реакції культури було обрано характерні роки, що відповідають різним рівням посушливості: 2048 р. (ГТК = 0,51), 2036 р. (ГТК = 0,39) та 2027 р. (ГТК = 0,25). Такий підхід дав змогу оцінити особливості проходження фенологічних фаз за різного ступеня дефіциту вологи (табл. 2).

Таблиця 2

Особливості фенологічного розвитку пшениці озимої у весняно-літній період вегетації на півдні Одеської області в період 2026–2050 рр.

Рік	Дата відновлення вегетації	Дата кінця колосіння (початку цвітіння)	Дата воскова стиглість	Тривалість вегетаційного періоду, дні
Середні багаторічні				
	01.03	19.05	20.06	112
Сильна посуха, ГТК – 0,51				
2048	05.03	18.05	20.06	107
Різниця	+4	-1	0	-5
Дуже сильна посуха, ГТК – 0,39				
2036	11.03	29.05	26.06	108
Різниця	+10	+10	+6	-4
Дуже сильна посуха, ГТК – 0,25				
2027	02.02	07.05	04.06	122
Різниця	-27	-12	-16	+10

Примітка: сценарій змін клімату RCP-8.5

Порівняльний аналіз показав, що зі зміною агрокліматичних умов характер проходження фенологічних фаз істотно змінюється, однак реакція культури не є лінійною. За сильної посухи (ГТК = 0,51) строки розвитку залишаються близькими до

середніх багаторічних значень: відновлення весняної вегетації затримується лише на 4 доби, тоді як колосіння розпочинається на одну добу раніше, а загальна тривалість вегетаційного періоду скорочується до 107 діб. Це свідчить, що за помірного дефіциту вологи рослини ще зберігають здатність компенсувати негативний вплив погодних умов.

За дуже сильної посухи (ГТК = 0,39) спостерігається інший тип реакції. Пізніше відновлення весняної вегетації та зміщення наступних фенологічних фаз на 6–10 діб зумовлені особливостями погодних умов початку весняного періоду. Водночас підвищений температурний режим у наступні міжфазні періоди прискорює розвиток рослин, унаслідок чого загальна тривалість вегетації скорочується до 108 діб.

Найбільш своєрідний характер розвитку встановлено за екстремальної посухи (ГТК = 0,25). У цьому випадку раннє відновлення весняної вегетації (на 27 діб раніше середньої багаторічної дати) обумовлене аномально теплими умовами зимово-весняного періоду. Це спричиняє більш ранній початок колосіння та воскової стиглості, однак загальна тривалість вегетаційного періоду збільшується до 122 діб. Така особливість свідчить, що екстремально низькі значення гідротермічного коефіцієнта не завжди супроводжуються прискоренням розвитку культури, оскільки характер проходження фенологічних фаз визначається комплексною взаємодією температурного режиму, забезпеченості вологою та строків відновлення весняної вегетації.

Отримані результати свідчать, що зміни фенологічного розвитку пшениці озимої в умовах сучасних кліматичних змін є одним із механізмів адаптації рослин до трансформації агрометеорологічних умов. Водночас зміщення строків проходження критичних фаз розвитку істотно впливає на умови формування листкової поверхні, накопичення біомаси та наливу зерна, що в подальшому визначає рівень продуктивності посівів.

Агрометеорологічні умови весняно-літньої вегетації пшениці озимої за різної інтенсивності посухи. Агрометеорологічні умови весняно-літнього періоду визначають інтенсивність ростових процесів, накопичення сухої речовини та формування генеративних органів пшениці озимої. Результати моделювання свідчать, що зі зростанням інтенсивності посухи відбувається комплексна трансформація основних метеорологічних чинників, яка проявляється підвищенням температури повітря, скороченням кількості атмосферних опадів, зміною випаровування та погіршенням вологозабезпечення посівів (табл. 3).

За середніх багаторічних умов весняно-літній період характеризується середньою температурою повітря 12,3°С, сумою опадів 160 мм, сумарним випаровуванням 227 мм, випаровуваністю 561 мм і показником вологозабезпеченості 0,40 від. од. Уже за цих умов гідротермічний коефіцієнт становить 0,59, що свідчить про недостатній рівень природного зволоження території та високу залежність продуктивності культури від атмосферного водного режиму.

За сильної посухи (ГТК = 0,51) підвищення середньої температури повітря до 13,2°С супроводжується скороченням суми опадів до 103 мм, або 64 % від середньої багаторічної норми. Одночасно показник вологозабезпеченості зменшується до 0,35, що свідчить про формування стійкого дефіциту продуктивної вологи. Незважаючи на деяке зниження сумарного випаровування, волога стає основним лімітуючим фактором росту та розвитку рослин.

Найбільш несприятливі агрометеорологічні умови формуються за дуже сильної посухи (ГТК = 0,39). Саме для цього варіанта характерне максимальне підвищення температури повітря (+1,4°С до багаторічного рівня) та найменша кількість атмосферних опадів – лише 72 мм, або 45 % від норми. За таких умов показник

вологозабезпеченості знижується до 0,31 відн. од., що є найнижчим серед досліджуваних варіантів. Поєднання високого температурного фону з гострим дефіцитом атмосферного зволоження створює критичні умови для проходження основних етапів органогенезу пшениці озимої.

Таблиця 3

Порівняльна характеристика умов вирощування пшениці озимої за сценарієм кліматичних змін RCP 8.5 у роки з різною інтенсивністю посухи в період весняно-літньої вегетації на півдні Одеської області (2026–2050 рр.)

Гідро-термічний коефіцієнт (ГТК)	Агрокліматичні /агрометеорологічні показники				
	Середня температура повітря, °С	Сума опадів, мм	Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість , від. од
	Середні багаторічні				
ГТК - 0,59	12,3	160	227	561	0,40
	Сильна посуха, 2048 рік				
ГТК-0,51	13,2	103	191	540	0,35
Різниця	+0,9	64%	84%	96%	88%
	Дуже сильна посуха, 2036 рік				
ГТК-0,39	13,7	72	170	544	0,31
Різниця	+1,4	45%	75%	97%	78%
	Дуже сильна посуха, 2027 рік				
ГТК-0,25	12,5	98	193	571	0,34
Різниця	+0,2	61%	85%	102%	85%

За екстремальної посухи (ГТК = 0,25) температурний режим майже не відрізняється від середнього багаторічного (+0,2°С), однак різке зростання випаровуваності до 571 мм істотно посилює втрати вологи. Незважаючи на дещо більшу кількість опадів порівняно з 2036 роком, інтенсивне випаровування не забезпечує поліпшення водного режиму посівів. Це підтверджує, що рівень посушливості визначається не лише кількістю атмосферних опадів, а співвідношенням між надходженням і витратами вологи, яке інтегрально характеризується гідротермічним коефіцієнтом.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що зі зростанням інтенсивності посухи відбувається послідовне погіршення агрометеорологічних умов вирощування пшениці озимої. Встановлені зміни температурного режиму, атмосферного зволоження та вологозабезпечення формують передумови для зменшення площі листкової поверхні, уповільнення накопичення сухої біомаси й зниження ефективності формування генеративних органів, що безпосередньо відображається на рівні врожайності культури.

Оцінка формування врожаю та продуктивності пшениці озимої за різних агрометеорологічних умов на півдні Одеської області. Результати моделювання продуційного процесу пшениці озимої за сценарієм кліматичних змін RCP 8.5 свідчать, що посилення посушливості істотно впливає на всі етапи формування врожаю – від розвитку асиміляційного апарату до накопичення сухої речовини й утворення генеративної біомаси (табл. 4).

Встановлено чітку закономірність: зі зменшенням гідротермічного коефіцієнта послідовно погіршуються всі показники продуктивності посівів, що є наслідком

комплексного впливу дефіциту вологи та підвищеного температурного режиму на фізіологічні процеси рослин.

Таблиця 4

Продуктивність посівів і врожайність пшениці озимої за різної інтенсивності посухи на півдні Одеської області (RCP 8.5, 2026–2050 рр.)

Показники продуктивності	Середній багато-річний ГТК-0,59	Сильна посуха 2048 рік		Дуже сильна посуха			
				2036 рік		2027 рік	
		ГТК 0,51	Різниця, %	ГТК 0,39	Різниця, %	ГТК 0,25	Різниця, %
Максимальний індекс листової поверхні, м²/м²	2,60	1,88	72	1,64	63	1,54	59
Загальна суха біомаса, г/м²	546,0	346,99	64	207,85	38	285,63	52
Біомаса колосу, г/м²	292,65	160,71	55	78,34	27	98,45	34
Урожай зерна, т/га	2,5	1,4	56	0,7	28	0,8	32

За середніх багаторічних агрометеорологічних умов (ГТК = 0,59) формуються найсприятливіші передумови для реалізації продуктивного потенціалу культури. Максимальний індекс листкової поверхні досягає 2,60 м²/м² (рис. 2), накопичення загальної сухої біомаси – 546,0 г/м² (рис. 3), біомаси колоса – 292,65 г/м², що забезпечує формування врожайності зерна на рівні 2,5 т/га. Такі показники характеризують відносно збалансовані умови тепло- та вологозабезпечення, за яких фотосинтетичний апарат функціонує найбільш ефективно.

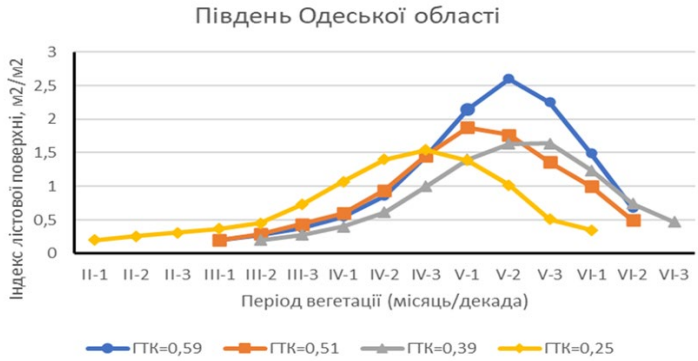


Рис. 2. Динаміка площі листкової поверхні пшениці озимої за різних сценаріїв посухи на півдні Одеської області

За сильної посухи (ГТК = 0,51) продуційний процес починає суттєво погіршуватися. Максимальна площа листкової поверхні зменшується до 1,88 м²/м², або на 28 % порівняно із середнім багаторічним рівнем. Одночасно загальна суха біомаса скорочується до 346,99 г/м² (64 % від контрольного варіанта), а біомаса колоса – до 160,71 г/м² (55 %). Унаслідок цього врожайність зерна знижується до 1,4 т/га,

що становить лише 56 % середньої багаторічної величини. Це свідчить, що навіть помірне посилення дефіциту вологи насамперед обмежує розвиток листкового апарату, а надалі – інтенсивність фотосинтезу й накопичення органічної речовини.

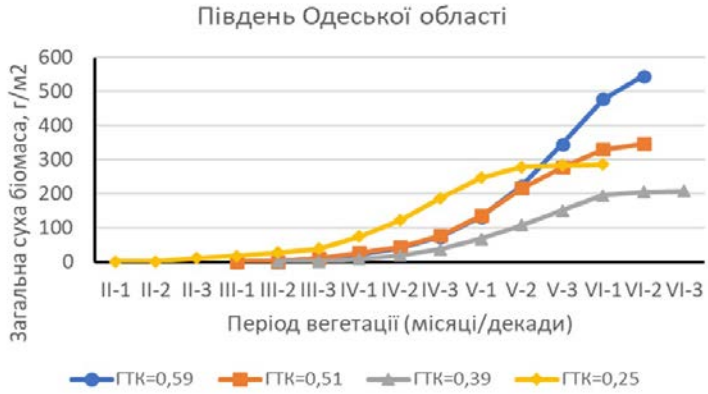


Рис. 3. Динаміка загальної біомаси пшениці озимої за різних сценаріїв посухи на півдні Одеської області

Найбільш істотні зміни продуційного процесу встановлено за дуже сильної посухи (ГТК = 0,39). За цих умов максимальний індекс листкової поверхні зменшується до 1,64 м²/м², загальна суха біомаса – до 207,85 г/м², а біомаса колоса – до 78,34 г/м², що відповідає лише 27 % середнього багаторічного рівня. Урожайність зерна скорочується до 0,7 т/га, або 28 % від контрольного варіанта. Такий рівень продуктивності свідчить про різке пригнічення фотосинтетичної діяльності посівів та істотне порушення процесів формування генеративних органів.

За екстремальної посухи (ГТК = 0,25) загальний характер змін зберігається. Максимальна площа листкової поверхні становить 1,54 м²/м², загальна суха біомаса – 285,63 г/м², біомаса колоса – 98,45 г/м², а врожайність зерна – 0,8 т/га. Незважаючи на дещо вищі показники накопичення біомаси порівняно з варіантом ГТК = 0,39, урожайність залишається лише на рівні 32 % від середньої багаторічної. Це свідчить, що окремі елементи продуційного процесу можуть частково компенсувати вплив несприятливих погодних умов, однак загальний дефіцит продуктивної вологи істотно обмежує реалізацію потенціалу культури.

Таким чином, результати моделювання підтверджують, що головним наслідком посилення посухи є послідовне порушення всіх етапів формування продуктивності пшениці озимої. Первинною реакцією рослин є зменшення площі листкової поверхні, що призводить до зниження інтенсивності фотосинтетичних процесів, скорочення накопичення сухої біомаси, погіршення формування колоса та, як кінцевий результат, істотного зменшення врожайності зерна. Отже, продуційний процес пшениці озимої є високочутливим до зростання інтенсивності посухи, що підтверджує необхідність розроблення адаптаційних заходів для стабілізації виробництва зерна в умовах прогнозованих кліматичних змін.

Отримані результати узгоджуються з висновками Asseng et al. (2015), Zhao et al. (2017) та Rezaei et al. (2023), які також встановили, що поєднання дефіциту вологи та підвищених температур насамперед обмежує розвиток листкового апарату, фотосинтетичну активність і накопичення біомаси, що призводить до різкого

зниження врожайності зернових культур. Разом із тим виконане дослідження деталізує ці закономірності для природно-кліматичних умов півдня Одеської області, дозволяючи кількісно оцінити вплив різних рівнів інтенсивності посухи на окремі етапи формування продуктивності пшениці озимої.

Узагальнення отриманих результатів дає підстави стверджувати, що реакція пшениці озимої на посилення посушливості має комплексний характер і охоплює всі етапи формування продуктивності. Встановлено, що погіршення агрометеорологічних умов не обмежується лише зменшенням кількості атмосферних опадів, а супроводжується зміною температурного режиму, підвищенням випаровуваності та посиленням дефіциту продуктивної вологи. Сукупна дія цих чинників зумовлює зміну строків проходження фенологічних фаз, скорочення тривалості активного функціонування листкового апарату та зниження ефективності фотосинтетичних процесів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результати моделювання свідчать, що у 2026–2050 рр. за кліматичного сценарію RCP 8.5 на території Одеської області очікується подальше посилення аридизації клімату, яке супроводжуватиметься збільшенням повторюваності сильної та дуже сильної посухи та посиленням просторової диференціації кліматичного ризику. Найбільш несприятливі умови прогнозуються для південних і прибережних районів області, де сильні й дуже сильні посухи прогнозуються майже у 60 % років. Зі зростанням інтенсивності посухи істотно змінюються агрометеорологічні умови весняно-літньої вегетації пшениці озимої. Підвищення температури повітря, скорочення кількості атмосферних опадів та погіршення вологозабезпечення спричинятимуть зміну строків проходження фенологічних фаз і трансформацію тривалості вегетаційного періоду. Первинною реакцією пшениці озимої на дефіцит вологи є зменшення площі листкової поверхні, що обмежує інтенсивність фотосинтетичних процесів, накопичення сухої біомаси та формування генеративних органів. За сильної посухи (ГТК = 0,51) урожайність зерна зменшуватиметься до 1,4 т/га (56 % від середнього багаторічного рівня), тоді як за дуже сильної посухи (ГТК = 0,39–0,25) – до 0,7–0,8 т/га, що становитиме лише 28–32 % від контрольного варіанта.

Отримані результати підтверджують високу чутливість продуційного процесу пшениці озимої до посилення посушливості клімату та свідчать про необхідність впровадження адаптивних агротехнологій, спрямованих на підвищення ефективності використання ґрунтової вологи й забезпечення стабільного виробництва зерна в умовах прогнозованих кліматичних змін.

Перспективи подальших досліджень полягають у моделюванні ефективності адаптаційних заходів вирощування пшениці озимої в умовах прогнозованих кліматичних змін, зокрема оптимізації строків сівби, добору сортів різних груп стиглості, удосконалення режимів водозабезпечення та оцінювання ефективності сучасних кліматично орієнтованих агротехнологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування: монографія / В. В. Гамаюнова, М. М. Корхова, А. В. Панфілова та ін. Миколаїв: МНАУ, 2021. 300 с.

2. Рожков А. О. Пшениця озима: онтогенез, сучасні підходи технології вирощування : монографія. Харків : Державний біотехнологічний університет, 2024. 131 с.

3. Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. Climate Change 2023: Synthesis Report. IPCC. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

4. Балабаш В. С. Врожайність ріпаку озимого залежно від застосування біопрепаратів на півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2026. Вип. 148, Ч. 1. С. 78-86. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.9

5. OECD, FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. Paris: OECD Publishing; Rome: FAO, 2023. 248 p.
6. Ortiz-Bobea A., Ault T. R., Carrillo C. M., Chambers R. G., Lobell D. B. *Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth.* Nature Climate Change. 2021. Vol. 11. P. 306-312. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1
7. Asseng S., Ewert F., Martre P. et al. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*. 2015. Vol. 5. P. 143-147. https://doi.org/10.1038/nclimate2470
8. Zhao C., Liu B., Piao S. et al. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2017. Vol. 114(35). P. 9326-9331. https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114
9. Current warming will reduce yields unless major adaptation measures are implemented / A. J. Challinor, A. K. Koehler, J. Ramirez-Villegas, S. Whitfield, B. Das. *Nature Climate Change*. 2016. Vol. 6, no. 10. P. 954-958. https://doi.org/10.1038./nclimate3061
10. Lobell D. B., Schlenker W., Costa-Roberts J. Climate trends and global crop production since 1980. *Science*. 2011. Vol. 333. P. 616-620. https://doi.org/10.1126/science.1204531
11. Rezaei E. E., Webber H., Asseng S. et al. Climate change impacts on crop yields. Nature Reviews Earth & Environment. 2023. Vol. 4. P. 831-846. https://doi.org/10.1038/s43017-023-00491-0
12. Польовий А. М., Барсукова О. А. Оцінка агрокліматичних умов росту озимої пшениці та емісія CO_2 із ґрунтів агроекосистеми при зміні клімату в Україні. Ротмістровські читання: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 28 берез. 2025 р.). Одеса, 2025. С. 56-58.
13. Ляшенко Г. В., Данілова Н. В., Колосовська В. В., Толмачова А. В. Тенденція зміни агрокліматичних умов формування урожайності проса до 2050 року в Степовій зоні України. *Український гідрометеорологічний журнал.* 2022. № 29, С. 20-31. https://doi.org/10.31481/uhmj.29.2022.02
14. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз. *Український географічний журнал*. 2016. Вип. 1. С. 14-22. https://doi.org/10.15407/ugz2016.01.014
15. Жигайло Т. С., Жигайло О. Л., Домбовська І. О. Оптимізація вирощування пшениці озимої в посушливих умовах Південного Степу України. Відновлення природно-ресурсного потенціалу та стійкості екосистем: колективна монографія; за заг. ред. Т.О. Чайки. Полтава: Видавництво ПП «Астрая», 2023. С. 234-242.
16. Перспективи розвитку аграрного сектора України в умовах кліматичних змін : аналіт. доп. / [В. М. Русан, Л. А. Жураковська, Я. А. Жаліло, Р. А. Вожегова та ін.]; за наук. ред. Я. А. Жаліла. Київ: НІСД, 2024. 47 с. https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2024.09
17. Влащук А. М., Дробіт О. С., Місєвич О. В., Конащук О. П., Кляуз М. А. Продуктивність нуту залежно від елементів технології в умовах півдня України. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 5-9. http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/137/113
18. Польовий А. М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроекосистем: навч. посіб. Київ: КНТ, 2022. 346 с.
19. Адаменко Т. І., Кульбіда М. І., Прокопенко А. Л. Агрокліматичний довідник по території України: (1986-2015 рр.) /за ред. Т. І. Адаменко. Житомир: «Полісся». 2019. 82 с.
20. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса: ТЕС, 2018. 546 с.
21. Zhygailo T., Zhyhailo D., Zhygailo O., Kyryllov Yu. 2025. Agroclimatic assessment of the prospects for growing winter peas in the Odesa region. Scientific papers. Series A. Agronomy 2025. Vol. LXVIII. No. 2. P. 871-880 https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2025/issue_2/Art105.pdf

Дата першого надходження статті до видання: 17.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.34:338.43(477+100)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.7

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СОЄВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ ТА СВІТІ (ОГЛЯДОВА)

Карбівська У.М. *– д.с.-г.н., професор,*
професор кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0002-0540-8887
Сімчук А.П. *– д.б.н., професор,*
професор кафедри біології та екології,
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0002-1762-144X
Шеленко Д.І. *– д.е.н., професор,*
професор кафедри підприємництва, торгівлі та прикладної економіки,
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0002-9214-7258
Григорів Я.Я. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0002-5892-9483
Гусак В.В. *– к.б.н., доцент,*
доцент кафедри біохімії та біотехнології,
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0001-9415-9837
Новосад К.Б. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри ґрунтознавства,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-2043-9160

У статті представлено узагальнений аналіз сучасних тенденцій розвитку виробництва сої у світі та в Україні, визначено основні фактори, що впливають на формування обсягів виробництва, структуру посівних площ, рівень урожайності та перспективи подальшого розвитку галузі.

Встановлено, що соя залишається однією з найважливіших зернобобових культур світового землеробства завдяки високому вмісту білка й олії, універсальності використання у харчовій, кормовій та переробній промисловості, а також здатності покращувати родючість ґрунту через біологічну азотфіксацію.

Проаналізовано сучасний стан світового ринку сої, особливості виробництва у провідних країнах-експортерах, зокрема Бразилії, США та Аргентині, а також наведено сучасні тенденції зміни обсягів світового виробництва, урожайності та споживання культури. Показано, що зростання попиту на рослинний білок, розвиток біопаливної промисловості та зміни структури світового аграрного виробництва сприяють подальшому розширенню площ вирощування сої.

Особливу увагу приділено сучасному стану соєвиробництва в Україні. Проаналізовано динаміку посівних площ, урожайності та валового виробництва культури за останні роки, а також вплив економічних, кліматичних і воєнних чинників на розвиток галузі. Відзначено,

© Карбівська У.М., Сімчук А.П., Шеленко Д.І., Григорів Я.Я., Гусак В.В., Новосад К.Б., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

що внаслідок змін клімату та трансформації структури сільськогосподарського виробництва відбувається зміщення основних площ вирощування сої із південних регіонів до Лісостепу та західної частини України. Встановлено, що найвищі показники врожайності останніми роками формуються саме у західних областях країни, що свідчить про високу адаптивність культури до відповідних ґрунтово-кліматичних умов. Розглянуто основні фактори, які впливають на економічну ефективність виробництва сої, серед яких кон'юнктура світового ринку, логістичні труднощі, зміна вартості мінеральних добрив, експортна політика держави та впровадження сучасних технологій вирощування. Наголошено, що подальший розвиток соєвиробництва в Україні потребує адаптації технологій до кліматичних змін, використання високопродуктивних сортів, удосконалення систем удобрення та ефективного управління виробничими ризиками.

Ключові слова: *соя, світовий ринок сої, урожайність, посівні площі, зернобобові культури, аграрний сектор, експорт, рослинний білок, сучасні тенденції.*

Karbivska U.M., Simchuk A.P., Shelenko D.I., Hryhoriv Ya.Ya., Husak V.V., Novosad K.B. Modern trends in the development of soybean production in Ukraine and the world

The article presents a comprehensive review of current trends in soybean production worldwide and in Ukraine, identifying the main factors influencing production volumes, cultivated areas, crop productivity, and future development prospects. Soybean remains one of the most important legume crops in global agriculture due to its high protein and oil content, wide application in the food, feed, and processing industries, as well as its ability to improve soil fertility through biological nitrogen fixation. The study analyzes the current state of the global soybean market and production characteristics in the leading producing and exporting countries, including Brazil, the United States, and Argentina. Particular attention is paid to recent changes in global soybean production, consumption, and yield levels under the influence of increasing demand for plant protein, the expansion of the biofuel industry, and structural transformations in world agriculture.

The paper also examines the current state of soybean production in Ukraine. The dynamics of cultivated areas, yield performance, and gross production over recent years are analyzed together with the influence of economic, climatic, and military factors on the development of the sector. The results indicate a gradual shift in soybean cultivation from the southern regions toward the Forest-Steppe zone and western Ukraine as a consequence of climate change and the transformation of agricultural production systems. The highest soybean yields in recent years have been recorded in the western regions of the country, demonstrating favorable soil and climatic conditions and the crop's high adaptive capacity. The study highlights the main factors determining the economic efficiency of soybean production, including global market conditions, logistical challenges, fluctuations in mineral fertilizer prices, export regulations, and the implementation of modern cultivation technologies. It is emphasized that the sustainable development of soybean production in Ukraine requires adaptation of cultivation technologies to climate change, wider use of high-yielding and stress-tolerant varieties, optimization of fertilization systems, and effective management of production risks. The findings confirm the strategic importance of soybean as a highly profitable crop that contributes to food security, sustainable agriculture, soil fertility improvement, and the development of export-oriented agricultural production.

Key words: *soybean, global soybean market, yield, cultivated area, legumes, agricultural sector, plant protein, export, sustainable agriculture.*

Постановка проблеми. За прогнозами вчених в наступних 50 років кількість населення зросте до 10,3 млрд, а площа продуктивних земель може скоротитись на третину. Для розв'язання продовольчої глобальної кризи одним із шляхів є інтенсифікація вирощування бобових культур і в першу чергу сої.

Виробництво сої забезпечує людство доступним рослинним білком як для харчування так і для тваринницької галузі. Найбільшими виробниками залишаються США, Бразилія і Аргентина [1, 17, 18].

Починаючи з 2000-х років в Україні спостерігається зміна структури посівів зернобобових, де частки гороху, квасолі та люпину зменшується і істотно зростають посіви сої.

Тому основним завданням наших досліджень було проаналізувати сучасний стан та перспективи вирощування сої в світі та в Україні.

Матеріали та методи досліджень. Під час проведення дослідження застосовано методи аналізу, узагальнення та систематизації наукової інформації. Інформаційною базою дослідження стали результати власних досліджень, офіційні матеріали державної статистики, а також довідкові та наукові літературні джерела.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Соя є однією з найбільш важливих експортно орієнтованих сільськогосподарських культур, яка протягом останніх років зберігає стабільні позиції за площами посіву та демонструє тенденцію до підвищення рівня врожайності.

Виробництво сої має вагоме значення для розвитку рослинницької галузі, оскільки ця культура сприяє забезпеченню потреб у високоякісному рослинному білку, поповненню ресурсів рослинних жирів та накопиченню біологічного азоту в ґрунті завдяки здатності до симбіотичної азотфіксації [1, 2].

Соя належить до високобілкових культур, яка має важливе агротехнічне та економічне значення: вона є цінним попередником у сівозмінах для більшості сільськогосподарських культур і водночас характеризується високою економічною ефективністю вирощування [1, 6, 8].

Розвиток світового ринку сої зазнає значних змін, зумовлених рекордно високими обсягами виробництва. За прогнозами Міжнародної ради із зерна, виробництво сої у 2025 році становило 421 млн тонн, що на 26 млн тонн більше порівняно з минулим роком. На сьогодні домінуючими виробниками сої залишаються Бразилія, з обсягом виробництва 164 млн тонн, та США, які виробляють 121 млн тонн [3, 11].

Як ми бачимо сезон 2024–2025 року визначив сою як основну бобову культуру завдяки зростаючому попиту на рослинний білок та біопаливо. Згідно з звітом Міністерства сільського господарства США (USDA) світове виробництво сої досягло рекордного рівня та становило близько 425–430 млн т (рис. 1).

Незважаючи на позитивну динаміку валового виробництва, співвідношення між провідними країнами-виробниками зазнало істотних змін, що було зумовлено впливом несприятливих кліматичних умов, геополітичних чинників і трансформацією світових аграрних ринків. В Україні під впливом економічних та воєнних факторів окремі великі аграрні підприємства були змушені скоротити площі посівів сої.

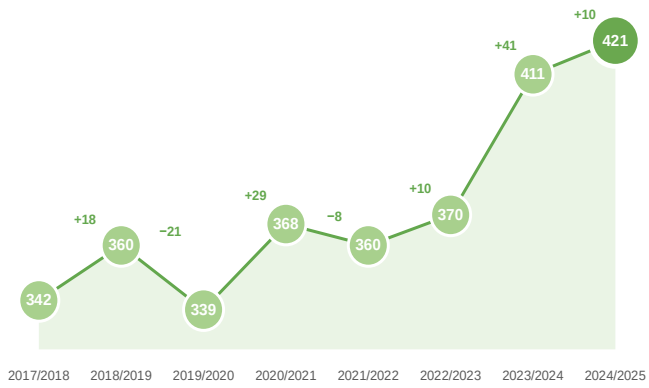


Рис. 1. Світове виробництво сої, млн т

Джерело: дані USDA

За оцінками галузевих експертів, маркетинговий сезон 2026–2027 може стати одним із найскладніших для українських експортерів сої через посилення конкуренції на світовому ринку, логістичні труднощі та високу нестабільність цін [16].

Посилення попиту на кормові білки стимулює розвиток світового ринку сої у 2025–2026 маркетинговому році світове споживання сої, за прогнозами, може досягти 430 млн т, незважаючи на очікувані високі показники врожайності. Водночас пропозиція сої на світовому ринку залишається обмеженою, а темпи зростання споживання значно випереджають темпи збільшення виробництва.

Станом на 2025 рік спостерігається така ситуація серед провідних країн-виробників сої. У США виробництво становить близько 116 млн т, що на 3 % менше порівняно з попереднім сезоном. Бразилія залишається одним із головних світових виробників, де площа посівів сої сягає близько 47 млн га, а валовий збір становить приблизно 177 млн т. В Аргентині виробництво сої скоротилося до 48,5 млн т.

Світова врожайність сої коливається в межах 2,7–3,5 т/га і залежить від ґрунтово-кліматичних умов регіону та розвитку агротехнологій. Світовим лідером за урожайністю залишається Бразилія, де середня урожайність коливається в межах 3,5–3,7 т/га. В Сполучених Штатах урожайність нижча і знаходиться в межах від 2,8 до 3,4 т/га. Серед європейських країн найвища урожайність фіксується в Сербії та Австрії 3,0–3,2 т/га, в Україні середня урожайність коливається близько 3,0 т/га. Однак в окремих регіонах вона може сягати 4,5 т/га [13].

Таким чином, лідером світового виробництва та експорту сої залишається Бразилія, яка забезпечує значну частку світових поставок і прогнозовано експортує близько 113 млн т сої.

Соя раніше не належала до найпоширеніших традиційних сільськогосподарських культур України. Станом на 2010 рік посівні площі сої в Україні не перевищували 1 млн гектарів. Уже через десять років вони зросли майже вдвічі – до близько 2 млн гектарів. Період з 2023 по 2025 рік можна охарактеризувати як «соєвий бум», що був зумовлений стрімким зростанням посівних площ і підвищенням урожайності [2,7].

Кліматичні зміни, що відбуваються як у глобальному, так і в регіональному масштабі, суттєво вплинули на територіальне розміщення посівів сої в Україні. Зокрема, скоротилися площі її вирощування в степовій зоні, тоді як у Лісостепу та на Поліссі вони значно збільшилися. Особливо помітним є розширення посівів у регіонах, де раніше ця культура майже не вирощувалася [12–14].

Водночас природно-кліматичні умови окремих північних областей залишаються недостатньо сприятливими для ефективного вирощування сої.

Протягом останніх десяти років основне виробництво сої було зосереджене в центральній частині країни, насамперед у Полтавській, Кіровоградській, Вінницькій та Київській областях. Однак останнім часом спостерігається зростання ролі західних регіонів, зокрема Хмельницької та Тернопільської областей, які демонструють стабільне нарощування площ під цією культурою.

У 2023 році площі посівів сої в Україні істотно збільшилися порівняно з попереднім роком – з 1,5 до 1,78 млн гектарів (рис. 2). Однією з головних причин такого зростання стало різке подорожчання азотних добрив та їх обмежена доступність. У зв'язку з цим значна кількість агровиробників скоротила посіви кукурудзи, яка характеризується високою потребою в азотному живленні, і переорієнтувалася на вирощування сої [4, 5].

За рівнем урожайності у 2022 році провідні позиції займали Полтавська область, де було отримано близько 3,0 т/га, а також Хмельницька і Тернопільська області із середньою врожайністю 2,9 т/га.

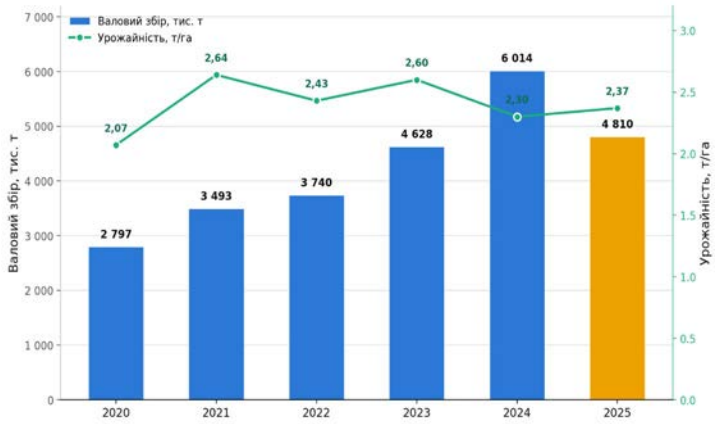


Рис. 2. Валовий збір та урожайність сої в Україні

Найвищі показники врожайності у 2024 році зафіксовано в Івано-Франківській області – 3,32 т/га (у 2023 році – 3,37 т/га), Тернопільській області – 3,08 т/га (проти 3,01 т/га у 2023 році) та Львівській області – 3,05 т/га (у 2023 році – 3,17 т/га).

Крім того, врожайність понад 3,0 т/га отримано ще в трьох областях: Волинській – 3,04 т/га, Рівненській – 3,01 т/га та Хмельницькій – 3,00 т/га.

Найнижчі показники врожайності сої у 2024 році зафіксовано в Миколаївській області – 1,00 т/га (у 2023 році – 1,47 т/га), Запорізькій області – 0,81 т/га (проти 2,01 т/га у 2023 році) та Донецькій області – 0,80 т/га (дані за 2023 рік відсутні).

Низький рівень урожайності в цих регіонах зумовлений насамперед веденням бойових дій, близькістю до лінії фронту та несприятливими погодно-кліматичними умовами, які негативно вплинули на формування врожаю сої [9, 15].

Зміна географії вирощування сої свідчить про необхідність адаптації технологій виробництва до сучасних кліматичних умов. У низці регіонів успішне вирощування культури дедалі більше залежить від достатнього рівня вологозабезпечення та можливостей штучного зрошення. Використання адаптованих сортів і сучасних технологій вирощування дає змогу мінімізувати виробничі ризики, підвищити стабільність урожаю та зробити сою більш економічно привабливою культурою для сільськогосподарських підприємств [8].

Розвиток ринку сої був досить послідовним завдяки привабливим цінам для агровиробників і розвитку технологій вирощування. Посівні площі постійно збільшувалися та досягли піку у 2024 році. Проте слід зазначити, що значна частка виробників, які вирощували сою у 2024 році й не мали достатнього практичного досвіду, не отримали бажаної врожайності та прибутку, тому вивели цю культуру із сівозміни у 2025 році. Ще одним фактором, який призвів до скорочення посівних площ, стало запровадження експортного мита на соєві боби у розмірі 10 %, що також позначилося на площах посіву сої у 2026 році.

Висновки. Проведені дослідження засвідчили, що соя є стратегічно важливою культурою світового аграрного виробництва, оскільки забезпечує отримання високоякісного рослинного білка та олії, які мають значне продовольче значення. Її універсальність, цінний хімічний склад продукції та здатність задовольняти потреби харчової й переробної промисловості визначають постійне зростання попиту на цю культуру.

Висока економічна привабливість сої проявляється у конкурентоспроможності виробництва, невисокій собівартості білка та стабільному ринковому попиті. Це сприяє розширенню її вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Для України ця культура набуває все більшого значення завдяки її ролі у структурі посівних площ, покращенню родючості ґрунтів як попередника та можливості ефективного використання в сучасних системах землеробства.

Збільшення площ під соєю в окремих регіонах України, зокрема в західному регіоні, свідчить про адаптацію культури до нових виробничих умов та відповідність її біологічних вимог природно-кліматичним особливостям територій вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Заболотний Г. М. та ін. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності : монографія. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2020. 276 с.

2. Гаврик С., Мельник В., Жовтун М. Особливості формування висоти рослин сортів сої різних груп стиглості. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. № 3 (109). https://doi.org/10.31548/dopovidi.3(109).2024.025

3. Глобальний і внутрішній ринки сої. AgroBusiness : вебсайт. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/25235-hlobalnyi-i-vnutrishnii-rynky-soi.html (дата звернення: 18.09.2023).

4. Глупак З. І. Оптимізація густоти стояння рослин сої залежно від групи стиглості сорту для умов Північно-Східної частини Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2020. № 2. 23–25. https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-23-25

5. Діянова А. О., Кулик М. І. Формування урожайності сої залежно від сортового складу та умов вирощування. *Аграрні інновації*. 2025. Вип. 30. 197–203. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.28

6. Забарна Т. А., Черешнюк В. В. Агроекологічні аспекти вирощування сої (Glycine max L.) в Україні. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 1. 108–116. https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945

7. Коробко А. А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. *Збалансоване природокористування*. 2021. Т. 4, № 4. 126–134. https://doi.org/10.33730/ 23104678. 4.2021.253098

8. Купрєєва С. Соя – перспективи найближчі та далекі. УкрАгроКонсалт : вебсайт. 2023. URL: https://ukragroconsult.com/news/soya-perspektyvy-najblyzhchi-ta-daleki/ (дата звернення: 18.09.2023).

9. Мащенко Ю. В., Соколовська І. М., Ткач А. Ф. Продуктивність сої залежно від її частки в сівозміні та системи удобрення в умовах Північного Степу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка.* 2023. 1 (38). 26–32. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.4

10. Мізерник Д. В.Сучасний стан та перспективи вирощування сої в Україні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Т. 76, № 1. 36–47. DOI: 10.32636/01308521.2024(76)1-4.

11. Огляд українського ринку сої – 2022/23. ShareUAPotential : вебсайт. URL: http://shareuapotential.com/ru/BE/ukrainian-soya-2023.html (дата звернення: 18.09.2023).

12. Сидякіна О. В., Іванів М. О. Продуктивність сортів сої різних груп стиглості залежно від густоти посіву за умов краплинного зрошення на півдні України. *Наукові горизонти*. 2023. Т. 26, № 11. 100–110. https://doi.org/ 10.48077/scihor11.2023.100

13. Собко М. Г., Бутенко А. О., Данильченко О. М. Агроекологічна адаптивність та придатність вирощування сої сортів різних груп стиглості. *Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2021. № 75. 89–95. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.17

14. Чорнолата Л. Кормова цінність протеїну та жиру насіння сої. Сучасне тваринництво : вебсайт. 2018. URL: https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/11332-kormova-tsinnist-proteinu-ta-zhyru-nasinnia-soi.html (дата звернення: 18.09.2023).

15. Legume Technology. Soya. URL: https://legumetechnology.co.uk/crop-type/soya (Last accessed: 18.09.2023).

16. USDA. Oilseeds: World Markets and Trade. Washington, DC : United States Department of Agriculture, 2026. May. (Last accessed: 18.09.2023).

17. Grigorchuk N. F. Ispolzovanie soi v voprose sovershenstvovaniya strukturyi posevnyih ploschadey. Feed and Feed Production. Vinnytsia, 2011. Vol. 69. P. 162–166.

18. Kirilesko O. L., Movchan K. I. Formuvannia vrozhainosti zernobobovykh kultur v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. Feed and Feed Production. Vinnytsia, 2016. Vol. 82. P. 127–132. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2016_82_24

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 635.21:631.526.32:631.529
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.8

ОЦІНКА ПРОЯВУ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК ІНТРОДУКОВАНИХ СОРТІВ КАРТОПЛІ В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Коваль В.С. *– завідувач лабораторії генетичних ресурсів,*
Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-2721-2463

У статті представлено результати трирічного оцінювання інтродукованих сортів картоплі різного еколого-географічного походження в умовах Полісся України. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розширення генетичної основи селекції та перевірки здатності нового матеріалу стабільно реалізовувати господарсько-цінні ознаки в цільовій зоні вирощування. Метою роботи було оцінювання рівня та стабільності прояву господарсько-цінних ознак інтродукованих сортів картоплі в умовах Полісся України.

Дослідження проводили у 2023–2025 рр. у розсаднику інтродукції Інституту картоплярства НААН. Матеріалом були сім сортів української та зарубіжної селекції різних груп стиглості: Burren, Юбиляр, Owacja, Мірамі, Джавеліна, Соборна та Irga. Для порівняння використовували сорти-стандарти Тирас, Скарбниця, Левада, Явір і Случ. Застосовували польові, лабораторні, вимірювально-вагові та статистичні методи. Оцінювали урожайність одного куща, кількість бульб, середню масу товарної бульби та вміст крохмалю; міжрічну мінливість характеризували коефіцієнтом варіації.

Установлено виражену диференціацію сортів за рівнем і стабільністю ознак та способом формування врожаю. Найвищу комплексну цінність мав сорт Irga, середня урожайність якого становила 977,0 г/кущ і на 72,4% перевищувала показник середньостиглого стандарту Явір. Сорт характеризувався багатобульбовим типом продуктивності та поєднував найбільшу кількість бульб із високим умістом крохмалю – 21,6% за коефіцієнта варіації 2,4%. Сорт Owacja вирізнявся стабільно високою урожайністю – 889,3 г/кущ за коефіцієнта варіації 5,9% – і найбільшою середньою масою товарної бульби – 110,5 г, що характеризує його як великобульбовий тип. Джавеліна становила інтерес за стабільністю середньої маси товарної бульби, а Юбиляр, Burren і Мірамі – за підвищеним умістом крохмалю.

За результатами комплексного оцінювання Irga та Owacja рекомендовано для включення до колекції генофонду як джерела поєднання господарсько-цінних ознак. Інші виділені сорти доцільно використовувати диференційовано: Джавеліна – у селекції на стабільну великобульбовість, Юбиляр, Burren і Мірамі – на підвищену крохмалистість.

Ключові слова: *картопля, інтродукція, урожайність, кількість бульб, маса товарної бульби, крохмаль.*

Koval V.S. Assessment of the manifestation of economically valuable traits of introduced potato varieties in the conditions of Polissya, Ukraine

The article presents the results of a three-year evaluation of introduced potato cultivars of different ecological and geographical origins under the conditions of the Ukrainian Polissia. The relevance of the study is determined by the need to broaden the genetic base of potato breeding and to assess the ability of newly introduced material to consistently express agronomically valuable traits in the target growing environment. The study aimed to evaluate the level and stability of agronomically valuable traits in introduced potato cultivars under the conditions of the Ukrainian Polissia.

The research was conducted in 2023–2025 in the introduction nursery of the Institute for Potato Research of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The study included seven Ukrainian and foreign potato cultivars belonging to different maturity groups: Burren, Yuviliar,

© Коваль В.С., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Owacja, Mirami, Dzhavelina, Soborna, and Irga. The standard cultivars Tiras, Skarbnytsia, Levada, Yavir, and Sluch were used for comparison. Field, laboratory, measurement, weighing, and statistical methods were applied. The cultivars were evaluated for yield per plant, number of tubers per plant, average marketable tuber weight, and starch content. Interannual variability was assessed using the coefficient of variation.

A pronounced differentiation among the cultivars was established in terms of trait expression, stability, and yield formation pattern. Irga demonstrated the highest overall value, with an average yield of 977.0 g per plant, exceeding the mid-season standard Yavir by 72.4%. The cultivar exhibited a high-tuber-number productivity type and combined the largest number of tubers with a high starch content of 21.6% and a coefficient of variation of 2.4%. Owacja was distinguished by a consistently high yield of 889.3 g per plant, with a coefficient of variation of 5.9%, and the highest average marketable tuber weight of 110.5 g, which characterised it as a large-tuber cultivar. Dzhavelina was of interest due to the stable expression of average marketable tuber weight, whereas Yuviliar, Burren, and Mirami were characterised by increased starch content.

Based on the comprehensive evaluation, Irga and Owacja were recommended for inclusion in the potato germplasm collection as sources combining several agronomically valuable traits. The other selected cultivars should be used according to their specific breeding value: Dzhavelina for breeding aimed at stable large-tuber formation, and Yuviliar, Burren, and Mirami for increased starch content.

Key words: *potato, introduction, yield, number of tubers, marketable tuber weight, starch.*

Актуальність теми дослідження. Розширення генетичної основи селекції картоплі потребує систематичного залучення сортів, селекційних ліній, місцевих форм, культурних і диких видів різного еколого-географічного походження. Вони є джерелами алелів, пов'язаних із продуктивністю, якістю бульб і стійкістю до біотичних та абіотичних чинників. Водночас у селекційних програмах використовується лише частина різноманіття роду *Solanum*, що визначає необхідність подальшої інтродукції, збереження та цільового оцінювання нового матеріалу [1, с. 52].

Господарська цінність інтродукованого сорту виявляється лише в конкретному середовищі. Високогетерозиготна автотетраплоїдна природа картоплі зумовлює складний характер успадкування ознак, пов'язаний із дозуванням алелів та їх взаємодією. Тому збереження генотипу за вегетативного розмноження не забезпечує незмінності його фенотипового прояву після перенесення до іншої ґрунтово-кліматичної зони [2, с. 347].

Урожайність, кількість і маса бульб та вміст крохмалю є полігенними ознаками, реалізація яких залежить від температури, вологозабезпечення і мінерального живлення. Окремі локуси можуть протилежно впливати на продуктивність і крохмалистість, тому високий урожай не завжди поєднується з поліпшенням якості бульб [3, с. 642]. Температурний стрес додатково змінює процес бульбоутворення через регуляцію сигналу StSP6A та перерозподіл асимілятів між органами рослини [4, с. 1615]. Отже, інтродукція має включати багаторічне оцінювання сортів у цільовій зоні використання.

Постановка проблеми. Селекція істотно впливає на підвищення продуктивності картоплі, однак темпи реалізованого генетичного прогресу залишаються нерівномірними. За результатами випробування 170 європейських сортів щорічний приріст урожайності становив близько 0,26–0,36%, тоді як прогрес за вмістом крохмалю був незначним або від'ємним [5, с. 311]. Це свідчить, що високий генетичний потенціал сорту не завжди реалізується одночасно за продуктивністю та якістю бульб.

Така закономірність зумовлена складною генетичною природою основних господарсько-цінних ознак. Урожайність, крохмалистість і структура врожаю контролюються численними локусами кількісних ознак, розміщеними на різних

хромосомах, причому окремі алелі можуть мати протилежний вплив на врожайність і накопичення крохмалю [3, с. 642]. Тому оцінювання сорту лише за одним показником не дає повної характеристики його селекційної цінності.

Реалізація генетичного потенціалу додатково залежить від взаємодії «генотип × середовище». Високий середній рівень ознаки не завжди поєднується з її стабільністю [6, с. 406], а сукупний внесок генотипу та його взаємодії із середовищем у мінливість урожайності й показників якості може становити 49,71–91,28% [7, с. 737]. Це обмежує можливість перенесення результатів сортовивчення з однієї екологічної зони до іншої.

Тому робота з інтродукованим матеріалом має включати адаптивне вирощування, під час якого визначають норму реакції генотипу на ґрунтово-кліматичні умови цільової зони. Під час оцінювання 59 інтродукованих зразків у Поліссі України високою урожайністю вирізнялися сорти Mia, Madeleine, Connect і Harmonia, проте стабільність ознаки мала сортоспецифічний характер. За попередніх досліджень в умовах Полісся України встановлено значну диференціацію інтродукованих сортів за урожайністю та стабільністю її прояву. Зокрема, під час оцінювання 59 зразків у 2019–2021 рр. високою урожайністю характеризувалися сорти Mia, Madeleine, Connect і Harmonia, однак рівень міжрічної мінливості був сортоспецифічним [8, с. 9].

Актуальність такого оцінювання посилюється мінливістю гідротермічного режиму Полісся. У Центральному Поліссі сезонні посухи спричиняли зниження урожайності картоплі на 65–67% і маси бульб на 17–37% [9, с. 33]. За таких умов селекційну перевагу мають генотипи, здатні поєднувати високий рівень ознак із їх повторюваним проявом у контрастні роки.

Невирішеним залишається питання, які інтродуковані сорти нового надходження поєднують високу урожайність, оптимальну структуру врожаю та стабільний уміст крохмалю в умовах Полісся України. Це зумовлює необхідність їх багаторічного порівняльного оцінювання зі стандартами відповідних груп стиглості та диференціації за напрямами подальшого селекційного використання.

Метою роботи є оцінювання рівня та стабільності прояву господарсько-цінних ознак інтродукованих сортів картоплі в умовах Полісся України.

Методика досліджень. Дослідження проводили у 2023–2025 рр. на базі лабораторії генетичних ресурсів Інституту картоплярства НААН у зоні Полісся України. Матеріалом були сім інтродукованих сортів картоплі української та зарубіжної селекції різних груп стиглості: Burren, Юбиляр, Owacja, Мірамі, Джавеліна, Соборна та Irga. Для порівняння використовували сорти-стандарти: ранньостиглі Тирас і Скарбниця, середньоранній Левада, середньостиглий Явір та середньопізній Случ.

Ґрунт дослідної ділянки містив 0,85–1,50% гумусу, мав кислу реакцію – pH 4,4–5,4. У 100 г сухого ґрунту містилося 1,3–6,4 мг рухомого азоту, 3,6–16,5 мг фосфору та 4,7–8,6 мг калію.

Польові й лабораторні дослідження виконували відповідно до загальноприйнятої методики дослідної справи в картоплярстві [10]. Інтродуковані сорти вивчали методом накладання, за якого для закладання досліду в кожному наступному році використовували насіннєві бульби, одержані з урожаю попереднього року в тих самих ґрунтово-кліматичних умовах. Такий підхід забезпечив послідовне трирічне оцінювання рівня та повторюваності прояву господарсько-цінних ознак за мінливих умов вегетаційних періодів.

Упродовж вегетації фіксували основні фенологічні фази та прояв вірусних, грибних і бактеріальних хвороб. Урожайність і структуру врожаю визначали під

час збирання ваговим методом із підрахунком кількості бульб. Уміст крохмалю встановлювали за питомою масою бульб методом зважування у воді та повітрі на вагах ВЛК-500.

Результати досліджень. Погодні умови 2023–2025 рр. були контрастними за температурним режимом і розподілом опадів. У 2023 р. середньомісячна температура повітря у квітні-серпні змінювалася від 9,6 до 23,8 °С; майже бездощовий травень чергувався з підвищеним зволоженням у червні-липні. У 2024 р. середня температура вегетаційного періоду була на 1,5 °С вищою, ніж у 2023 р., із максимумом у липні – 24,3 °С. Основна кількість опадів припала на червень, тоді як у травні та серпні спостерігався їх дефіцит.

У 2025 р. середній гідротермічний коефіцієнт становив 1,01, однак рівномірного зволоження впродовж вегетації не було. Квітень забезпечив прийнятні умови для садіння і проростання бульб, травень був прохолодним і перезволоженим. Дефіцит опадів у червні припав на початок бульбоутворення, тоді як теплий і вологий липень сприяв росту бульб та одночасно посилив фітопатогенне навантаження. У серпні сформувалася гостра посуха – гідротермічний коефіцієнт знизився до 0,03, що прискорило відмирання бадилля та скоротило період наливу бульб.

Контрастність років безпосередньо позначалася на структурі врожаю. Урожайність картоплі є результатом поєднання кількості бульб та їх середньої маси – полігенно контрольованих ознак, чутливих до температури, вологозабезпечення і фітопатогенного тиску на різних етапах онтогенезу. Тому трирічне випробування дало змогу оцінити не лише потенційну продуктивність інтродукованих сортів, а й повторюваність її прояву за різного поєднання чинників середовища. За рівнем продуктивності й характером міжрічної мінливості інтродуковані сорти диференційовано на високопродуктивний, стабільно високопродуктивний, стабільно середньопродуктивний і низькопродуктивний типи.

Найвищий продуктивний потенціал реалізував сорт Irga, середня урожайність якого становила 977,0 г/кущ і перевищувала середньостиглий стандарт Явір на 410,4 г/кущ (табл. 1).

Коефіцієнт варіації 13,3% свідчив про помірну залежність ознаки від умов року, яка не перешкоджала формуванню стабільно високого рівня врожаю. Отже, Irga доцільно віднести до високопродуктивного типу з вираженим потенціалом реалізації ознаки в умовах Полісся України.

Сорт Owacja формував у середньому 889,3 г/кущ і перевищував ранні стандарти Тирас та Скарбниця більш як на 160 г/кущ. За коефіцієнта варіації 5,9% високий рівень урожайності поєднувався зі стабільністю його прояву. Сорти Джавеліна, Соборна та Burren також мали низьку міжрічну мінливість – 5,1–6,3%, проте їх середня урожайність не перевищувала 525 г/кущ. Отже, стабільність цих сортів не супроводжувалася достатньо високим абсолютним рівнем продуктивності. Юбиляр і Мірамі, урожайність яких становила відповідно 483,3 і 445,2 г/кущ, поступалися раннім стандартам.

Таким чином, Irga доцільно характеризувати як сорт із максимальним рівнем продуктивності, а Owacja – як стабільно високопродуктивний генотип. Інші сорти належали переважно до стабільного середньопродуктивного або низькопродуктивного типу.

Аналіз структури врожаю показав, що висока продуктивність Irga та Owacja формувалася різними шляхами. Сорт Irga утворював у середньому 13,7 бульби на кущ, що було найвищим показником серед інтродукованого матеріалу. Водночас

Таблиця 1

Вивчення інтродукованого матеріалу третього року надходження (2023–2025 рр.)

Назва сорту	Група стиглості	Урожайність, г/кущ			Кількість бульб, шт./ кущ.			Маса товарної бульби, г			Вміст крохмалю в бульбах, %		
		2025 р.	сер. (2023–2025 рр.)	V, %	2025 р.	сер. (2023–2025 рр.)	V, %	2025 р.	сер. (2023–2025 рр.)	V, %	2025 р.	сер. (2023–2025 рр.)	V, %
Burren	р[2]	577,8	524,9	6,3	9,9	8,0	8,1	66,2	76,5	15,1	14,5	17,8	15,3
Юбиляр	р[2]	388,9	483,3	12,4	5,5	7,7	7,5	97,0	82,5	18,3	20,5	18,6	12,6
Owacja	р[2]	855,6	889,3	5,9	11,5	10,3	8,4	84,9	110,5	26,2	13,1	14,2	9,5
Мірамі	р[2]	344,4	445,2	11,9	6,2	6,3	5,1	71,8	81,3	19,1	15,0	16,1	8,3
Джавеліна	с/с[4]	502,2	514,3	5,1	6,5	8,0	12,3	81,5	82,8	6,3	15,12	14,2	10,4
Соборна	с/с[4]	527,8	507,2	5,5	11,2	9,5	11,8	64,1	75,4	20,4	15,3	14,9	3,5
Irga	с/с	1055,6	977,0	13,3	18,7	13,7	24,1	52,9	87,8	32,6	21,5	21,6	2,4
Ст. Тирас	р	850,0	726,2	14,6	12,9	11,0	9,4	55,9	71,2	31,0	13,2	13,8	4,1
Ст. Скарбниця	р	961,1	726,8	24,8	13,2	10,7	17,2	59,3	68,1	12,8	12,5	13,6	7,3
Ст. Левада	с/р	692,9	506,4	22,7	9,3	7,8	21,4	70,6	69,7	11,5	15,7	16,4	7,8
Ст. Явір	с/с	750,0	566,6	23,4	11,3	9,1	19,7	63,8	65,0	5,7	16,1	17,1	10,2
Ст. Случ	с/п	325,0	370,8	6,9	7,3	7,4	5,2	63,9	69,1	6,2	17,2	15,3	19,1
Hip 0,5		14,6				0,76		4,9			1,23		

коефіцієнт варіації кількості бульб становив 24,1%, а їх середньої маси – 32,6%. Це свідчить про пластичну структуру врожаю: співвідношення кількості та крупності бульб істотно змінювалося залежно від умов року, проте загальна продуктивність залишалася високою. Отже, Irga належить до багатобульбового типу з мінливою структурою врожаю.

Сорт Owacja формував помірну й відносно стабільну кількість бульб – 10,3 шт./кущ за коефіцієнтом варіації 8,4%, але вирізнявся найбільшою середньою масою товарної бульби – 110,5 г. Крупність бульб була мінливішою, ніж їх кількість, що вказує на залежність інтенсивності наливу від погодних умов. Тому Owacja доцільно віднести до великобульбового типу зі стабільною основою бульбоутворення.

Сорт Джавеліна поступався Owacja за середньою масою товарної бульби, проте характеризувався найстабільнішим проявом цієї ознаки 82,8 г за коефіцієнтом варіації 6,3%. У Юбиляр і Мірамі відносно велика маса бульби – понад 80 г – не компенсувала їх невисокої кількості, яка становила відповідно 7,7 і 6,3 шт./кущ. Основним селекційним обмеженням цих сортів є недостатня інтенсивність бульбоутворення.

Отже, за структурою продуктивності Irga є джерелом багатобульбовості, Owacja – великобульбовості, а Джавеліна – стабільного прояву середньої маси товарної бульби.

За вмістом крохмалю найціннішим був сорт Irga, який поєднував найвищий середній показник –21,6% з мінімальною міжрічною мінливістю – 2,4%. Це свідчить про відсутність вираженого протиріччя між високою урожайністю та накопиченням крохмалю і дає підстави розглядати сорт як комплексне джерело продуктивності та якості бульб.

Підвищеною крохмалистістю також характеризувалися Юбиляр – 18,6%, Burren – 17,8% і Мірамі – 16,1%. Однак нижча урожайність обмежує можливість їх комплексного використання, тому ці сорти становлять інтерес передусім як джерела окремої біохімічної ознаки. Сорт Соборна мав невисоку мінливість крохмалистості – 3,5%, але середній рівень її прояву становив лише 14,9%. Owacj за вмістом крохмалю – 14,2% не мав вираженої переваги над стандартами, тому його основна селекційна цінність пов'язана з урожайністю та великобульбовістю.

Таким чином, за крохмалистістю Irga поєднував високий рівень ознаки з її стабільністю, тоді як Юбиляр, Burren і Мірамі можуть використовуватися як спеціалізовані джерела підвищеного вмісту крохмалю.

Комплексний аналіз дав змогу розмежувати абсолютний рівень ознак, їх міжрічну стабільність і спосіб формування врожаю. Сорт Irga належить до високопродуктивного багатобульбового типу зі стабільно високою крохмалистістю. Owacja є стабільно високопродуктивним великобульбовим сортом. Обидва генотипи доцільно рекомендувати для включення до колекції генофонду за комплексом господарсько-цінних ознак. Джавеліна становить інтерес як джерело стабільної маси товарної бульби, а Юбиляр, Burren і Мірамі – як джерела підвищеної крохмалистості.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Установлено, що селекційна цінність інтродукованих сортів визначається поєднанням рівня ознак, їх міжрічної стабільності та способу формування врожаю. За цими критеріями виділено дві моделі високої продуктивності: багатобульбову у сорту Irga та великобульбову зі стабільнішим проявом урожайності у Owacja.

Irga доцільно використовувати як комплексне джерело високої продуктивності, багатобульбовості та підвищеної крохмалистості, а Owacja – як джерело

стабільної урожайності й великобульбовості. Джавеліна становить інтерес за стабільністю маси товарної бульби, тоді як Юбиляр, Burren і Мірамі – за підвищеним умістом крохмалю.

Отримані результати обґрунтовують диференційоване залучення сортів до колекції генофонду та селекційних програм відповідно до їх комплексних або спеціалізованих переваг. Подальші дослідження доцільно спрямувати на багатоекологічне випробування виділених генотипів для уточнення широти їх норми реакції та стабільності господарсько-цінних ознак.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bradshaw J. E., Bryan G. J., Ramsay G. Genetic resources (including wild and cultivated Solanum species) and progress in their utilisation in potato breeding. *Potato Research*. 2006. Vol. 49, № 1. P. 49–65. DOI: 10.1007/s11540-006-9002-5.

2. Sun H., Jiao W. B., Krause K. et al. Chromosome-scale and haplotype-resolved genome assembly of a tetraploid potato cultivar. *Nature Genetics*. 2022. Vol. 54, № 3. P. 342–348. DOI: 10.1038/s41588-022-01015-0.

3. Schönhals E. M., Ding J. Physical mapping of QTL for tuber yield, starch content and starch yield in tetraploid potato (Solanum tuberosum L.) by means of genome wide genotyping by sequencing and the 8.3 K SolCAP SNP array. *BMC Genomics*. 2017. Vol. 18, №1. P. 642. DOI: 10.1186/s12864-017-3979-9.

4. Lehretz G. G., Sonnewald S., Hornyik C. et al. Post-transcriptional regulation of FLOWERING LOCUS T modulates heat-dependent source-sink development in potato. *Current Biology*. 2019. Vol. 29, № 10. P. 1614–1624. DOI: 10.1016/j.cub.2019.04.027.

5. Ortiz R., Reslow F., Cuevas J., Crossa J. Genetic gains in potato breeding as measured by field testing of cultivars released during the last 200 years in the Nordic Region of Europe. *The Journal of Agricultural Science*. 2022. Vol. 160, №. 5. P. 310–316. DOI: 10.1017/S002185962200034X.

6. Flis B., Domański L., Zimnoch-Guzowska E. et al. Stability analysis of agronomic traits in potato cultivars of different origin. *American Journal of Potato Research*. 2014. Vol. 91, № 4. P. 404–413. DOI: 10.1007/s12230-013-9364-6.

7. Zhou B., Yuan J., Liang L. et al. Genotype × environment interactions for potato yield and quality traits. *BMC Plant Biology. 2025*. Vol. 25, № 1. P. 737. DOI: 10.1186/s12870-025-06741-1.

8. Коваль В. С. Адаптивна здатність інтродукованих зразків картоплі за врожаєм в умовах Полісся України. *Генетичні ресурси рослин*. 2022. № 31. С. 8–19. DOI: 10.36814/pgr.2022.31.01.

9. Писаренко Н. В., Фурдига М. М., Олійник Т. М., Захарчук Н. А., Гордієнко В. В. Реакції сортів картоплі на сезонні посухи за господарськи цінними ознаками та проявом фізіологічно дефектних бульб. *Вісник аграрної науки*. 2024. Т. 102, № 6. С. 30–38. DOI: 10.31073/agrovisnyk202406-04.

10. Картоплярство: методика дослідної справи / А. А. Бондарчук та ін.; за ред. А. А. Бондарчука, В. А. Колтунова. Вінниця: ТВОРИ, 2019. 651 с.

Дата першого надходження статті до видання: 01.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.111:631.559:631.576.3(477-292.485)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.9

ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ ТА ПІДЖИВЛЕННЯ ПОСІВІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ВИХІД КОНДИЦІЙНОГО НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ

Копелець Б.В. *– аспірант кафедри селекції, насінництва і генетики,*
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0001-8957-3141
Коваль Д.О. *– аспірант кафедри селекції, насінництва і генетики,*
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0002-3514-463x
Кулик М.І. – *д.с.-г.н.,*
професор кафедри селекції, насінництва і генетики,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-0394-5846
Цюркало М.М. – *студент ІІ курсу магістратури,*
Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології
Полтавського державного аграрного університету
orcid.org/0009-0003-1715-8824

З метою комплексної оцінки впливу погодних умов та підживлення посівів на урожайність та вихід кондиційного насіння пшениці озимої м'якої в контрастних гідротермічних умовах центрального Лісостепу України було проведено експеримент. Протягом 2023–2025 років в умовах агровиробничого підприємства було досліджено сорт пшениці озимої Богдана. Польові досліди проводили у чотириразовій повторності на ділянках площею 50 м². Згідно відповідних методик визначали врожайність та вихід кондиційного насіння пшениці озимої залежно від застосування системи підживлення: вар. 1 – контроль (без застосування мінеральних добрив та мікроелементів), вар. 2 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри, вар. 3 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри, вар. 4 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку, вар. 5 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку, вар. 6 – умовний контроль (без застосування мінеральних добрив) з внесенням мікроелементів, вар. 7 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 8 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 9 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами, вар. 10 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно з хелатним препаратом і мікроелементами.

За роками досліджень доведено, що застосування комплексного мінерального підживлення насіннєвих посівів пшениці озимої: внесення навесні по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами дозволяє суттєво збільшити врожайність насіння пшениці озимої в розрізі років – від 1,8 до 5,6 т/га (у середньому за три роки до 4,6 т/га) та підвищити його вихід – від 42,5 до 86,0 % (у середньому до 82,7 %). ***Висновки.*** *Встановлено, що погодні умови весняно-літньої вегетації мають вплив на рівень врожайності та вихід кондиційного насіння пшениці озимої. За ГТК на рівні 1,0, або близьким до одиниці вони будуть більшими, а при ГТК менше 0,5 – суттєво нижчими. Визначено, що частково нівелювати негативний вплив погоди та збільшити врожайність (до 4,6 т/га) та вихід кондиційного насіння (до 82,7 %) можливо*

© Копелець Б.В., Коваль Д.О., Кулик М.І., Цюркало М.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

за рахунок внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку з умістом 30,0 % загального азоту та хелатного мінерального препарату з умістом 18,0 % загального азоту разом з мікроелементами: сірка, бор, мідь, залізо, марганець, молібден і цинк.

Ключові слова: *пшениця озима, гідротермічні умови, підживлення посівів, урожайність, відсоток кондиційності насіння.*

Kopelets B.V., Koval D.O., Kulyk M.I., Tsyrkalo M.M. Influence of weather conditions and fertilization of cultivation on the yield and the output of soft winter wheat seed

The aim of the study was to comprehensively assess the influence of weather conditions and crop fertilisation on the yield and the output of conditioned seed of soft winter wheat under the contrasting hydrothermal conditions in the Central Forest-Steppe of Ukraine. The experiment was conducted during 2023–2025 at an agricultural enterprise to study the winter wheat variety Bohdana. The field experiments were conducted in four replications on the plots measuring 50 m². In accordance with the established methods, the yield and the output of conditioned winter wheat seed were determined depending on the fertilisation system applied: variant 1 – control (without the application of mineral fertilisers or micronutrients), variant 2 – application of ammonium nitrate to thawed soil, variant 3 – application of ammonium nitrate to thawed soil and during the tillering stage, variant 4 – application of ammonium nitrate on thawed soil and during the tillering stage and urea during the stem elongation stage, variant 5 – application of ammonium nitrate on thawed soil and during the tillering stage and urea-ammonium nitrate (UAN) during the stem elongation stage, variant 6 – control treatment (without mineral fertilisers) with the application of micronutrients; variant 7 – application of ammonium nitrate in combination with micronutrients to thawed soil; variant 8 – application of ammonium nitrate together with micronutrients on thawed soil and during the tillering stage; variant 9 – application of ammonium nitrate on thawed soil and during the tillering stage and application of urea during the stem elongation stage in combination with micronutrients; variant 10 – application of ammonium nitrate on thawed soil and during the tillering stage and application of urea-ammonium nitrate (UAN) during the stem elongation stage in combination with a chelated preparation and micronutrients. The results received over the years of the study demonstrated that the application of a comprehensive mineral fertilization system to winter wheat seed crops: namely, ammonium nitrate applied in spring to thawed soil and during the tillering stage followed by urea-ammonium nitrate (UAN) application during the stem elongation stage in combination with micronutrients, significantly increases winter wheat seed yield ranging from 1.8 to 5.6 t/ha (averaging 4.6 t/ha over three years) and increases seed output from 42.5 to 86.0 per cent (averaging 82.7 per cent). ***Conclusions.*** *It was established that the weather conditions during the spring–summer growing period influence the yield level and the output of conditioned winter wheat seed. At a hydrothermal coefficient (HTC) of 1.0 or close to one, both parameters are higher, whereas at an HTC below 0.5, they are significantly lower. It was determined that the negative influence of weather conditions can be partially mitigated and seed yield (up to 4.6 t/ha) and the output of conditioned seed (up to 82.7%) can be increased by applying ammonium nitrate to thawed soil and during the tillering stage, followed by urea-ammonium nitrate application during the stem elongation stage, containing 30.0% total nitrogen in combination with a chelated mineral preparation containing 18.0% total nitrogen and micronutrients: sulfur, boron, copper, iron, manganese, molybdenum and zinc.*

Key words: *winter wheat; hydrothermal conditions; crop fertilisation; yield; percentage of conditioned seed.*

Постановка проблеми. В сьогоденних реаліях, сталий розвиток аграрно-промислового комплексу нашої країни, нарощування її експортної спроможності потребує збільшення обсягів виробництва продукції зернових, в т.ч. і пшениці озимої м'якої *(Triticum aestivum L.)* [1]. Адже, пшениця озима в Україні за посівними площами займає лідируючі місця з-поміж інших агрокультур та є основою продовольчої безпеки [2, 3]. Тому, поряд із збільшенням обсягів виробництва зерна пшениці озимої, забезпечення товаровиробників якісним насінням також має актуальне значення. Адже, сортооновлення та сортозаміна сприяють отриманню стабільних врожаїв зерна цієї культури.

Формування високих урожаїв високоякісного насіння пшениці озимої є результатом взаємодії генотипу та комплексу зовнішніх чинників. З-поміж яких, погодні умови (температурний режим, кількість та розподіл опадів, відносна вологість повітря) відіграють вирішальну роль, часто нівелюючи позитивний ефект навіть від застосування найсучасніших агротехнологічних заходів. На відміну від товарного агровиробництва, насінництво потребує отримання високого врожаю кондиційного насіння різних сортів пшениці, вирівняного, біологічно повноцінного з високими показниками якості [4, 5]. Водночас, сучасні тенденції зміни клімату, які характеризуються підвищенням середньорічних температур та збільшенням частоти екстремальних погодних явищ протягом вегетаційного періоду зернових культур, створюють суттєві ризики для стабільного функціонування як товарного виробництва, так насінницької галузі України [6].

Тому, для нівелювання негативного впливу погодних умов на насіннєву продуктивність пшениці озимої за вивчення впливу умов вирощування на урожайність та вихід кондиційного насіння пшениці озимої м'якої є актуальним питання насьогодні. Вирішенню окреслених питань і присвячена дана публікація.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень авторів переконливо доводять, що глобальні зміни клімату (зростання середньорічних температур, тривалі повітряні й ґрунтові посухи, зміщення періодів відновлення вегетації) потребують нового підходу до вирощування як продовольчого зерна, так і якісного насіння пшениці озимої. Що передбачає: біологізацію агротехнології та удосконаленні елементів технології вирощування пшениці озимої з урахуванням впливу погодних умов вегетаційного періоду [7–9].

Початковий етап онтогенезу пшениці озимої (сходи, кущіння) закладає потенціал майбутньої насіннєвої продуктивності. Наукові дослідження доводять, що дефіцит вологи у верхньому шарі ґрунту під час осінньої сівби затримує появу сходів та обмежує осіннє кущіння, що призводить до формування зріджених посівів із нерівномірним розвитком стеблостою [10, 11]. Поряд з цим, О.Ю. Гордина стверджує, що застосування для передпосівної обробки насіння пшениці м'якої озимої захисно-стимулюючих препаратів дозволяє підвищити показники польової схожості насіння, густоти рослин, вмісту цукрів у вузлі кущення, зимостійкості, а також обмежити розвиток у посівах збудників небезпечних хвороб [12].

Важливим чинником для вегетації пшениці є температурний режим пізньої осені. За умов тривалого теплого періоду рослини переростають, що знижує їхню зимостійкість та створює умови для ураження сніговою пліснявою та борошнистою росою, що в подальшому негативно позначається на вирівняності насіннєвого матеріалу. Проте помірні мінусові температури за відсутності снігового покриву або різкі перепади температур у зимово-весняний період («льодова кірка», випирання вузла кущіння) травмують головні пагони, змушуючи рослину навесні компенсувати втрати за рахунок пізнього підгону, який формує дрібне, некондиційне насіння [13, 14].

Температурний режим та кількість опадів весняно-літнього вегетаційного періоду також має вплив на формування врожайності та якості зерна пшениці озимої [15–17].

Поряд з цим, ряд авторів стверджує, що крупність та фракційний склад насіння залежали як від біологічних властивостей, сортових особливостей, так і від технології вирощування пшениці озимої [18, 19].

В агротехнології вирощування пшениці важливим є застосування добрив для стабільного надходження основних елементів живлення до рослини. Аналітичний

огляд літератури підтверджує, що висока потреба в азоті пшениці посилює накопичення білка в зерні, що впливає як на споживчі якості, так і на якість насіння. При цьому визначено, що вологість ґрунту впливає як на азотне живлення через свій вплив на поглинання азоту, та і на процеси мінералізації та втрати через вимивання, денітрифікацію та випаровування, що в кінцевому результаті впливає на продуктивність та якість пшениці [20, 21].

У наукових публікаціях науковців акцентована увага і на впливу попередників та строків сівби на волого- та фосфорзабезпечення для формування високої продуктивності пшениці озимої [22].

Згідно з даними тривалих стаціонарних дослідів, найвищі посівні якості насіння (енергія проростання до 94–96 %, лабораторна схожість 97–98 % та маса 1000 насінин понад 43–45 г) формуються за сівби по сидеральних та чорних парах. Це забезпечує оптимальний розвиток зародка та формування насіннєвої продуктивності культури [23].

Сучасні автори (зокрема, за аналізом вирощування) зазначають, що у Лісостеповій зоні за сівби пшениці озимої після сої або озимого ріпаку досягаються стабільно високі результати. Водночас соняшник та кукурудза на силос/зерно визнані найгіршими попередниками для насіннєвих посівів: вони суттєво знижують вихід кондиційного насіння (іноді до 71–74 %) через сильне висушування кореневмісного шару ґрунту та накопичення спільних інфекційних патогенів [24, 25].

Як зазначається в узагальнених оглядах світового та вітчизняного досвіду, строки сівби є важливим чинником, що впливає на тривалість періоду осінньої вегетації пшениці, здатність до кущення та накопичення запасних речовин. Оптимальний строк сівби дозволяє рослинам пшениці сформувати більш продуктивний стеблостій порівняно з ранніми чи пізніми. Це гарантує однорідність і вирівняність насіннєвого матеріалу за розміром та вагою. Пізні строки зміщують налив зерна на період літньої спеки, формуючи недорозвинений зародок [26].

Доведено, що надмірне загущення посівів (понад 5,0–5,5 млн схожих насінин/га) посилює внутрішньовидову конкуренцію фітоценозів пшениці. Це веде до зменшення довжини колоса та формування дрібної фракції насіння, хоча загальна врожайність зерна може залишатися високою. Для отримання більш крупного насіння з високою силою росту рекомендовано застосовувати оптимальні норми висіву насіння [27].

Мета дослідження – комплексна оцінка впливу погодних умов та підживлення посівів на урожайність та вихід кондиційного насіння пшениці озимої м'якої в контрастних гідротермічних умовах центрального Лісостепу України.

Постановка завдання. Польові дослідження, відповідно методики дослідної справи в агрономії [28, 29] проведені в умовах ФГ «Покрова-2006» Полтавського району. Місце проведення досліджень відноситься до Лівобережного Лісостепу центральної частини його, Ґрунти господарства – чорноземи типові, середньо-гумусні.

Місце проведення досліджень характеризується недостатнім рівнем зволоження, з посухами в окремі періоди осені та протягом весняно-літньої вегетації пшениці озимої (рис. 1–2).

За температурним чинником виокремлено увесь весняно-літній період 2024 року та квітень і липень 2025 року, які відзначалися підвищеними температурами порівняно із середньобагаторічними. Що стосується 2023 року, то температурний режим в цей період був близьким до середніх показників.

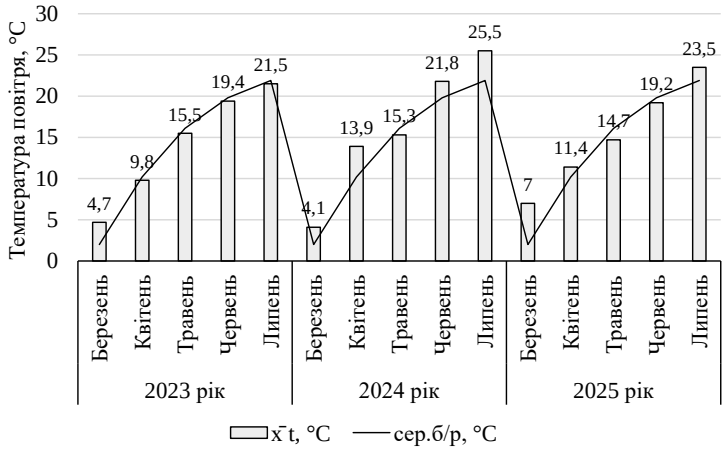


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря за весняно літню вегетацію пшениці озимої, 2023–2025 рр.

Примітка: x̄ t − середньомісячна температура повітря, °С; сер. б/р – багаторічна середньомісячна температура повітря, °С.

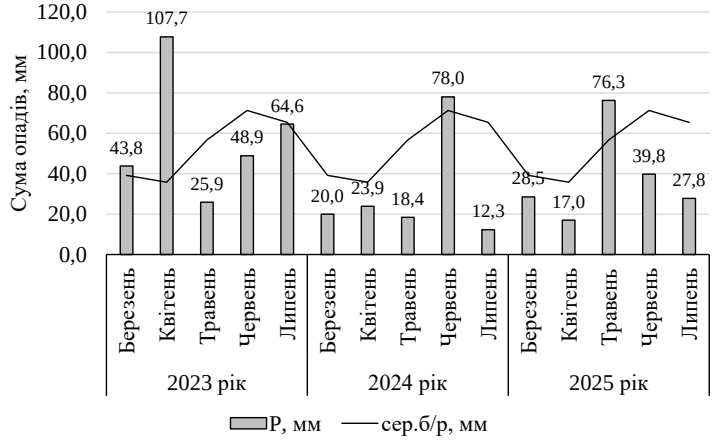


Рис. 2. Сума опадів за весняно літню вегетацію пшениці озимої, 2023–2025 рр.

Примітка: Р − середньомісячна ума опадів, мм; сер. б/р – багаторічна середньомісячна сума опадів, мм.

Весняно-літній період за атмосферними опадами у 2023 році характеризувався як сприятливим, з недостатнім зволоженням протягом окремих періодів травня і червня, у 2024 році – був посушливим протягом усього весняного періоду та липня місяця. У 2025 році сума опадів за березень і квітень та червень і липень була значно менша за середньо-багаторічних показників, водночас протягом травня було відмічене надмірне зволоження.

Визначено, що гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за весняно літню вегетації пшениці озимої місця проведення досліджень у 2023 році був на рівні 1,2, у 2024 році – 0,4, а для 2025 року становив 0,8 (рис. 3).

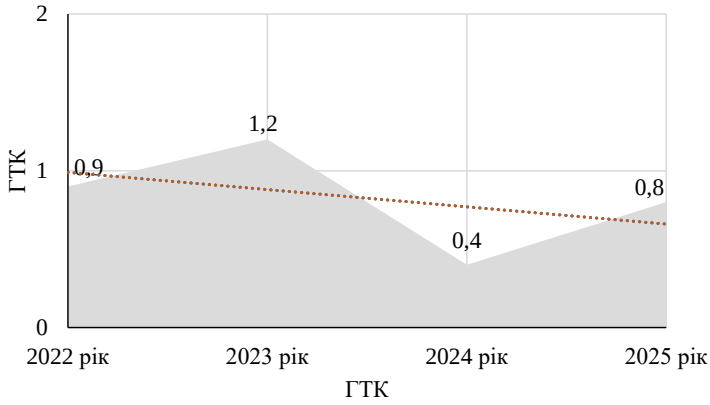


Рис. 3. ГТК за весняно-літній вегетаційний період пшениці озимої, 2023–2025 рр.
Примітка: ГТК – гідро-термічний коефіцієнт.

Польові дослідження було закладено в межах чотирьох повторень з рендомізованим розміщенням варіантів у досліді. Дослід – двофакторний, що поєднував вивчення фактору А (роки дослідження), та фактору Б (система підживлення): вар. 1 – контроль (без застосування мінеральних добрив та мікроелементів), вар. 2 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри, вар. 3 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри, вар. 4 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку, вар. 5 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку, вар. 6 – умовний контроль (без застосування мінеральних добрив) з внесенням мікроелементів, вар. 7 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 8 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 9 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами, вар. 10 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно хелатним препаратом із мікроелементами.

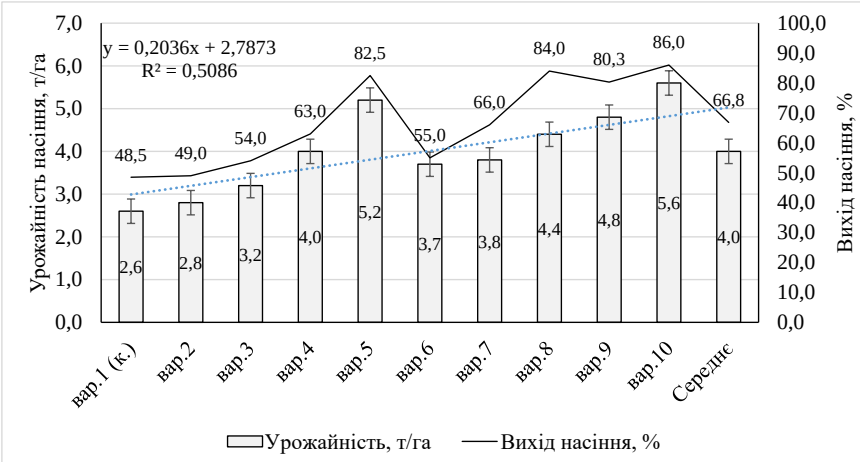
Технологія вирощування пшениці озимої в дослідах – загальноприйнята для регіону вирощування, окрім факторів й варіантів, що вивчалися [30, 31].

Внесенням в ґрунт азотного мінерального добрива з умістом 34,0 % загального азоту та комплексного позакореневого підживлення: рідкого добрива КАС – карбамідо-аміачна суміш з умістом 30,0 % загального азоту та хелатного мінерального препарату з умістом 18,0 % загального азоту разом з мікроелементами: сірка – 2,0 %, бор – 0,025 %, мідь – 0,01 %, залізо – 0,07 %, марганець – 0,04 %, молібден – 0,004 %, цинк – 0,025 % [32]. Мінеральні добрива та препарати застосовували окремо, або сумісно – шляхом кореневого або позакореневого підживлення посівів пшениці озимої у визначені фази росту й розвитку рослин відповідно схеми експерименту.

Збір врожаю здійснювали у фазі повної стиглості зерна – поділяночно із зважуванням та перерахунком на площу 1 га відповідно методики [33].

Статистично обробку отриманих даних проводили на персональному комп'ютері відповідно методик [34]. Також застосовували кореляційно-регресійний аналіз та відображення даних у графіках.

Результати досліджень. В умовах 2023 року, що за погодними умовами весняно-літньої періоду характеризувався як сприятливий для вегетації пшениці озимої, варіювання врожайності насіння становило – від 2,6 до 5,6 т/га, а вихід насіння – від 48,5 до 86,0 %, а їх взаємодія описується рівнянням регресії $y = 0{,}2036\,x + 2{,}7873$ (рис. 4).



$НІР_{05}$ (урожайність насіння, т/га) 0,06, $НІР_{05}$ (вихід насіння, %) 1,25.

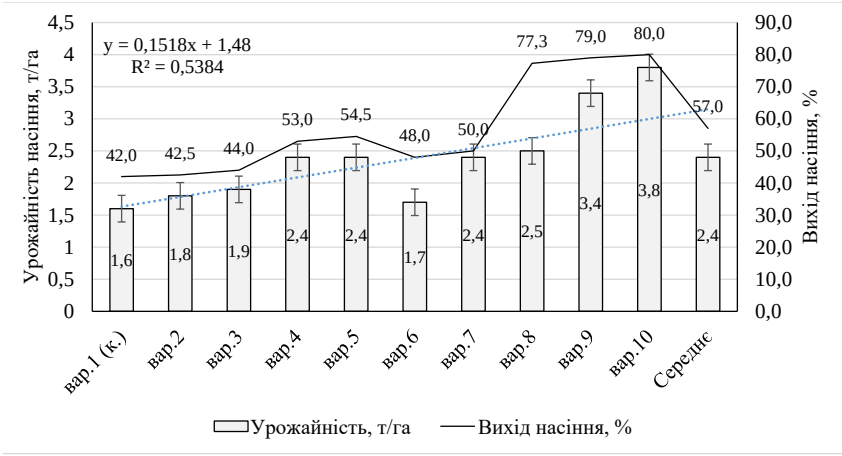
Рис. 4. Урожайність та вихід кондиційного насіння пшениці озимої залежно від підживлення посівів, 2023 р.

Примітка: вар. 1 (к.) – без застосування мінеральних добрив та мікроелементів (контроль), вар. 2 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри, вар. 3 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри, вар. 4 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку, вар. 5 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку, вар. 6 – умовний контроль (без застосування мінеральних добрив) з внесенням мікроелементів, вар. 7 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 8 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 9 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами, вар. 10 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно хелатним препаратом із мікроелементами.

Встановлено, що порівняно з контролем та умовним контролем істотна прибавка врожаю насіння була на варіанті 5 за внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння пшениці аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку, та на варіанті 10 – при внесенні по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами. Це дає прибавку врожаю насіння відповідно варіантів досліду на 2,6 і 1,9 т/га та його вихід – 82,5 і 86,0 %.

У більш посушливий період весняно-літньої вегетації пшениці у 2024 році отримали меншу врожайність та вихід насіння у порівнянні з іншими роками. Відповідно показники змінювалися – від 1,6 до 3,8 т/га (урожайності насіння), та – від 42,0 до 80,0 % (вихід насіння), їх взаємодія описується рівнянням регресії $y = 0{,}1518\,x + 1{,}1480$ (рис. 5).

Визначено, що застосування по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння пшениці аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сприяє суттєвому зростанню врожайності насіння – на 0,8 т/га порівняно з контролем та на 0,7 т/га у порівнянні з умовним контролем. Більш істотне збільшення врожайності зафіксовано при



$НІР_{05}$ (урожайність насіння, т/га) 0,07, $НІР_{05}$ (вихід насіння, %) 2,24.

Рис. 5. Урожайність та вихід кондиційного насіння пшениці озимої залежно від підживлення посівів, 2024 р.

Примітка: вар. 1 (к.) – без застосування мінеральних добрив та мікроелементів (контроль), вар. 2 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри, вар. 3 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри, вар. 4 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку, вар. 5 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку, вар. 6 – умовний контроль (без застосування мінеральних добрив) з внесенням мікроелементів, вар. 7 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 8 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 9 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами, вар. 10 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно хелатним препаратом із мікроелементами.

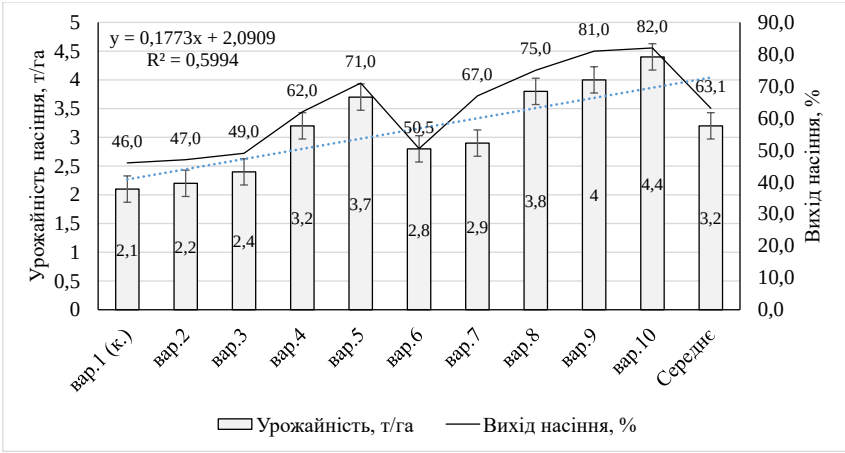
застосуванні по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами. Це дає прибавку врожаю до контролю 2,2 т/га, а до умовного контролю 2,1 т/га, за середнього врожаю насіння на цьому варіанті 3,8 т/га з виходом кондиційного насіння 80,0 %.

В умовах 2025 року, що за ГТК весняно-літньої періоду вегетації пшениці озимої був близьким до 0,8, варіювання урожайності насіння пшениці озимої за варіантами досліду становило – від 2,1 до 4,4 т/га, а вихід насіння – від 46,0 до 82,0 %, а їх взаємодія описується рівнянням регресії $y = 0,1773 x + 2,0909$ (рис. 6).

З-поміж варіантів дослідження найбільшу врожайність насіння отримали на варіантах комплексного підживлення посівів пшениці озимої: внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами. Це дає прибавку врожаю до контролю 2,3 т/га, а до умовного контролю – 1,6 т/га, за середнього врожаю насіння 4,4 т/га з виходом кондиційного насіння 82,0 %.

Застосування по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку пшениці озимої теж було ефективним: прибавка врожаю до контролю була 1,1 т/га, а до умовного контролю – 0,9 т/га, за середньої врожайності насіння 3,7 т/га та виходом кондиційного насіння 82,0 %.

За результатами трьохрічних досліджень визначено різний рівень врожайності насіння пшениці озимої залежно від року та системи підживлення посівів, що описується рівнянням $y = 0,1768 x + 2,1291$ (табл. 1, рис. 7).



$НІР_{05}$ (урожайність насіння, т/га) 0,03, $НІР_{05}$ (вихід насіння, %) 2,82.

Рис. 6. Урожайність та вихід кондиційного насіння пшениці озимої залежно від підживлення посівів, 2024 р.

Примітка: вар. 1 (к.) – без застосування мінеральних добрив та мікроелементів (контроль), вар. 2 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри, вар. 3 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри, вар. 4 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку, вар. 5 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку, вар. 6 – умовний контроль (без застосування мінеральних добрив) з внесенням мікроелементів, вар. 7 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 8 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 9 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами, вар. 10 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно хелатним препаратом із мікроелементами.

Таблиця 1

Урожайність (т/га) та вихід (%) кондиційного насіння пшениці озимої, 2023–2025 рр.

Система підживлення (фактор Б)	Рік (фактор А)						Середнє за варіантами	
	2023		2024		2025			
	урожайність, т/га	вихід насіння, %	урожайність, т/га	вихід насіння, %	урожайність, т/га	вихід насіння, %	урожайність, т/га	вихід насіння, %
вар. 1 (контр.)	2,6	48,5	1,6	42,0	2,1	46,0	2,1	45,5
вар. 2	2,8	49,0	1,8	42,5	2,2	47,0	2,3	46,2
вар. 3	3,2	54,0	1,9	44,0	2,4	49,0	2,5	49,0
вар. 4	4,0	63,0	2,4	53,0	3,2	62,0	3,2	59,3
вар. 5	5,2	82,5	2,4	54,5	3,7	71,0	3,8	69,3
вар. 6	3,7	55,0	1,7	48,0	2,8	50,5	2,7	51,2
вар. 7	3,8	66,0	2,4	50,0	2,9	67,0	3,0	61,0
вар. 8	4,4	84,0	2,5	77,3	3,8	75,0	3,6	78,8
вар. 9	4,8	80,3	3,4	79,0	4,0	81,0	4,1	80,1
вар. 10	5,6	86,0	3,8	80,0	4,4	82,0	4,6	82,7
Середнє	4,0	66,8	2,4	57,0	3,2	63,1	3,2	62,3
$НІР_{05}$ (фактор А)							0,39	1,12
$НІР_{05}$ (фактор Б)							0,23	1,35
$НІР_{05}$ (фактор А і Б)							0,18	0,72

У середньому за три роки виокремлено варіант п’ятий, що поєднує внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри разом з КАС у фазу виходу в трубку й забезпечує суттєве зростання врожайності насіння пшениці у порівнянні з контролем на 1,7 т/га.

Визначено, що застосування лише мікроелементів у порівнянні з варіантами внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри сумісно з мікроелементами не сприяє зростанню урожайності насіння, окрім посушливого 2024 року, у якому зафіксовано приріст врожаю на 0,7 т/га.

З-поміж варіантів підживлення, найбільша врожайність насіння досягається при комплексному застосування добрив: внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами. Це дає суттєву прибавку врожаю до умовного контролю в середньому за роки дослідження –до 1,9 т/га, за середнього врожаю насіння за роки на рівні 4,6 т/га.

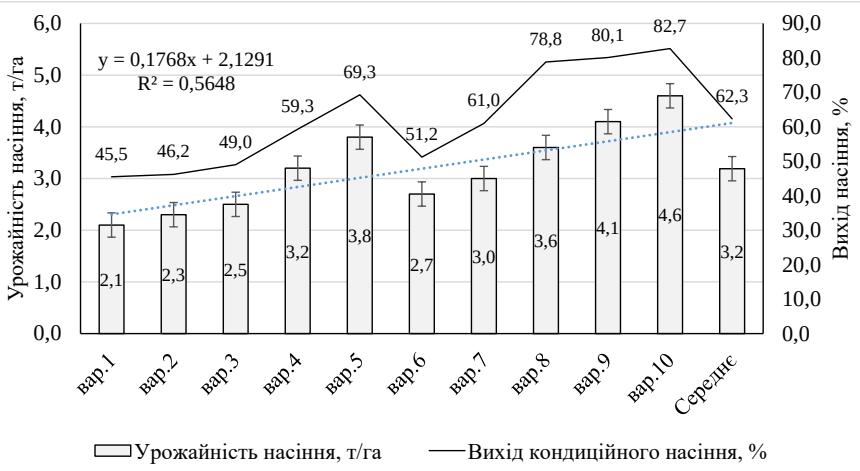


Рис. 7. Урожайність та вихід кондиційного насіння пшениці озимої залежно від підживлення посівів, середнє за 2023–2025 рр.

Примітка: вар. 1 (к.) – без застосування мінеральних добрив та мікроелементів (контроль), вар. 2 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри, вар. 3 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри, вар. 4 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку, вар. 5 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку, вар. 6 – умовний контроль (без застосування мінеральних добрив) з внесенням мікроелементів, вар. 7 – внесення по мерзлоталому ґрунті аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 8 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри сумісно з мікроелементами, вар. 9 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та карбаміду у фазу виходу в трубку сумісно з мікроелементами, вар. 10 – внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно хелатним препаратом із мікроелементами.

Отже, нами доведено, що застосування комплексного мінерального підживлення посівів і застосування мікроелементів, як до відновлення вегетації, так і після можливо суттєво збільшити врожайність насіння пшениці озимої (до 4,6 т/га) та підвищити його вихід (до 82,7 %). Що підтверджується результатами авторів, які стверджують, що суттєву прибавку врожаю до контролю забезпечують сорти іноземного походження (0,5–0,6 т/га) на варіантах збільшених доз внесення

добрив (N_{69-75}). Українські ж сорти високу прибавку врожайності до контролю (0,5–0,8 т/га) формують при внесенні у підживленні посівів (N_{57-63}) [35].

Інші автори переконливо доводять, що застосування комплексного позакореневого підживлення пшениці озимої (N_{84}весною в підживлення + Акселератор Мікро (позакореневе підживлення на початку IV етапу органогенезу + V етап органогенезу на фоні осіннього внесення $N_{16}P_{56}K_{100}$) суттєво вплинуло на збільшення врожайності – у середньому за роки 6,78 т/га (приріст до контролю 0,7 т/га) [36].

Наші результати цілком збігаються із результатами отриманими іншими науковцями, відповідно їхніх досліджень встановлено також позитивний вплив позакореневого підживлення посівів пшениці озимої (Вуксал Мікроплант дозою 1,0 л/га у фази кущіння, виходу у трубку та початку колосіння на фоні допосівної обробки насіння Вуксал Теріос У нормою 1,4 л/т) на збільшення врожайності до 5,63 т/га, що склало прибавку до контролю 0,54 т/га [37].

Висновки. Встановлено, що погодні умови весняно-літної вегетації мають вплив на рівень врожайності та вихід кондиційного насіння пшениці озимої м'якої. За ГТК на рівні 1,0, або близьким до одиниці вони будуть більшими, а при ГТК менше 0,5 – суттєво нижчими. Визначено, що частково нівелювати негативний вплив погоди, збільшити врожайність (до 4,6 т/га) та вихід кондиційного насіння (до 82,7 %) можливо за рахунок внесення по мерзлоталому ґрунті та у фазу кущіння аміачної селітри та КАС у фазу виходу в трубку сумісно з хелатним препаратом з мікроелементами: сірка, бор, мідь, залізо, марганець, молібден і цинк.

Перспективи подальших досліджень передбачатимуть визначення впливу системи мінерального підживлення та застосування мікроелементів на посівах пшениці озимої на тривалість післязбирального достигання насіння та показники якості його.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Черемісіна С. Г., Россоха В. В. Ефективність виробництва зернових культур в Україні: аналіз сучасного стану та перспективи підвищення. *Економіка АПК.* 2021. Вип. № 6. С. 54–67. https://doi.org/10.32317/2221-1055.202106054

2. Вінюкова М.Л. Аналіз конкурентоспроможності зернових культур на аграрному світовому ринку. *Науковий вісник Херсонського державного університету.* 2020. Вип. № 37. С. 14–17. https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2020-37-2

3. Держстат. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур. Інтернет джерело. URL: https://stat.gov.ua/uk/datasets/ploshchi-valovi-zbory-ta-urozhaynist-silskohospodarskykh-kultur-0 (дата звернення: 02.08.2026).

4. Наукові основи селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність : монографія / В. В. Базалій, Є. О. Домарацький, Г. Г. Базалій та ін. Миколаїв : МНАУ, 2024. 244 с.

5. Захарчук О. В. Сучасний стан та тенденції розвитку виробництва кондиційного насіння в Україні. *Вісник університету «Україна».* Серія: Економіка, менеджмент, маркетинг. 2024. Вип. №6. С. 23–32. https://doi.org/10.36994/2707-4110-2024-11-38-01

6. Лапчинський В. В., Лакуста А. А., Хмелянчишин Ю. В. Вплив кліматичних змін на агрономію: оцінка та заходи адаптації. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип. № 137. С. 516–524. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.60

7. Лихочвор В. В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність та посівні якості насіння пшениці озимої в умовах Західного Полісся України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2012. Вип. № 3. С. 68–73. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2012/03/068.pdf.

8. Padalka V., Kulyk M., Rozhko I., Kalinichenko O., Zaritska N., Zos-Kior M., Hnatenko I., Gorbenko O. (2026). Comparison of agricultural production technologies by environmental indicators in the context of the international smart economy. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*ю 48(2), 194–207. https://doi.org/10.15544/mts.2026.18

9. Коваль Д. О., Копелець Б. В., Кулик М. І. Урожайність, якість зерна та посівні властивості насіння сортів пшениці озимої залежно погодних умов вирощування. *Таврійський науковий вісник.* 2025. Вип. № 145. Частина 1. С. 154–165. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.18

10. Кучеренко О. М., Хоменко Л. О., Ковалишина Г. М., Кочмарський В. С. Вплив зміни клімату на особливості морфологічного аналізу при оцінці стану перезимівлі пшениці м якої озимої. *Селекція і насінництво.* 2013. Вип. № 103. С. 107–114. DOI: 10.30835/2413-7510.2013.54075

11. Рудавська Н. М., Коник Г. С., Шувар А. М., Дзюбайло А. Г., Беген Л. Л., Тимчишин О. Ф., Дорота Г. М. Температурний режим осінньої вегетації пшениці озимої та її перезимівля в умовах Карпатського регіону. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71(2). С. 171–187. https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-2-11

12. Гордина О. Ю. Особливості розвитку рослин пшениці озимої в осінньо-зимовий період вегетації залежно від передпосівної обробки насіння. *Новітні агротехнології.* 2021. Вип. 9. https://doi.org/10.47414/na.9.2021.257353

13. Лихочвор В. В., Бомба М. Я. Роль погодних умов у формуванні врожайності та якості насіння пшениці озимої. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2021. Вип. 69 (І). С. 45–58.

14. Каленська С. М., Демидась Г. І., Новицька Н. В. Насіннєва продуктивність та посівні якості зерна пшениці озимої залежно від гідротермічних факторів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2020. Вип. № 2. С. 112–119.

15. Панфілова А. В., Корхова М. М. Вплив погодних умов у весняно-літній період та сортових особливостей на формування якості зерна пшениці м'якої озимої. *Аграрні інновації.* 2024. Вип. № 27. С. 74–82. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.27.11

16. Жемела Г. П., Сидоренко А. В., Кулик М. І. Роль погодних факторів у поліпшенні якості зерна озимої пшениці. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2007. Вип. № 2. С. 16–22.

17. Kulyk M.I., Rozhkov A. O., Kalinichenko O. V., Taranenko A. O., Onopriienko O. V. Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield. *Agronomy Research*. 2020. 18(3) : 2103–2116. doi: https://doi.org/10.15159/AR.20.187

18. Kumar, H., Chugh, V., Kumar, M., Gupta, V., Prasad, S., Kumar, S., Singh, C.M., Kumar, R., Singh, B.K., Panwar, G. and Kumar, M., 2023. Investigating the impact of terminal heat stress on contrasting wheat cultivars: a comprehensive analysis of phenological, physiological, and biochemical traits. Frontiers in Plant Science, 14, p.1189005. doi: 10.3389/fpls.2023.1189005.

19. Поліщук, В. В., Коновалов, Д. В. Вихід кондиційного насіння пшениці озимої залежно від технологій його вирощування. *Новітні агротехнології.* 2023. Вип. 11(2). https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285907

20. Ali, N., & Akmal, M. (2022). Wheat growth, yield and quality under water deficit and reduced nitrogen supply: A review]. *Gesunde Pflanzen*, 74(2), 245–258.

21. Коваль Д. О. Біологічні особливості, урожайність та якість продукції пшениці озимої залежно від умов вирощування в контексті продовольчої безпеки. *Формування сталих соціально-економічних систем: міжнародні, національні та локальні аспекти розвитку : колективна монографія* /за заг. ред. В. Ю. Медвідь, Д. В. Дячкова, О. А. Галича, О. В. Калініченка, В. С. Лесюка. Полтава: ПП «Астрая», 2026. С. 343–375. ISBN 978-617-8466-40-4

22. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Хоменко С. О. та ін. Вплив попередників та строків сівби на рівень урожайності та посівні якості насіння пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75 (1). С. 45–58. DOI: 10.33633/phzt-2024-75-1-4.

23. Технологія вирощування насіння пшениці озимої (Методичні рекомендації) / За ред. кандидатів с.-г. наук А.А. Сіроштана, В.П. Кавунця. Центральне, 2023. 37 с.

24. Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Сіроштан А.А., Судденко Ю.М., Мурашко Л.А., Дубовик Н.С., Сабадин В.Я. Посівні якості насіння пшениці озимої залежно від впливу попередників і строків сівби. *Аграрні інновації.* 2025. Вип. № 30. С. 214–219. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.30

25. Поліщук В. В., Притула Ю. М. Урожайність і якість насіння пшениці озимої залежно від сортових особливостей та попередників. *Біоенергетика.* 2025. Вип. 1. С. 27–31. https://doi.org/10.47414/be.2025.No1.pp27-31

26. Дудка Р. О., Оніпко В. В. Урожайність і якість пшениці озимої залежно від строків і способів сівби: огляд світового та вітчизняного досвіду. *Scientific Progress & Innovations.* 2025. Вип. 28(3). С. 103–108. https://doi.org/10.31210/spi2025.28.03.17

27. Корхова М. М. Врожайність та якість зерна пшениці озимої при вирощуванні в умовах Південного Степу України. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2014. Вип. № 4 (25). С. 82–86.

28. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. *Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи* ; за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 316 с.

29. Євтушенко М. Ю., Хижняк М. І. Методологія та організація наукових досліджень : навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури. 2019. 350 с.

30. Моргун В. В., Санін Є. В., Швартоу В. В., Артемчук І. Л. Сорти та технології вирощування високих врожаїв озимої пшениці. К.: «Догос» 2009, 93 с.

31. Технологія вирощування пшениці озимої : навч. посіб. / за ред. І. І. Іваненка. Київ : Урожай, 2018. 256 с.

32. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. https://eco.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimikativ-dozvolenih-dlya-vikoristannya (дата звернення 2.08.2026)

33. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / За ред. С. О. Ткачика. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 81 с.

34. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 : метод. вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.

35. Тараненко С. В., Кулик М. І., Рожко І. І., Антонюк С. О., Коваль Д. О. Вплив системи підживлення на врожайність сортів пшениці озимої різного походження. *Український журнал природничих наук.* 2026. Вип. № 15. С. 194–204. DOI https://doi.org/10.32782/naturaljournal.15.2026.19

36. Коткова Т. М., Довбиш Л. Л. Вплив позакореневого (фоліарного) підживлення рослин пшениці озимої на урожай і якість зерна. Український журнал природничих наук. 2023. Вип. № 3. С. 176–185. DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.176-185

37. Гангур В. В., Кочерга А. А., Пипко О. С., Лень О. І. Ефективність мікродобрив за умови обробки насіння та листкового підживлення посівів пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2021. Вип. № 2. С. 46–51. doi: 10.31210/visnyk2021.02.05

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.174.1-152.6:631.559](477.7)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.10

ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ СОРГО ЦУКРОВОГО В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Корхова М.М. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри рослинництва та садово-паркового господарства,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-6713-5098
Хоненко Л.Г. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри рослинництва та садово-паркового господарства,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-5365-8768
Миколайчук В.Г. *– к.б.н., доцент,*
доцент кафедри рослинництва та садово-паркового господарства,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-0110-6539

У статті наведено результати польових досліджень чотирьох гібридів сорго цукрового, проведених упродовж 2024–2025 рр. в умовах Південного Степу України. Взяті на вивчення гібриди виведено в Селекційно-генетичному інституті – національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення НААН та занесено до Державного Реєстру сортів рослин у 2015, 2017 та 2023 рр. В середньому за два роки досліджень сума опадів за вегетаційний період сорго цукрового була на 18,8% нижча за середньобагаторічні показники, що й позначилось на формуванні врожаю культури.

За результатами досліджень визначено вплив особливостей гібридів та погодних умов на продуктивність рослин сорго цукрового. Більшу висоту рослин сорго цукрового сформував гібрид Жираф – 275,1 см, що на 29,3 см більше, ніж у рослин гібриду Мамонт; на 40,1 см більше, ніж у рослин гібриду Зубр та на 54,6 см більше, ніж у Верблюд. Визначено, що більшу урожайність зеленої маси рослин, в середньому по гібридам, сформовано у 2025 р. – 56,6 т/га, що на 12,9 т/га, або на 22,8% більше, ніж у 2024 р. У середньому за 2024–2025 рр. більшу урожайність зеленої маси рослин сформували гібриди Зубр та Жираф – 55,6 та 55,0 т/га відповідно. У 2024 р. більшу урожайність зеленої маси рослин сформував гібрид Зубр – 50,4 т/га, тоді як у 2025 р. – гібрид Жираф – 64,7 т/га. Більший вміст цукру в стеблах рослин сорго цукрового в середньому за 2024–2025 рр. отримано у гібриду Верблюд – 19,0%, що на 1,2–3,3% більше, ніж у інших досліджуваних гібридах. Отже, найбільш продуктивним в умовах Південного Степу України визначено гібрид сорго цукрового Жираф, який сформував високу врожайність зеленої маси (55,0 т/га) та вміст цукру в стеблах рослин сорго цукрового (17,8%).

Ключові слова: *сорго цукрове, гібрид, урожайність зеленої маси сорго цукрового, висота рослин, вміст цукру в стеблах.*

Korkhova M.M., Khonenko L.G., Mykolaychuk V.G. Productivity of hybrids of sweet sorghum in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

The article presents the results of field studies of four hybrids of sweet sorghum, conducted during 2024–2025 in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. The hybrids taken for study were bred at the Selection and Genetic Institute – the National Center for Seed Science and Variety Research of the NAAS and were entered into the State Register of Plant Varieties in 2015, 2017 and 2023. On average, over the two years of research, the amount of precipitation during the growing season of sweet sorghum was 18.8% lower than the average long-term indicators,

© Корхова М.М., Хоненко Л.Г., Миколайчук В.Г., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

which affected the formation of the crop yield. The results of the research determined the influence of the characteristics of hybrids and weather conditions on the productivity of sweet sorghum plants. The highest height of sweet sorghum plants was formed by the Giraffe hybrid – 275.1 cm, which is 29.3 cm more than that of the Mamont hybrid plants; 40.1 cm more than the plants of the Zubr hybrid and 54.6 cm more than the Camel. It was determined that the highest yield of green mass of plants, on average across hybrids, was formed in 2025 – 56.6 t/ha, which is 12.9 t/ha, or 22.8% more than in 2024. On average for 2024–2025, the highest yield of green mass of plants was formed by the Zubr and Zhyraf hybrids – 55.6 and 55.0 t/ha, respectively. In 2024, the highest yield of green mass of plants was formed by the Zubr hybrid – 50.4 t/ha, while in 2025 – by the Zhyraf hybrid – 64.7 t/ha. The highest sugar content in the stems of sweet sorghum plants on average for 2024–2025 was obtained in the Verbliud l hybrid – 19.0%, which is 1.2–3.3% more than in other studied hybrids. Thus, the most productive in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine was determined to be the Zhyraf hybrid of sweet sorghum, which formed a high yield of green mass (55.0 t/ha) and sugar content in the stems of sweet sorghum plants (17.8%).

Key words: *sugar sorghum, hybrid, yield of green mass of sugar sorghum, plant height, sugar content in the stems.*

Актуальність теми дослідження. Сорго цукрове (Sorghum saccharatum) – це одна з найбільш посухостійких та енергоефективних культур у світі, яка має стратегічне значення для сільського господарства [1, 2]. Найбільшими світовими виробниками сорго є США, Нігерія, Бразилія, Індія, Мексика, Ефіопія, Судан, Китай, Аргентина та Австралія [3].

Цей вид сорго в Україні в основному використовують для виготовлення силосу. Рослини мають добру здатність відростати після скошування, що дозволяє отримувати 2–3 укоси за сезон. З соку стебел виготовляють сорговий мед – солодкий сироп, який містить глюкозу, фруктозу та сахарозу [4, 5].

Сорго цукрове є однією з найкращих культур для виробництва біоетанолу та біогазу. З одного гектара можна отримати значно більше енергії та палива, ніж з багатьох інших культур [6-8].

За даними Фаостату за період з 1994 по 2024 рр. світові посівні площі під сорго коливаються в межах від 39,4 до 46,8 млн га. Найбільші площі під посівами сорго (включаючи цукрове, зернове та технічне) зосереджені в Судані – 6,0–8,5 млн га. Ця країна є лідером з виробництва сорго у світі – 3,0–5,4 млн т [9].

В Україні посівні площі під сорго з 1994 р. по 2004 р. зросли з 5,0 тис. га до 35,6 тис. га, а з 2005 р. по 2012 р. до 136,9 тис. га. З 2013 по 2024 рр. спостерігається різке зниження посівних площ під сорго до 17,9 тис. га. Миколаївська та Одеська області одні із традиційних лідерів за площею посівів сорго цукрового в Україні. Херсонська та Запорізька області до 2022 р. були ключовими регіонами з вирощування культури, проте наразі посіви там значно скоротилися через воєнні дії та окупацію [9].

Постановка проблеми. Урожайність зеленої маси рослин сорго цукрового та вихід цукру суттєво залежить від генетичних особливостей гібриду.

Дослідженнями проведеними в Західному Лісостепу України упродовж 2016–2018 рр. з гібридом сорго цукрового ´Мамонт´ визначено, що середня урожайність зеленої маси рослин становила 81,8–86,0 т/га, вміст цукрів у соці стебел – 16,6–17,6%, а вихід біоетанолу – 5,168–5,809 т/га [10].

За результатами проведених досліджень у Східному Лісостепу України визначено, що урожайність зеленої маси сорго цукрового на 36,5% залежить від сортових особливостей. Більшу урожайність зеленої маси зібрано у гібриду Мамонт – 90,5 т/га, що на 21,8% більшу, ніж у гібриду Силосне 42 [11].

Трирічні дослідження, проведені в Центральному Лісостепу України з гібридом сорго цукрового Фаворит показали, що урожайність зеленої маси рослин коливалася від 86,0 т/га у 2023 р. до 93,3 т/га у 2021 р. [12].

А. А. Сітник [13] визначено, що в умовах західного регіону України рослини сорго цукрового сорту Фаворит в середньому за 2023–2024 рр. сформували врожайність зеленої маси в межах 56,0–63,2 т/га залежно від удобрення.

А. В. Чернова та ін. [14] рекомендує в умовах Південного Степу України сіяти сорго цукрове гібридом Медовий із нормою висіву 130 тис. схожих насінин на 1 га, що забезпечує отримання врожайності зеленої маси 59,1 т/га.

Дослідження С. О. Зайця та ін. [15] в умовах Південного Степу України показали, що найбільшу продуктивність сорго цукрового забезпечує гібрид Довіста, урожайність якого на зрошенні становила 60,3–84,0 т/га, а у неполивних умовах – 35,7–47,9 т/га залежно від умов живлення.

Іноземними вченими оцінено за урожайністю зеленої маси та виходом цукру 41 генотип сорго цукрового, вирощеного у напівпосушливому середземноморському кліматі семи країн світу. За результатами досліджень визначено генотипи сорго цукрового, які демонструють високий потенціал для майбутнього застосування в біоенергетиці [16].

До Державного Реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні станом на 27.04.2026 р. занесено 11 сортів та гібридів сорго цукрового, з них 6 – української селекції. Слід зазначити, що 38 сортів та гібридів виключено з Реєстру [17].

У зв'язку з цим, постає необхідність у проведенні додаткових досліджень, а саме порівняння продуктивності гібридів та визначенні найбільш адаптованих до зони Південного Степу України.

Мета статті: визначити продуктивність зеленої маси рослин сорго цукрового залежно від особливостей гібриду та року досліджень.

Методика досліджень. Польові дослідження проводили упродовж 2024–2025 рр. на дослідному полі Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету, який розташований у Миколаївському районі Миколаївської області та відноситься до зони Південного Степу України. Ґрунт дослідного поля – чорнозем південний малогумусний слабосолонцюватий важкосуглинковий на лесах.

Вміст гумусу (0–30 см) від 3,1 до 3,3%. Реакція ґрунтового розчину (pH – 6,8–7,2). В орному шарі ґрунту в середньому містилося 15–25 рухомих форм нітратів (за Грандваль Ляжу), 41–46 рухомого фосфору (за Мачигіним) та 389–425 мг/кг обмінного калію (на полуменевому фотометрі). Ґрунтовий поглинаючий комплекс насичений переважно кальцієм і магнієм.

Дослідження проводили з чотирьма гібридами сорго цукрового, власником яких є Селекційно-генетичний інститут – національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН.

Польові досліди закладали і проводили за Методикою проведення післяреєстраційного вивчення сортів рослин [18]. У фазі молочно-воскової стиглості у стеблах рослин сорго цукрового визначали вміст загальних цукрів за методом Люфа-Шоорля [19].

Господарсько-біологічні характеристики досліджуваних гібридів представлено в табл. 1.

За результатами державного сортовипробування більшу стійкість до посухи мають гібриди Верблюд та Жираф. Більшу висоту рослин мав гібрид Жираф – 260 см, а більш урожайним виявився гібрид Зубр.

Погодні умови визначали за даними метеостанції PesslInstruments (iMETOS 3.3), обладнаної високоточними датчиками [20].

Таблиця 1

Господарсько-біологічні показники гібридів сорго цукрового під час державного сортовипробування в Степу України

Показники	Гібрид			
	Жираф	Мамонт	Зубр	Верблюд
Рік реєстрації	2023	2015	2017	2017
Група стиглості	пізньо-стиглий	середньо-стиглий	середньо-стиглий	середньо-стиглий
Висота рослин, см	260,0	182,9	196,5	229,3
Стійкість до посухи, %	8,0	7,7	7,4	8,2
Урожайність зеленої маси, т/га	88,8	89,1	149,4	97,3
Вміст сирого протеїну, %	5,1	9,4	8,8	9,8
Вміст клітковини, %	27,3	28,2	26,6	27,8

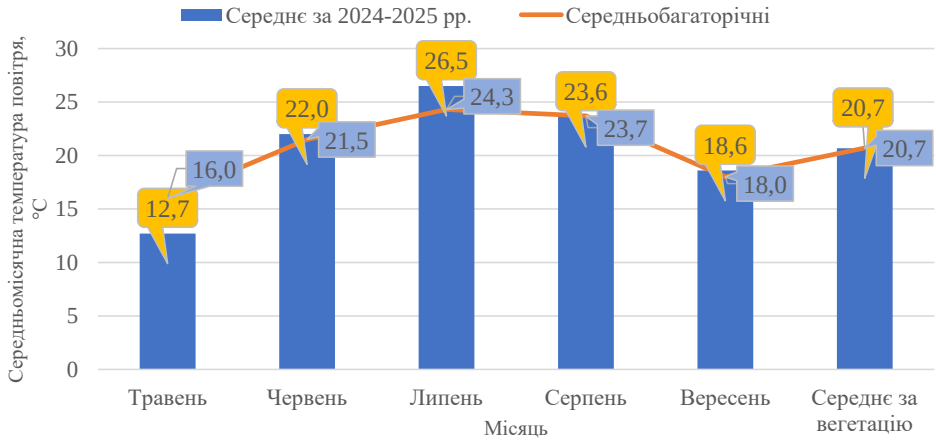


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря за вегетаційний період рослин сорго цукрового, °С

Середньодобова температура травня в середньому за 2024–2025 рр. була на 3,3 °С вища за середньобагаторічні показники і становила 16,0 °С, тоді як середньодобова температура липня була навпаки – на 2,2 °С нижча за середньобагаторічні показники (рис. 1).

Загалом, середня за вегетаційний період рослин сорго цукрового в температура повітря становила 20,7 °С і була близькою до середньобагаторічних показників.

Сума опадів за вегетаційний період сорго цукрового в середньому за 2024–2025 рр. була на 28,8 мм нижча, ніж середньобагаторічні показники і становила 124,3 мм (рис. 2).

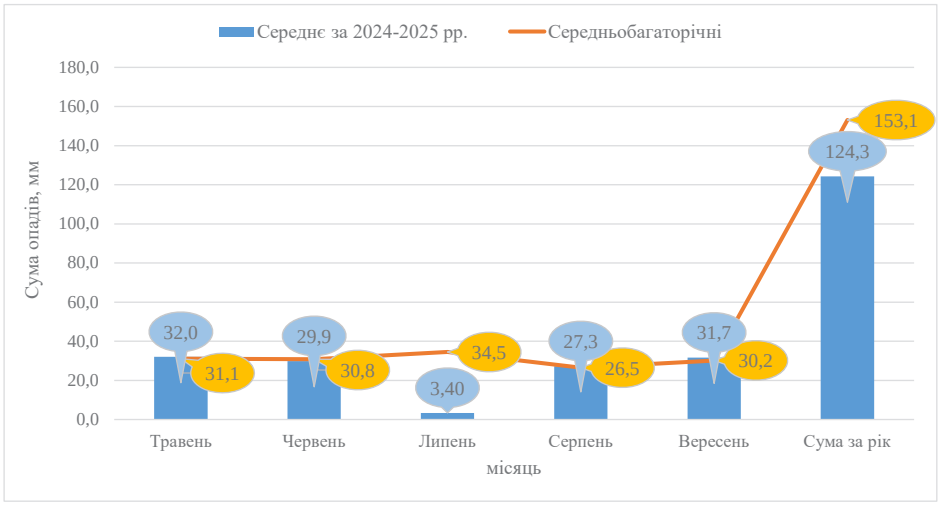


Рис. 2. Середньомісячна сума опадів за вегетаційний період рослин сорго цукрового, мм

Найменша кількість опадів випала у липні – 3,4 мм, що на 90,1% менше за середньобагаторічні показники. В серпні та вересні в середньому за два роки досліджень випала близька до середньобагаторічних показників кількість опадів.

Результати досліджень. За результатами проведених польових та лабораторних досліджень визначено, що більшу висоту рослин сорго цукрового сформував гібрид Жираф – 275,1 см, що на 29,3 см більше, ніж у рослин гібриду Мамонт; на 40,1 см більше, ніж у рослин гібриду Зубр та на 54,6 см більше, ніж у Верблюд (рис. 3).

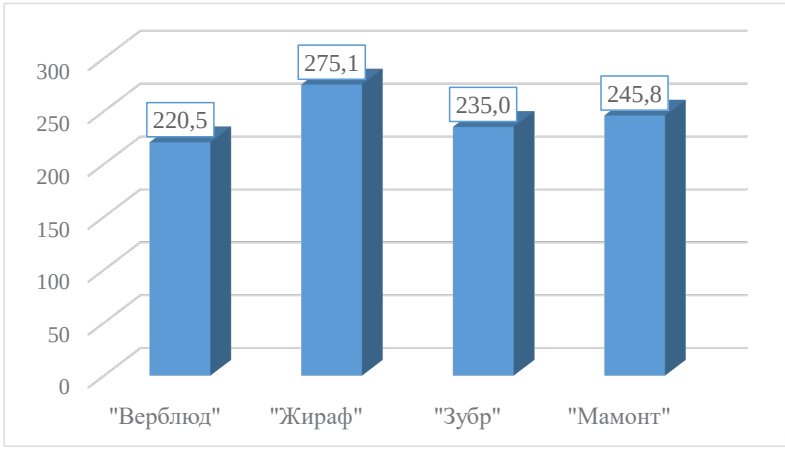


Рис. 3. Висота рослин гібридів сорго цукрового, (середнє за 2024–2025 рр.), см

Визначено, що більшу урожайність зеленої маси рослин в середньому по гібридам сформовано у 2025 р. – 56,6 т/га, що на 12,9 т/га, або на 22,8% більше, ніж у 2024 р. (табл. 2).

Таблиця 2

Урожайність зеленої маси рослин сорго цукрового залежно від гібриду та року досліджень, т/га

Рік	Гібрид				Середнє по гібридам
	Верблюд	Жираф	Зубр	Мамонт	
2024	38,7	45,2	50,4	40,3	43,7
2025	45,6	64,7	60,7	55,5	56,6
Середнє за 2024–2025	42,2	55,0	55,6	47,9	50,2
$НІР_{05}$ у 2024 р. – 0,82 т/га					
$НІР_{05}$ у 2025 р. – 0,58 т/га					

У середньому за 2024–2025 рр. більшу урожайність зеленої маси рослин сформовано гібридами Зубр та Жираф – 55,6 та 55,0 т/га відповідно.

У 2024 р. більшу урожайність зеленої маси рослин сформував гібрид Зубр – 50,4 т/га, тоді як у 2025 р. – гібрид Жираф – 64,7 т/га.

Визначено, що більший вміст цукру в стеблах рослин сорго цукрового в середньому за 2024–2025 рр. отримано у гібриду Верблюд – 19,0%, що на 1,2–3,3% більше, ніж у інших досліджуваних гібридах (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст цукру в стеблах рослин сорго цукрового залежно від гібриду та року досліджень, %

Рік	Гібрид				Середнє по гібридам
	Верблюд	Жираф	Зубр	Мамонт	
2024	19,3	18,1	17,4	16,3	17,8
2025	18,7	17,5	16,2	15,0	16,9
Середнє за 2024–2025 рр.	19,0	17,8	16,8	15,7	17,3
$НІР_{05}$ у 2024 р. – 0,08					
$НІР_{05}$ у 2025 р. – 0,15					

Найменший вміст цукру в стеблах сформував гібрид Мамонт – 15,7%. В середньому по усім досліджуваним гібридам більший вміст цукру в стеблах сформовано у 2024 р. – 17,8%, що на 0,9% більше, ніж у 2025 р.

Висновки. Таким чином, кращим для вирощування в умовах Південного Степу України визначено гібрид сорго цукрового Жираф, який формує високу врожайність зеленої маси (55,0 т/га) та вміст цукру в стеблах рослин сорго цукрового (17,8%).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Курило В. Л., Григоренко Н. О., Марчук О. О., Фуніна І. Р. Продуктивність сорго цукрового (*Sorghum saccharatum L.)* залежно від сортових особливостей та різної густоти стояння рослин. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 3. С. 8–12.

2. Федорчук М. І., Коваленко О. А., Гавриш В. І., Чернова А. В., Грубань В. А. Енергетична оцінка технології вирощування сорго в умовах Півдня Миколаївської області. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2020. Вип. 4. С. 37–46. doi: 10.31521/2313-092X/2020-4(108).

3. Корхова М. М., Миколайчук В. Г., Хоненко Л. Г., Манушкіна Т. М. Сорго: світове виробництво та сортовий потенціал в Україні. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 144. С. 95–101. doi: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.13.

4. Чернюк С. В., Крижак М. С. Сучасна біотехнологія у силосуванні. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: збірник наукових праць*. 2025. № 2. С. 61–72. doi: 10.33245/2310-9289-2025-198-2-61-72.

5. Інноваційні технології у виробництві цукристих речовин та продуктів харчування : навч. посіб. / О. А. Півоваров та ін. Дніпро : ДДАЕУ, 2026. 622 с.

6. Вареник Б., Гамандій В. Соргові культури – вигідна альтернатива посівам кукурудзи. *Агрономія сьогодні.* 2025. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/33840-sorhovi-kultury-vyhidna-alternatyva-posivam-kukurudzy.html. (дата звернення 20.04.26).

7. Gamayunova V., Khonenko L., Kovalenko O. Bioethanol Producing from Sorghum Crops. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. Vol. 26. № 1. P. 9–18. doi: 10.56407/2313-092X/2022-26(1)-1.

8. Švereikaitė A., Kimbirauskienė R., Sinkevičienė A., Balandaitė J. The Energy and Environmental Evaluation of Maize, Hemp and Faba Bean Multi-Crops. *Agronomy*. 2023. 13(9). 2316. doi: https://doi.org/10.3390/agronomy13092316.

9. Фаостат. URL: https://www.fao.org/faostat/ru/#home (дата звернення 20.04.26).

10. Олекшій Л. М., Бурак І. М. Елементи технології вирощування сорго цукрового для виробництва біоетанолу в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68(1). С. 146–161. doi: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-11.

11. Hanzhenko O. M. Productivity of sweet sorghum (Sorghum saccharatum L.) depending on the elements of plant cultivation technology for biofuel in the zone of insufficient moisture in the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and protection.* 2021. Vol. 17. № 3. P. 240–247. doi: 10.21498/2518-1017.17.3.2021.242978.

12. Kulyk M., Pryshliak N., Kaletnik G., Kalinichenko O., Lesiuk V., Rozhko I. Swet sorghum under the conditions of Ukraine: Patterns of yield formation and energy efficiency of biomass production. *Journal of Ecological Engineering*. 2026. 27(4). P. 195–207. doi: 10.12911/22998993/214917.

13. Сітник А. А. Особливості формування продуктивності сорго цукрового в умовах західного регіону України. *Український журнал природничих наук*. № 20. С. 232–239. doi: https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.23.

14. Чернова А. В., Коваленко О. А., Корхова М. М. Урожайність зеленої маси сорго цукрового залежно від сортових особливостей, норм висіву, біопрепарату та мікродобрив за різних років досліджень. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 136–142. doi: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.20.

15. Заєць С. О., Шабля О. С., Василенко Р. М. Ефективність застосування карбамід-аміачної суміші в агроценозах сорго цукрового. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 52–58. doi: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.9

16. Nazli I., Aslankaciran C., Yang D., Liaqat W., Polat M., Cavdar S., Tansi V., Baloch S. Assessment of Sweet Sorghum Genotypes for Bioethanol Production Potential and Bagasse Combustion Characteristics in a Semi-Arid Mediterranean Climate. *Agronomy*. 2024. 14(11). 2626. doi: https://doi.org/10.3390/agronomy14112626.

17. Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні станом на 27.04.2026 р. URL: https://me.gov.ua/view/16578269-2d32-4855-8c70-cd3d084a4a8c (дата звернення 20.04.26).

18. Методика проведення післяреєстраційного вивчення сортів рослин. Мінекономіки / Наказ № 785 від 19.01.2026 р. URL: https://me.gov.ua/view/88be00b9-a9dd-4199-b052-6d121282cde4. (дата звернення 20.04.26).

19. Технологія цукристих речовин. Лабораторний практикум / М. П. Купчик та ін. Київ, 2007. 393 с.

20. FieldClimate by Pessl Instrument. URL: https://www.fieldclimate.com/station/00204BEA/config (дата звернення 20.04.26).

Дата першого надходження статті до видання: 10.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 631.51:631.452
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.11

РЕГУЛЮВАННЯ ЗАБУР'ЯНЕНОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ В СІВОЗМІНІ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Котюк Р.В. *– аспірант кафедри агротехнологій та ґрунтознавства,*
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0003-6850-0861
Масик І.М. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри агротехнологій та грунтознавства,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-7599-210X

Метою дослідження було вивчення інтенсивності забур'яненості посівів та розроблення заходів щодо контролю кількості бур'янів в агроценозах культур польової органічної сівозміни, використовуючи відповідні обробітки ґрунту, гречку в пожнивних посівах, залишаючи мульчу з рослинних решток на поверхні поля. Дослідження проводились в зерно–просапній сівозміні відділу землеробства Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН впродовж 2024–2025 сільськогосподарських років.

Потенційна засміченість орного горизонту ґрунту насінням бур'янів після сходів рослин була великою: після мульчування ґрунту рослинними рештками сої та кукурудзи на зерно відповідно в посівах пшениці озимої та вівса на 1 кв. метрі було майже 18–23 та 21–27 тис. шт. насінин. Засміченість орного горизонту ґрунту в посівах кукурудзи на зерно та сої після пожнивного вирощування гречки була меншою, ніж в посівах зернових колосових. При поверхневих обробітках ґрунту вона становила в посівах кукурудзи 17–20 тис., а в посівах сої – 18–21 тис. шт. на квадратному метрі. При оранці на 20–22 см, як під кукурудзу так і під сою засміченість насінням бур'янів орного горизонту зменшувалась у 2 рази і складала 10,1 та 11,5 тис. шт. насіння на один гектар. Закономірності засміченості орного горизонту ґрунту в посівах кукурудзи та сої залежно від способів основного обробітку ґрунту зберігались. Забур'яненість посівів зернових культур не залежно від способів основного обробітку ґрунту в середньому за роки досліджень була високою: 30–40 шт./м^2 на час збирання врожаю в агроценозах пшениці озимої та 70–100 шт./м^2 – вівса. Переважали здебільшого дводольні однорічні бур'яни: щириця біла, грицики звичайні, інші. Кількість бур'янів в посівах сої меншою була за оранки – 11,3 шт./м^2 в 2025 році та 16,7 шт./м^2 в середньому за 2024–2025 роки. При поверхневих обробітках забур'яненість сої була в 2 рази вищою 25–30 шт. рослин бур'янів на 1 м^2. Забур'яненість посівів кукурудзи була значно вищою як при оранці так і при поверхневих обробітках ґрунту: 58 шт./м^2 – при оранці і 77–97 шт./м^2 – при поверхневих обробітках.

В чотирипільній сівозміні соя – пшениця озима – кукурудза на зерно – овес при вирощуванні органічної продукції і максимально ефективного контролю бур'янів рекомендується після зернових колосових культур (пшениця озима та овес) вирощувати гречку в пожнивно; під посіви пшениці озимої та вівса пожнивні рештки попередніх рослин, відповідно сої та кукурудзи на зерно заробляти в ґрунт важким культиватором на 10–12 см.

Ключові слова: *забур'яненість, обробіток грунту, пожнивні рештки, сівозміна, врожайність.*

© Котюк Р.В., Масик І.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Kotiuk R.V., Masyk I.M. Weed management in crop rotations for organic production in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine

The aim of the study was to assess weed infestation levels and develop measures to control weed populations in the agrocenoses of an organic field crop rotation, employing appropriate tillage practices, post-harvest buckwheat cropping, and the retention of plant residue mulch on the soil surface. The research was conducted within the grain-row crop rotation system of the Department of Agriculture at the Institute of Agriculture of the North-East (NAAS) during the 2024–2025 agricultural years.

The potential weed seed load in the arable soil layer following crop emergence was high: after mulching with soybean and grain-corn crop residues in winter wheat and oat fields, respectively, there were approximately 18,000–23,000 and 21,000–27,000 seeds per square meter. Weed seed levels in the arable soil layer under grain corn and soybean crops-following the post-harvest cultivation of buckwheat–were lower than in small-grain cereal crops. With shallow tillage, the count was 17,000–20,000 seeds per square meter for corn and 18,000–21,000 for soybeans. When plowing to a depth of 20–22 cm–for both corn and soybeans–the weed seed content in the arable soil layer decreased twofold, amounting to 10.1 and 11.5 thousand seeds per hectare, respectively. The observed patterns regarding weed infestation of the arable soil layer in corn and soybean crops remained consistent across the different primary tillage methods. Regardless of the primary tillage method, weed infestation levels in cereal crops were high throughout the study period: 30–40 plants/m² at harvest time in winter wheat stands, and 70–100 plants/m² in oat stands. Dicotyledonous annual weeds–such as tumble pigweed, shepherd's purse, and others–predominated. Weed density in soybean crops was lower following plowing: 11.3 plants/m² in 2025 and an average of 16.7 plants/m² over the 2024–2025 period. With shallow tillage, weed infestation in soybeans was twice as high, reaching 25–30 weed plants per m². Weed infestation levels in maize crops were significantly higher under both plowing and shallow tillage: 58 plants/m² with plowing and 77–97 plants/m² with shallow tillage.

In a four-field crop rotation of soybean – winter wheat – grain maize – oats, to ensure effective organic production and optimal weed control, it is recommended to grow buckwheat as a post-harvest crop following the small-grain cereals (winter wheat and oats); prior to sowing winter wheat and oats, the crop residues of the preceding crops–soybean and grain maize, respectively – should be incorporated into the soil to a depth of 10–12 cm using a heavy cultivator.

Key words: *weed infestation, soil tillage, crop residues, crop rotation, yield.*

Постановка проблеми. Бур’яни є серйозним конкурентом культурним рослинам, що вирощуються за органічною технологією. Вони мають природну здатність сильніше засвоювати поживні речовини, витрачати на формування біомаси більше вологи чим обмежують продуктивність сільськогосподарських рослин. При вирощуванні культур в органічній сівозміні важливим є раціональний обробіток грунту, що мінімізує кількість бур’янів як конкурентів сільськогосподарським культурам. Просапним культурам найважче боротися з бур’янами без застосування пестицидів. Наразі препаратів, що могли б знешкодити окрему групу бур’янів, які б були дозволені в органічному землеробстві, не винайшли. Тому всі напрямки щодо боротьби з ними спрямовуються на удосконалення обробітку грунту – осіннього, весняного та початковому етапі розвитку рослини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За різних ґрунтово-кліматичних умов ефективність обраних обробітків грунту може бути різною. Так, в умовах Північного Лісостепу осіння оранка разом з досходовим весняним розпушенням була краще, аніж мілкі обробітки восени у контексті зниження кількості бур’янів на полі [3, 4].

Вчені Білоцерківського НАУ [11] в комплексному дослідженні довели, що при вирощуванні таких культур в неорганічній сівозміні як соняшник, кукурудза, пшениці озима, ячмінь, соя, гірчиця в умовах чорнозему типового мало гумусного середньо суглинкового найкраще використовувати диференційований обробіток.

Численні дослідження стверджують про призупинення деградаційних процесів шляхом обрання мінімального обробітку ґрунту чи ноутільного, але в разі обрання

напрямку органічного виробництва, потрібно дуже ретельно підійти до обрання ділянки для вирощування культур, зокрема, кукурудзи як просапної культури і з великим ризиком засмічення [1, 14]. При обранні неглибоких безвідвальних обробітків доведена їх перевага над іншими при вирощуванні пшениці озимої, але в сівозміні, де застосовується диференційований обробіток під культури [7, 12].

Використання покривних, пожнивних культур, за відгуками багатьох вчених, допомагає контролювати чисельність бур'янів, сприяє збагаченню ґрунту поживними речовинами, регулює фізичні показники та фізико-механічні властивості ґрунтів [8, 13]. Шляхом підбору культур в сівозміні, використанням пожнивних культур, застосуванням відповідної системи обробітку грунту контроль бур'янів може бути успішним. Мульчування, біопрепарати та інші агротехнічні заходи були успішно прийняті в багатьох країнах як безпечні методи боротьби з бур'янами в органічному землеробстві. Органік-виробникам потрібно тримати поле чистим від бур'янів, або щонайменше потрібно якомога краще запобігти їх появі та конкуренції культурним рослинам. Бур'яни знижують урожайність сільськогосподарських культур, якість продукції, зокрема, вміст білку в зерні пшениці, сої, круп'яних культур, тощо, олійність соняшнику, ріпаку, гірчиці інших оліє формуючих культур [5]. Бур'яни мають природну здатність активніше засвоювати поживні речовини, ніж культурні рослини, завдаючи землеробству значних збитків. Бур'яни особливо поширюються там, де боротьба з ними проводять не систематично, розрізненими короткочасними заходами, без врахування біологічних особливостей бур'янів і ступеня забур'яненості. Занепокоєння потенційним збільшенням кількості бур'янів без використання гербіцидів обмежує впровадження органічного землеробства. Однак, оскільки за останні роки зріс як суспільний попит на органічну продукцію, так і профіль органічного землеробства, зріс і вибір засобів боротьби з бур'янами [2, 10].

Покращення нашого розуміння біології та динаміки кількості бур'янів лежить в основі довгострокових спостережень у постійній боротьбі з ними. Результати цих досліджень принесуть користь як звичайним, так і органічним виробникам.

Постановка завдання. Метою дослідження було вивчення інтенсивності забур'яненості посівів та розроблення заходів щодо контролю кількості бур'янів в агроценозах культур польової органічної сівозміни, використовуючи відповідні обробітки ґрунту, гречку в пожнивних посівах, залишаючи мульчу з рослинних решток на поверхні поля.

Дослідження проводились в зерно-просапній сівозміні відділу землеробства Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН впродовж 2024–2025 сільськогосподарських років.

Ґрунтовий покрив – чорнозем типовий малогумусний слабовилугуваний крупнопилуватий середньо суглинковий з такими агрохімічними показниками орного шару (на період закладки досліду): гумус за Тюріним – 4,1–4,7%; pH сольової витяжки – 5,7%; pH водної витяжки – 7,5%; вміст легкогідролізованого азоту за Корнфілдом – 111 мг/кг ґрунту; рухомих сполук P_2O_5 і K_2O за Чириковим відповідно 116 і 101 мг/кг ґрунту. Гранулометричний склад грунту за Качинським крупнопилувато-середньосуглинковий: у шарі 0–20 см фізичної глини – 50,2%.

Середньодобова річна температура повітря в 2024–2025 роках, при багаторічному показнику 7,4°С була вище відповідно на 3,0°С.

Абсолютний максимум температур 35°С відмічений в першій декаді липня місяця у 2025 році; мінімум в третій декаді лютого місяця мінус 16°С в 2025 р. Сума опадів за в середньому за роки досліджень – 450 мм, що на 143 мм менше багаторічного показника (593 мм).

Дослідження проводились в стаціонарному досліді в чотирипільній сівозміні: соя – пшениця озима – кукурудза – овес. Розміщення варіантів і повторень систематичне в трикратній повторюваності. Площа ділянки: посівна площа – 55 м^2, облікова – 50 м^2. У досліді використовувались внесені до Державного реєстру сорти і гібриди сільськогосподарських культур. Схема досліду відображена у таблиці 1.

Таблиця 1

Схема польового досліду

Культури сівозміни	Варіант 1 (Контроль)	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
Соя	Оранка плугом ПН-3-35 на глибину 20-22 см	Глибоке рихлення ґрунту стійками дельта НТ на глибину 35-40 см	Безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 на глибину 12-14 см	Безполицевий дисковий обробіток АГ-2,4-20 на глибину 12-14 см
	Мульчування пожнивними рештками.			
Пшениця озима	Безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 на глибину 10-12 см	Безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 на глибину 6-8 см	Безполицевий дисковий обробіток АГ-2,4-20 на глибину 10-12 см	Безполицевий дисковий обробіток АГ-2,4-20 на глибину 6-8 см
	Посів пожнивного ультрастиглого сорту гречки			
Кукурудза	Оранка плугом ПН-3-35 на глибину 20-22 см	Глибоке рихлення ґрунту стійками дельта НТ на глибину 35-40 см	Безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 на глибину 12-14 см	Безполицевий дисковий обробіток АГ-2,4-20 на глибину 12-14 см
	Мульчування пожнивними рештками.			
Овес	Безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 на глибину 10-12 см	Безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 на глибину 6-8 см	Безполицевий дисковий обробіток АГ-2,4-20 на глибину 10-12 см	Безполицевий дисковий обробіток АГ-2,4-20 на глибину 6-8 см
	Посів пожнивного ультрастиглого сорту гречки			

Схема досліду включала 4 варіанти основного обробітку ґрунту, що представлені в таблиці. Весняний обробіток ґрунту розпочинався з ранньовесняного боронування агрегатом у складі МТЗ-892 + ЗБЗСС–1,0, передпосівну культивацію, яка була проведена агрегатом у складі МТЗ-892 + КН-3,8 безпосередньо перед сівбою на глибину загортання насіння. Технології вирощування сільськогосподарських рослин в досліді (соя, пшениця озима, кукурудза, овес) включали виключно агротехнічні заходи і прийоми, в т.ч. і догляд за рослинами в ході вегетації.

Мінеральні добрива не вносилися. Було використано добриво Unicum Bact органічного походження для обробки насіння та для позакореневого підживлення. Чітко дотримано виконання агротехнічних заходів у встановлені терміни. Закладка дослідів, їх розташування в натурі проводилась згідно методичних рекомендацій [9].

Виклад основного матеріалу дослідження. Засміченість верхнього горизонту ґрунту насінням бур'янів після мульчування його поживними рештками сої та кукурудзи на зерно в шарі ґрунту 0–20 см, як попередників відповідно пшениці

озимої та вівса, була високою і складали від 17,7 до 20,1 та 19,4 до 23,4 тис. штук насінин відповідно на квадратному метрі (таблиця 2). Меншою вона була при дисковому обробітку на 10–12 см у горизонті 0–10 см як після сої так і після кукурудзи на зерно. Частину насіння бур'янів при цьому обробітку робочі органи ґрунтообробної машини перемістили в горизонт 10–20 см.

Таблиця 2

Вплив способів основного обробітку грунту після мульчування на засміченість орного горизонту, тис. шт./м² (середнє за 2024–2025 рр.)

№ вар.	Зміст варіанту	Горизонт грунту, см		
		0–10	10–20	0–20
Пшениця озима після сої				
1	Безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 на глибину 10-12 см	9,5	8,2	17,7
2	Безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 на глибину 6-8 см	11,1	9,3	19,4
3	Безполицевий дисковий обробіток АГ-2,4-20 на глибину 10-12 см	9,8	9,0	18,8
4	Безполицевий дисковий обробіток АГ-2,4-20 на глибину 6-8 см	10,4	9,7	20,1
Овес після кукурудзи на зерно				
1	Безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 на глибину 10-12 см	10,9	11,2	22,1
2	Безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 на глибину 6-8 см	11,4	12,0	23,4
3	Безполицевий дисковий обробіток АГ-2,4-20 на глибину 10-12 см	9,3	10,1	19,4
4	Безполицевий дисковий обробіток АГ-2,4-20 на глибину 6-8 см	10,8	11,5	22,3

Прохолодна погода весняного періоду досліджуваних років стримувала проростання насіння бур'янів ярої групи в агроценозах вівса, як культури раннього строку сівби навіть при дуже високій потенційній засміченості і не залежно від глибини розташування в ґрунті.

Однак, способи основного обробітку грунту під зернові колосові культури важким культиватором та дисками незалежно від глибини обробітку на зміну потенційної засміченості насінням бур'янів не впливали.

Без застосування гербіцидів в органічній сівозміні забур'яненість посівів зернових культур, а саме пшениці озимої та вівса від сходів до збирання суттєво не зменшувалась чим і обмежувалось формування їх врожайності.

Нашими дослідженням встановлено, що на потенційну забур'яненість орного горизонту ґрунту впливає як висіяна пожнивна гречка, так і способи основного обробітку ґрунту (таблиця 3). Засміченість насінням бур'янів є дуже великим не залежно від способів обробітку ґрунту та чергування культур у сівозміні під кукурудзу та сою і складає в шарі ґрунту 0–20 см в межах 10,1–11,5 тис. шт. м² після оранки, 19,6–21,3 тис. після глибокого рихлення та 17,2–20,1 тис. шт. м² після способів поверхневого обробітку.

Бур'яни є основним із конкурентом сільськогосподарських рослин. Високий транспіраційний коефіцієнт багатьох видів бур'янів спричинює дефіцит вологи для культурних рослин. Це зумовлюється добре розвиненою кореневою системою у бур'янів, яка значно глибше проникає в ґрунт і забирає звідти вологу й поживні речовини [6].

Таблиця 3

Вплив способів основного обробітку ґрунту після пожнивного посіву гречки на засміченість орного горизонту, тис. шт./м² (середнє за 2024–2025 рр.)

№ п/п	Способи основного обробітку ґрунту	Горизонт ґрунту, см		
		0–10	10–20	0–20
Кукурудза після озимої пшениці				
1	Оранка на глибину 20–22 см	5,2	4,9	10,1
2	Глибоке рихлення на глибину 35–40 см	10,5	9,1	19,6
3	Безполицевий обробіток важким культиватором на глибину 12–14 см	9,0	8,2	17,2
4	Безполицевий дисковий обробіток на глибину 12–14 см	10,9	9,0	19,9
Соя після вівса				
1	Оранка на глибину 20–22 см	6,5	5,0	11,5
2	Глибоке рихлення на глибину 35–40 см	11,1	10,2	21,3
3	Безполицевий обробіток важким культиватором на глибину 12–14 см	9,5	8,1	17,6
4	Безполицевий дисковий обробіток на глибину 12–14 см	10,9	9,9	20,1

Аналіз забур`яненості посівів пшениці озимої (таблиця 4) на момент відновлення вегетації показав, що суттєвої різниці у зміні кількості бур'янів в залежності від способів основного обробітку ґрунту та мульчування ґрунту рослинними рештками сої в умовах звітного періоду не відмічено. Загалом, їх кількість змінювалась в залежності від варіантів досліду в межах 28,2–39,9 шт./м². Основна маса бур`янів представлена однорічними ярими дводольними (сокирки польові, гірчак березковидний) та малорічними зимуючими (талабан польовий) бур'янами.

Аналіз забур`яненості посіву вівса розміщеного після кукурудзи на початку вегетації показує, що після мульчування ґрунту рослинними рештками під овес не забезпечують суттєвого зниження кількості бур'янів. На варіанті, де проводили безполицевий обробіток важким культиватором КЛД-2,0 та дисковий обробіток ґрунту на глибину 6-8 см загальна їх кількість була найвищою, відповідно 84,01 та 98,7 шт./м². При збільшенні глибини до 12 см їх чисельність зменшувалась до 68,1 та 72,0 шт./м² відповідно. Переважали однорічні однодольні то дводольні рослини бур'янів, здебільшого: лобода біла, гірчак березковидний.

Таким чином, можна зробити висновок, що найбільш ефективним способом основного обробітку ґрунту контролювання забур`яненості на пшениці озимій та вівса був комбінований обробіток на глибину 14–16 см.

Обробіток ґрунту під сою мав суттєве значення в забур'яненості агроценозів. На час сходів рослин вона була не високою – на кожному квадратному метрі проростало 11,3–22,3 сходів бур'янів посівах сої. В посівах на цей період вегетації злакові однорічні бур'яни були відсутні завдяки додатковій культивації (таблиця 5).

Для встановлення впливу способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість були обстежені посіви кукурудзи на зерно та проведений облік бур`янів в період їх сходів.

Аналіз забур`яненості посівів кукурудзи свідчить, що способи основного обробітку ґрунту певним чином впливають на кількість і співвідношення бур'янів. Так, найменша кількість бур`янів в період сходів рослин кукурудзи відмічалася на ділянці, де проводилася оранка – 37,0 шт./м².

Таблиця 4

Забур'яненість агроценозів при вирощуванні органічної продукції залежно від способів основного обробітку ґрунту, середнє за 2024–2025 рр.

Способи основного обробітку ґрунту	Кількість бур'янів на м^2, шт.										
	Грицики звичайні	Гірчак березковидний	Лобода біла	Талабан польов.	Фіалка польова	Щириця біла	Пасльон	Багато–річні	Всього	в т. ч.	
										дводольні однорічні	однодольні однорічні
пшениця озима											
Безполицевий обробіток важким культиватором на глибину 10–12 см	11,3	8,3	5,3	0,3	0,7	0,3	0,3	1,7	28,2	26,5	0
Безполицевий обробіток важким культиватором на глибину 6–8 см	12,7	9,3	7,7	0,7	1,0	1,0	2,0	1,3	35,7	34,4	0
Безполицевий дисковий обробіток на глибину 10–12 см	10,7	10,0	6,3	1,3	0,7	0,3	1,3	3,3	33,9	30,6	0
Безполицевий дисковий обробіток на глибину 6–8 см	12,6	10,7	8,7	1,3	1,3	0,3	2,3	2,7	39,9	37,2	0
овес											
Безполицевий обробіток важким культиватором на глибину 10–12 см	15,7	20,3	23,7	2,7	0,3	2,0	0,7	2,7	68,1	65,3	0
Безполицевий обробіток важким культиватором на глибину 6–8 см	20,1	24,3	27,3	2,7	1,3	3,0	2,3	3,0	84,0	81,0	0
Безполицевий дисковий обробіток на глибину 10–12 см	14,3	20,7	26,0	3,0	2,0	1,3	2,0	2,7	72,0	69,3	0
Безполицевий дисковий обробіток на глибину 6–8 см	29,0	263	28,7	2,7	3,7	2,3	2,7	3,3	98,7	95,4	0

Таблиця 5

Забур'яненість агроценозів при вирощуванні органічної продукції залежно від способів основного обробітку ґрунту, середнє за 2024–2025 рр.

Способи основного обробітку ґрунту	Кількість бур'янів на м^2,шт.							
	Лобода біла	Гірчак березковид	Плоскуха звичайна	Щириця біла	Багаторічні	Всього	в т. ч.	
							дводольні однорічні	однодольні однорічні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
соя								
Оранка на глибину 20 – 22 см	7,3	1,7	0	2,3	0	11,3	11,3	0
Глибоке рихлення ґрунту на глибину 35 – 40 см	16,3	2,3	0	3,7	0	22,3	22,3	0

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Безполицевий обробіток на глибину 12–14 см	15,7	2,0	0	3,0	0	20,7	20,7	0
Безполицевий дисковий обробіток на глибину 12–14 см	14,7	1,7	0	2,7	0	19,1	19,0	0
кукурудза								
Оранка на глибину 20 – 22 см	24,0	3,7	24,0	9,3	1,7	62,7	37,0	24,0
Глибоке рихлення ґрунту на глибину 35 – 40 см	51,3	4,7	44,0	2,3	0	102,3	58,3	44,0
Безполицевий обробіток на глибину 12–14 см)	55,7	3,7	33,3	2,3	0	99,0	65,7	33,3
Безполицевий дисковий обробіток на глибину 12–14 см	39,4	6,0	25,3	2,0	0	72,3	47,0	25,3

Найбільше бур'янів на квадратному метрі відмічалось на варіанті де було проведене глибоке рихлення ґрунту на глибину 35–40 см – 102,3 в посівах кукурудзи. В агроценозі кукурудзи переважали злакові однорічні бур'яни їх нараховували на метрі квадратному 44,0 шт., та лободи білої – 51,3 шт./м^2.

Способи безполицевого обробітку ґрунту стійками дельта НТ та дисковий обробіток спонукали підвищення загальної кількості бур'янів в посівах кукурудзи у фазу сходів рослин в 1,63–1,15 рази в порівнянні з оранкою.

Серед злакових бур'янів у згаданих агроценозах переважали види мишіїв, а дводольних здебільшого однорічні, а саме види щириць, лободи та гірчака березковидного.

Висновки. Отже, підсумовуючи вище сказане, можна зробити наступні висновки, що способи основного обробітку ґрунту впливають на формування видового і кількісного складу окремих груп бур'янів. Найбільш ефективним заходом способу обробітку ґрунту в контролюванні забур`яненості є полицевий обробіток – оранка на 20–22 см. Як безполицевий важким культиватором так і дискового обробітку ґрунту на 12–14 см створюють умови для посиленого росту бур`янів. Засміченість орного горизонту ґрунту в посівах кукурудзи на зерно та сої після пожнивного вирощування гречки була меншою, ніж в посівах зернових колосових.

Таким чином, в чотирипільній сівозміні соя – пшениця озима – кукурудза на зерно – овес при вирощуванні органічної продукції і максимально ефективного контролю бур'янів рекомендується після зернових колосових культур (пшениця озима та овес) вирощувати гречку в пожнивно; під посіви пшениці озимої та вівса пожнивні рештки попередніх рослин, відповідно сої та кукурудзи на зерно заробляти в ґрунт важким культиватором на 10–12 см.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Албул С.І. Вплив мінімізації основного обробітку ґрунту під кукурудзу в органічному землеробстві Південного Степу України. Аграрний вісник Причорномор'я. 2018. Вип. 87. С. 13–21.

2. Ткаченко М.А. Виробництво органічної сільськогосподарської продукції в умовах воєнного стану. Чабани; Вінниця: ТВОРИ. 2022. 133 с.

3. Мартинюк І.В., Цимбал Я.С., Пташнік М.М., Ільчук Р.В., Мартинюк Н.І. Ефективність контролювання сегетальної рослинності у посівах вівса за орга-

нічного землеробства. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2022. Вип. 1. С. 17–23. https://doi.org/10.54651/agri.2022.01.02

4. Гадзало Я.М., Камінський В.Ф. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні. Київ. Аграрна наука. 2016. 592 с.

5. Демиденко О.В. Органічне виробництво сільськогосподарських культур в умовах Центрального Лісостепу України. Київ: Аграрна наука. 2021. 37 с.

6. Подзерей Р.В. Виробництво органічної продукції рослинництва з урахуванням агрокліматичних умов регіону. Умань. 2023. 129 с.

7. Саверин І.В., Качмар О.Й. Продуктивність кукурудзи за різних систем удобрення в короткоротаційних сівозмінах. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2023. Вип. 73(2). С. 91–109. https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(73)-2-7

8. Kharchenko O., Petrenko S., Sobko M., Medvid S., Zakharchenko E., Pschychenko O. Models of quantitative estimation of sowing density effect on maize yield and its dependence on weather conditions. Scientific papers. Series A. Agronomy. UNIVERSITY of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, Faculty of Agriculture. 2021. Vol. LXIV. 2. P. 224–231.

9. Малієнко А.М., Коломієць М.В., Брухаль Ф.Й., Пташнік М.М., Красюк Л.М., Заяць П.С. Методика польових досліджень з обробітку ґрунту. Вінниця: ТОВ «Твори». 2020. 84 с.

10. Mishchenko Y., Kovalenko I., Butenko A., Danko Y., Trotsenko V., Masyk I. Zakharchenko E., Hotvianska A., Kyrsanova G., Datsko O. Post-Harvest Siderates and Soil Hardness. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2022. Vol. 23(3). P. 54–63. https://doi.org/10.12912/27197050/147148

11. Prymak I., Grabovskyi M., Fedoruk Y. et al. Change of weediness in a five-field crop rotation by minimizing the main tillage of the soil and different levels of fertilizer and its impact on crop productivity. Scientific papers series management, economic engineering in agriculture and rural development. 2023. Vol. 23. Issue 4. P. 725–736.

12. Sobko M., Medvid S., Amons S., Zakharchenko E., Nechyporenko V., Masyk I., Pylypenko V., Kolodnenko N., Rozhko V., Karpenko O., Toryanik V., Selezen O. 2023. Weed infestation of winter wheat in organic crop rotation and economic efficiency of its cultivation. Modern Phytomorphology. Vol. 17. P. 127–131. DOI: 10.5281/zenodo.200121

13. Vincent-Caboud L., Peigné J., Casagrande M., Silva E.M. Overview of organic cover crop-based no-tillage technique in Europe: farmers' practices and research challenges. Agriculture. 2017. Vol. 7(5). P. 42. https://doi.org/10.3390/agriculture7050042

14. Tertychna O., Ryabukha G., Buturlym D. Ecological and economic features of organic agriculture of Ukraine and EU. Problems and Prospects of Economics and Management. 2020. Vol. 1(21). P. 82–90. https://doi.org/10.25140/2411-5215-2020-1(21)-82-90

Дата першого надходження статті до видання: 09.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 634.1:631.527:634.861477.71
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.12

УСПАДКУВАННЯ ЗАБАРВЛЕННЯ ЯГОДИ СЕРЕД НАЩАДКІВ ЧЕРВОНОЯГІДНИХ СОРТІВ ВИНОГРАДУ

Куліджанов Е.В. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри садівництва, виноградарства, біології та хімії,
Одеський державний аграрний університет,
директор,
Південний міжрегіональний центр Державної установи «Держґрунтохорона»
orcid.org/0000-0003-2808-0199

У статті наведено результати гібридологічного аналізу популяцій винограду від схрещувань чортів з чорною та білою ягодою. Аналіз літературних джерел свідчить про те, вказана ознака залишається недостатньо вивченою попри великий обсяг проведених досліджень. Ознака забарвленості є досить складною; один й той самий колір ягоди може бути зумовлений як і індивідуальною дією одного локусу, так і спільною дією двох локусів. Дані про можливе зчеплення цих локусів відсутні. Отже, розподіл по фенотипах не обов'язково відповідає розподілу по генотипах. Складнощів додають ті обставини, що колір ягоди може не збігатися із кольором пігменту; колір пігменту, виділеного з ягоди, коливається в певних межах. Тому виникає необхідність у додаткових методах ідентифікації, за якого розподіл фенотипів відповідав би розподілу генотипів. Проте, одна з давніх гіпотез висунута О.М. Негрулєм у 1936 р. теж має під собою певну основу, та частково підтверджується експериментальними даними. За результатами проведеного гібридологічного аналізу встановлено що в частині з проаналізованих популяцій зафіксовано схеми розщеплення притаманні гіпотезі О.М. Негруля щодо дигенної природи ознаки забарвлення. Разом із тим, частина популяцій продемонструвала інші схеми розщеплення, або схеми, для яких важко підібрати теоретично обґрунтовану схему розщеплення. Через зазначені нюанси, найбільш безспірним є розподіл популяцій на фенотипові класи «забарвлені-незабарвлені» (або «білі-небілі). Таке розщеплення відбувається за локусом fh, та є поліалельним (flavanone 3-hydroxylase), F3'H (flavonoid 3'-hydroxylase), and F3'5'H (flavonoid 3',5'-hydroxylase). Окремим питанням є наявність так званих Myb або Myc факторів що впливають на експресію генів забарвлення та відповідно біосинтез антоціанів. За результатами гібридологічного аналізу у шести схрещувань з десяти виявлено розщеплення на сіянці із забарвленою та незабарвленою ягодою у співвідношенні 1:1. Згідно наших припущень, та описаних у літературі генетичних механізмів, інші співвідношення не мають теоретичної основи (3:1 або 1:3). Наявні відхилення, особливо збільшення кількості незабарвлених сіянців, можна пояснити, кількома причинами. Це може бути або недосконалий облік гібридів із слабкозабарвленою ягодою, або дією тих самих фактів Myb або Myc, що стримують синтез антоціанів. Через наявність білоягідних нащадків у гібридних популяціях, можна припустити, що усі сорти із чорною ягодою є гетерозиготами із рецесивним алелем fh.

Ключові слова: *виноград культурний (Vitis vinifera L.), забарвлення ягоди, успадкування ознаки, генетичне розщеплення, антоціани, гібридні популяції, транскрипційні фактори MYB.*

Kulidzhanov E.V. Inheritance of berry color among the progeny of red-berried grape varieties

The article presents the results of a genetic segregation analysis of grapevine populations derived from crosses between black- and white-berried cultivars. A review of the available literature indicates that berry coloration remains an insufficiently understood trait despite

© Куліджанов Е.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

extensive research efforts. The inheritance of berry color is complex, as the same phenotypic expression may be determined either by the action of a single locus or by the interaction of two loci. Information regarding possible linkage between these loci is currently lacking. Consequently, phenotypic segregation does not necessarily reflect the underlying genotypic segregation.

Further complications arise from the fact that berry skin color does not always correspond directly to the color of the pigments present, while the coloration of pigments extracted from berries may vary within a certain range. Therefore, additional approaches are required to accurately identify genotypes and establish a closer correspondence between phenotypic and genotypic classifications.

Nevertheless, the hypothesis proposed by O.Negrul in 1936 appears to have a sound theoretical basis and is partially supported by experimental evidence. The results of the present segregation analysis demonstrated that several of the analyzed populations exhibited segregation patterns consistent with O.Negrul's hypothesis concerning the digenic inheritance of berry coloration. At the same time, other populations displayed alternative segregation patterns or patterns that could not be readily explained by existing genetic models.

Considering these factors, the most reliable classification appears to be the division of populations into the phenotypic categories "colored" and "non-colored" (or "white" and "non-white"). This segregation is associated with genetic variation in flavonoid hydroxylase genes involved in anthocyanin biosynthesis, particularly F3H (flavanone 3-hydroxylase), F3'H (flavonoid 3'-hydroxylase), and F3'5'H (flavonoid 3',5'-hydroxylase). The inheritance of berry pigmentation is therefore likely influenced by multiple allelic variants and their interactions within the flavonoid biosynthetic pathway. An additional factor that should be considered is the activity of MYB and MYC transcription factors, which regulate the expression of structural genes involved in anthocyanin biosynthesis and consequently affect berry coloration..

The segregation analysis revealed that six out of ten crosses produced progeny with colored and non-colored berries in a 1:1 ratio. Based on our interpretation of the available genetic mechanisms described in the literature, alternative segregation ratios such as 3:1 or 1:3 do not appear to have a clear theoretical basis in the studied material. The observed deviations, particularly the increased proportion of non-colored seedlings, may be attributed to several factors. These include possible inaccuracies in the classification of weakly pigmented berries, as well as the regulatory effects of MYB and MYC factors that may suppress anthocyanin accumulation.

The occurrence of white-berried offspring in the hybrid populations suggests that all black-berried cultivars included in the study may be heterozygous carriers of the recessive fh allele.

Key words: *Vitis vinifera, berry color inheritance, berry pigmentation, genetic segregation, anthocyanins, hybrid populations, flavonoid biosynthesis, MYB transcription factors.*

Постановка проблеми. Вивчення механізму, за яким успадковується забарвлення виноградної ягоди та м'якушу (соку), залишається предметом уваги багатьох дослідників. Від перших гіпотез щодо цього механізму [1, с. 45] проведено багато дослідницької роботи, виявлено біохімічний ланцюг, відповідальний за синтез антоціанів виноградної ягоди. Встановлено, що на біохімічному рівні відміни між генотипами полягають у здатності синтезувати антоціанідини (ціанідин, дельфінідин, пеларгонідин). Наступним рівнем є різниця у здатності перетворювати одні антоціанідини в інші – ціанідин–пеонідин, пеларгонідин–мальвідин, дельфінідин-петунідин [2, 3].

Через низький вміст пеларгонідину є припущення:

– останній синтезується, але його синтез пригніюється (можливо, фактором *Myb*);

– наявність мальвідину у кількостях, співствних із кількостями інших антоціанів, свідчить про те, пеларгонідин, як сировина для мальвідину, теж виробляється у великих кількостях. Проте, можливо, що причиною низької кількості пеларгонідину є не фактор (або не тільки фактор) *Myb*, а саме перетворення пеларгонідину на мальвідин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Фактори, що впливають на характер успадкування забарвлення ягоди, є предметом всебічного вивчення у сучасних

дослідженнях. Загалом встановлено, що 2 локуси – *FHfh* та *OMTomt* – у взаємодії контролюють синтез антоцианів [2, 3], табл. 1.

Окреме місце серед пігментів винограду займає пеларгонідин. Дослідження Sha Xie и др. [5] свідчить про те, що дигідро флавонол 4-редуктаза **(**DFR) теоретично може перетворювати дигідрокаемпферол (DHK) на лейкопеларгонідин, але переважно перетворює дигідрокверцетин – на цианідин, та дигідромирицетин на дельфінідин**.** Проте, якщо мальвідин є похідним від пеларгонідину, наявність другого, принаймні за логікою, передбачає й наявність першого.

Таблиця 1

Відповідність між генотипами, та їх біохімічною та морфологічною експресією за забарвленням ягоди [4, с. 27]

Алель	**Пігмент, та забарвлення ягід за участі алелів**	
	omt	*OMT*
*f*h	білі	Білі
*F3'*H	Цианідин magenta	Пеонідин Magenta
*F3*H	Пеларгонідин red	Мальвідин Purple
*F3'5'*H	Дельфінідин purple	Петунідин Purple

Разом із тим, Shimazaki et al. [6]. вказують на присутність одночасно 5-ти пігментів, виключаючи пеларгонідин. Наведені авторами дані також свідчать про те, що колір самого пігменту, та колір ягоди з цим пігментом, різняться та співпадають одне з одним (рис). Окрім того, колір кожного окремо узятого пігменту не збігався із кольором ягоди (рис. 1). Таким чином, розділити генотипи із забарвленою ягодою, просто за фенотиповими ознаками, може бути складно, через варіювання кольору пігментів.

Для більш глибокого, та всебічного вивчення ознаки забарвлення ягоди необхідне уточнення підходу до ідентифікації фенотипів. Тут було б доцільно проводити таку ідентифікацію шляхом біохімічного аналізу та встановлення антоцианів, фактично наявних у ягодах винограду. Тоді можна було б вивчати успадкування не просто забарвлення, а конкретних пігментів, що зробило б отримувані результати точнішими та конкретнішими.

Аналіз наведених вище гіпотез та експериментальних даних дозволяє, на наш погляд, висунути наступне узагальнення про відповідність запропонованих раніше локусів/алелів та виявлених в останні роки ферментів, що відповідають за біосинтез антоцианів у ягодах винограду.

Білі ягоди – рецесив *fhfh, OMT* – або рецесивний або домінантний алель.

Червоні ягоди – алель *F3'H* гомозиготний або гетерозиготний з алелем *fh,* та при цьому рецесив за локусом *OMT* (цианідин). Проте, якщо пеонідин також має фенотип "magenta" [4, с. 24], то ягоди *OMT* та *omt* сортів або гібридів можуть бути схожі між собою.

Чорні ягоди:

– алелі *F3H* та *F3'5'H* незалежно від інших алелів у локусі (*F3'H* або *fh*), з рецесивом по локусу *OMT* (пеларгонідин та дельфінідин);

– алелі *F3H* та *F3'5'H* незалежно від інших алелів у локусі (*F3'H* або *fh*), з домінантним алелем по локусу *OMT* (мальвідин, петунідин);

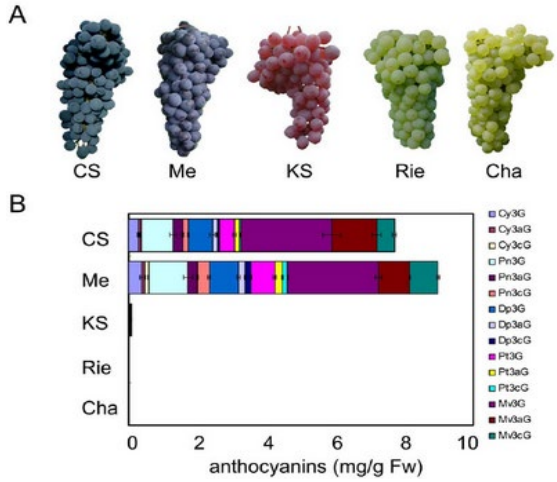


Рис. 1. Співставлення кольорів пігментів та ягід Shimazaki et al. (2011)
А – фенотиповий прояв наявних пігментів у ягодах
В – кольори виділених пігментів

– F3'H у поєднанні з нерецесиним алелем *OMT* – пеонідин, якщо його колір вважати чорним згідно Fei He, et al. 2010 [7, с. 9061–9062].

Тобто, в роботі Fei He, et al., пеонідин зумовлює чорне забарвлення, а в роботах S. Cardoso (2011) [4, с. 24] – рожеве (magenta). Тому згідно (Fei He, et al. 2010) при схрещуванні білоягідних та червоноягідних сортів, в нащадків можуть бути білі, червоні та чорні ягоди, а згідно S.Cardoso [4, с. 24] чорних ягід не може бути. Також, якщо згідно Cardoso пеонідин та цианідин мають однакове забарвлення, то при схрещуванні червоних сортів між собою можуть вищеплюватися тільки червоно- та білоягідні форми (Табл. 2).

Таблиця 2

Вірогідність появи нащадків із чорною ягодою згідно існуючих гіпотетичних механізмів успадкування*

S. Cardoso, 2011					
Генотип ♀	Фенотип ♀	Генотип ♂	Фенотип ♂	Нащадки із забарвленням	
fhfh, OMT	Білі	*F3'H omt*	червоні (рожеве)	*F3'H OMT* *F3'H omt*	червоні
fhfh, OMT	Білі	*F3'H OMT*	червоні (рожеве)	*F3'H OMT*	червоні
Fei He, et al. 2010					
fhfh, omt	Білі	*F3'H omt*	червоні (рожеве)	*F3'H OMT* *F3'H omt*	червоні
fhfh, OMT	Білі	*F3'H omt*	червоні (рожеве)	*F3'H OMT*	чорні

Мальвідін та петунідін, таким чином, можуть синтезуватися з пеларгонідіну та/або дельфінідіну, а пеонідін – з цианідіну. Одночасна присутність вихідних та похідних пігментів не відкидається. Не виключено, що одночасна наявність

цианідину та петунідину може ідентифіккуватися як колір, темніший та інтенсивніший за рожевий (червоний або чорний).

Далі можна припустити максимальну кількість антоціанів які одночасно можуть бути присутні у чорній ягоді – 4, (два з групи цианідин-пеларгонідин-дельфінідин, та два з групи пеонідин-мальвідин-петунідин) мінімальна – 1 (тільки з групи цианідин-пеларгонідин-дельфінідин). Це можливо за умови, якщо вихідні пігменти не повністю перетворюються на похідні, та можуть бути виявлені аналітичними методами [7].

Окремим залишається питання забарвлення м'якушу. Можливо, це є властивістю одного з пігментів, або це може бути окремий генетичний механізм, який контролює локалізацію пігментів по тканинах. Втім, якщо існує такий окремий механізм, то мав би існувати фенотип м'якушу із забарвленням "magenta". Якщо такий не існує, то скоріше за все, здатність локалізуватися у м'якушу притаманна одному з генотипів “red” або “purple”.

Слід також зазначити, що сам факт забарвленості зумовлений локусом FH, а локус OMT зумовлює різноманітність пігментів. Отже, якщо пристати на цю гіпотезу, то вивчення механізму забарвленості – це вивчення випадку, який за припущенням є однолокусним із трьома алелями. Крім того, є ще одне запитання щодо забарвленості соку (м’якушу). Це може бути, або додатковий локус, або дія локусу OMT, що призводить до синтезу одного з пігментів, який так локалізується. А сама по собі локалізація може бути наслідком або властивостей цього пігменту, або якогось іншого механізму, навіть плейотропним ефектом локусу OMT.

Таким чином, візуальне визначення генотипу, що відповідає тому чи іншому забарвленню ягоди винограду, може стикнутися із деякими складнощами.

По-перше, це розбіжності в оцінці фенотипового прояву генотипів що продукують петунідин.

По-друге, це вірогідність візуального накладання кольорів різних пігментів, що ускладнює їхню ідентифікацію, а надалі – ідентифікацію самих генотипів.

Це свідчить про те, що необхідно враховувати існуючі невизначеності під час вивчення механізмів успадкування забарвлення ягоди. Втім, у наших минулих роботах наведено дані, які є проявом саме гіпотези [7], коли серед нащадків схрещування білі*червоні, з’являлися гібриди з чорною ягодою. Таким чином, стає очевидною необхідність, з одного боку, біохімічної ідентифікації фенотипів за забарвленням ягоди, а з іншої – за можливості – більш чіткого визначення назв кольорів для різних фенотипів. Це по суті є продовженням та уточненням вимог до ампелографічного опису сорту – уніфікованість, яка дозволяє однозначно уявити зовнішні ознаки за описом.

Молекулярногенетичні методи [8–12] дозволяють виявити наявність тих чи інших алелів що відповідають за забарвлення, проте цей метод є досить дорогим.

Мета та методика досліджень. Раніше ми вже вивчали [13] механізми успадкування забарвлення годи; проте вихідною точкою було припущення, що «чорна ягода» це одна ознака, тобто один пігмент, вплив одного алеля. Зараз, на підставі аналізу оприлюднених даних, йдеться про 3–4 алелі [4, 6, 7, 8–12]. Фенотипом є не просто колір, а конкретний пігмент Ідентифікація «чорних» пігментів, а точніше можливість розрізнити їх органолептичними методами, практично неможлива. Відповідно, ідентифікація чорноягідних фенотипів має відбуватися за допомогою біохімічних методів. Візуально можна розрізнити білі, червоні, та чорні ягоди. Відповідно, без біохімічної ідентифікації можна розділити та вивчати білі, червоні та чорні фенотипи. За такий розподіл відповідає локус *fhfh* зі всіма можливими

алелями. Виходячи з цього припущення, ми продовжили аналіз гібридних комбінацій, отриманих від схрещування сортів винограду із чорною ягодою між собою, та чорноягідних із білоягідними. Розщеплення за ознакою забарвлення у гібридних популяціях аналізувалося за методом хі-квадрат [13, с. 245, 14, с. 49].

Результати та обговорення. Викладені вище теоретичні положенняя дозволяють застосувати уточнений теоретичний підхід до інтерпретації отриманих експериментальних даних, а саме – розділити фенотипові прояви експресії обох локусів. Локус F3H- зумовлює співвідношення білих та забарвлених нащадків та – частково – червоних та чорних, а локус OMT- – співвідношення червоних та чорних. Такий підхід певною мірою дозволяє аналізувати окремо успадкування по першому локусу за моногібридною схемою. А співвідношення чорних та червоних – фенотипово – за дигібридною схемою.

Аналіз даних табл. 3 свідчить про наявність розщеплення на білі та забарвлені форми в обох схрещуваннях. Отже, усі три сорти є гетерозиготами за локусом F3H-. Оскільки усі батьківські форми забарвлені, один з алелів – *F3'5'H, або F3'H,* або *F3H,* другий алель є рецесивним. В обох схрещуваннях кожен батьківський сорт несе рецесивний алель, тобто всі є гетерозиготами. Отже найбільш вірогідне теоретичне співвідношення білих до забарвлених нащадків – 1:1.

Таблиця 3

Вірогідні схеми розщеплення за забарвленням ягоди в гібридних популяціях винограду (Чорні × чорні)

Комбінація схрещування	Сіянці що мають ягоди, шт				Теор. схема*	Хі-квадрат	
	білі	рожеві	чорні	небілі		факт	теор
Корна нягра × Мускат гамбурзький	11	5	4		4:3:9	12,29	5,99
	11	5	4		7:4:5	1,39	5,99
	11			9	1:1	0,17	3,84
Мускат гамбурзький × Кишмиш чорний	40	13	40		4:3:9	16,09	5,99
	40			53	1:1	0,04	3,84
	40			53	1:3	0,53	3,84
		13	40		1:3	0,0	3,84
		13	40		1:1	0,70	3,84

Розщеплення за ознакою забарвлення серед нащадків комбінації Корна нягра × Мускат гамбурзький відповідало схемі 1:1. У загальновідомі принципи вкладається також схема 1:3, хоча вона не притаманна аналізуючому схрещуванню. Схема розщеплення 3 (білі) : 1 (забарвлені) для моногібридного схрещування не є можливою.

Розщеплення серед нащадків комбінацій чорні*білі на фенотипи білі та небілі (ягоди) може йти по двох напрямках. Якщо алель в локусі F3H- буде один рецесивний алель (не більше), то схрещування буде виглядати як аналізуюче. Якщо будуть присутні будь-які домінантні алелі, то форм з білою ягодою не буде.

Очікуване розщеплення виявлено практично тільки серед нащадків сорту Мускат гамбурзький (табл. 4). У комбінаціях із сортами Чауш білий, Італія, Кишмиш Тарнау, Аскері, ідентифіковано схема розщеплення 1:1. Розщеплення 1:3 виявлено у схрещуваннях із сортом Аскері (також виявлено можливим). Крім того, співвідношення 1:1 виявлено в інших схрещуваннях – Дзвелішаві × Кишмиш зелений, Корна нягра × Гавтені, Агадаї × Кишмиш чорний, Корна нягра × Васарга біла, 6-1-60 (Чауш рожевий × Кишмиш чорний) × Кишмиш чорний. Розщеплення 1:3 виявлене серед нащадків ще 4 схрещувань.

Особливість вивченої ознаки полягає в її прояві. По-перше, розщеплення за локусом ОМТ можна остерігати тільки тоді, коли локус F3H містить алелі, що зумовлюють відсутність пігменту, або наявність цианідину, тобто ягода не є чорною. По-друге, один і той самий фенотип («чорна ягода») може бути зумовлений, як самостійною дією одного алеля *F3'5'H*, або спільною дією алелів *F3'H* або *F3H* разом з ОМТ з іншого локусу. Така невизначеність потребує уточнення підходу до ознаки «забарвлення ягоди», тобто, ідентифікувати тип антоціану, а точніше – фракційний склад антоцианів.

Якщо поділ на фенотипові класи відбувається візуально, то логічно розглядати окремо ознаку забарвлення за принципом «білі/небілі». На користь цього підходу свідчить певна безсистемність у схемі розщеплення серед гібридів.

Таблиця 4

Вірогідні схеми розщеплення за забарвленням ягоди в гібридних популяціях винограду (білі*чорні)

Комбінація схрещування	Сіянці що мають ягоди, шт				Теор. схема*	Хі-квадрат	
	білі	рожеві	чорні	небілі		факт	теор
Агадаї × Мускат гамбурзький	27	7	6		9:2:5	4,00	5,99
	27			13	1:1	4,9	3,84
	27			13	3:1	1,20	3,84
		7	6		1:1	0,08	3,84
Чауш білий Мускат гамбурзький	12	10	4		2:1:1	2,92	5,99
	12			14	1:1	0,15	3,84
		10	4		1:1	2,57	3,84
		10	4		3:1	0,1	3,84
Королева Мускат гамбургский	42	11	14		9:2:5	0,95	5,99
	42	11	14		2:1:1	4,58	5,99
	42			25	1:1	4,31	3,84
Дзвелішаві × Кишмиш зелений	15	3	3		8:4:4	3,86	5,99
		3	3		1:1	0.0	
	15			6	1:1	3,86	3,84
	15			6	3:1	0,14	3,84
Італія × Мускат гамбурзький	12	5	3		9:5:2	0,40	5,99
					2:1:1	2,43	5,99
		5	3		1:1	0,50	3,84
	12			8	1:1	0,8	3,84

Продовження таблиці 4

Комбінація схрещування	Сіянці що мають ягоди, шт				Теор. схема*	Хі-квадрат	
	білі	рожеві	чорні	небілі		факт	теор
Корна нягра Гавтені		9	10		1:1	0,05	3,84
	11			19	1:1	2,13	3,84
	11			19	1:3	2,17	3,84
	11	9	10		2:3:3	3,83	5,99
Мускат гамбурзький × Кишмиш Тарнау	18	13	14		2:1:1	1,84	5,99
	18			27	1:1	1,8	3,84
		13	14		1:1	0,01	3,84
Одеський ранній × Мускат гамбурзький							
	22			7	3:1	0,01	3,84
Агадаї × Кишмиш чорний	30			4	3:1	3,18	3,84
		2	2		1:1	0.0	3,84
Корна нягра × Васарга біла	17	33	42		2:3:3	3,26	5,99
		33	42		1:1	1,08	3,84
	17			75	1:3	2,09	3,84
Мускат гамбурзький × Аскері		5	7		1:1	0,33	3,84
	9			12	1:1	0,43	3,84
	9			12	1:3	3,57	3,84
6-1-60 (Чауш рожевий × Кишмиш чорний) × Кишмиш чорний		6	29		4:1:3	3,87	5,99
	23			35	1:1	2,48	3,84
	23	6	29		1:3	1,15	3,84

* – білі:рожеві:чорні

Розщеплення 3:1 виявлено, проте воно поки не має теоретичного обґрунтування.

Ще одним чутливим моментом може бути визначення межі між білими та світло-рожевим ягодами. Останні теж вважаються забарвленими, але через суб'єктивне сприйняття можуть здаватися білими.

Що стосується оцінки розщеплення за дигібридною схемою, то через зазначені зауваження таке розщеплення має вивчатися з результатами попереднього визначення фенотипових класів, але не органолептичним методом. Дійсно, певні співвідношення виявляються вірогідними, проте вони все ж таки не вкладаються в єдину систему, та базуються тільки на органолептичній оцінці фенотипів.

Висновки. Отримані нами дані щодо розщеплення гібридів винограду за ознакою забарвлення ягоди за принципом забарвлені/незабарвлені вкладаються в існуючі на сьогоднішній день уявлення про механізм успадкування цієї ознаки.

Виявляється очевидною потреба у методі ідентифікації антоцианів (тобто фенотипових класів), за можливості – не методом рідинної хроматографії, який є досить дорогим. Для цього можна використати більш розширену стандартну кольорову шкалу, замість дескриптора OIV, якщо це дозволить візуально розділяти різні антоциани, які на сьогоднішній день відповідають визначенню «чорний». Не виключено, що це може бути комплексний підхід – візуальна оцінка, певні нескладні прилади для розділення кольорів. В цьому разі необхідна певна стандартизація у назвах кольорів, та наявність відповідних кольорових шаблонів [15, 16].

Це дозволить продовжити дослідження ознаки забарвлення, зокрема у напряму механізму забарвлення м'якушу, та механізму прояву різної інтенсивності забарвлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Куліджанов Е. В. Успадкування забарвлення ягоди серед нащадків червоноягідних сортів винограду. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 124. С. 63–68. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.124.9

2. Mazza G. Anthocyanins in grapes and grape products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1995. Vol. 35. P. 341. DOI: https://doi.org/10.1080/10408399509527704. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7576162/ (дата звернення: 16.06.2026).

3. Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains / ed. by G. Mazza, E. Miniati. Boca Raton : CRC Press, 1993. P. 149–199. DOI: https://doi.org/10.1016/0963-9969(93)90093-X

4. Cardoso S. C. Genetics of Berry Colour and Anthocyanin Content Variation in Vitis vinifera L. : Dissertation presented in fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Biology (Molecular Genetics). : Instituto de Tecnologia Química e Biológica da Universidade Nova de Lisboa, 2012. 182 p. URL:http://hdl.handle.net/10362/6181 (дата звернення: 16.06.2026). DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046021.

5. Xie S., Zhao T., Zhang Z., Meng J. Reduction of Dihydrokaempferol by Vitis vinifera Dihydroflavonol 4-Reductase to Produce Orange Pelargonidin-Type Anthocyanins/ *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05766.

6. Shimazaki M., Fujita K., Kobayashi H., Suzuki S. Pink-Colored Grape Berry Is the Result of Short Insertion in Intron of Color Regulatory Gene. *PLOS ONE*. 2011. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021308.

7. Hei F., Mu L., Yan G.-L., Liang N.-N., Pan Q.-H., Wang J., Reeves M. J., Duan C.-Q. Biosynthesis of Anthocyanins and Their Regulation in Colored Grapes. *Molecules.* 2010. Vol. 15, № 12. P. 9057–9091. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules15129057.

8. Guo D.-L., Zhao H.-L., Li Q., Zhang G.-H., Jiang J.-F., Liu C.-H., Yi H.-Y. Genome-wide association study of berry-related traits in grape (Vitis vinifera L.) based on genotyping-by-sequencing markers. *Horticulture Research*. 2019. Vol. 6. Article 11. DOI: https://doi.org/10.1038/s41438-018-0089-z. URL: https://www.nature.com/hortres (дата звернення: 16.06.2026).

9. Jiang J., Fan X., Zhang Y., Tang X., Li X., Liu C., Zhang Z. Construction of a High-Density Genetic Map and Mapping of Firmness in Grapes (Vitis vinifera L.) Based on Whole-Genome Resequencing. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. Vol. 21. Article 797. DOI: https://doi.org/10.3390/ijms21030797.

10. Lei S., Li S., Jiang J., Tang X., Fan X., Zhang Y., Liu J., Liu C. New quantitative trait locus (QTLs) and candidate genes associated with the grape berry color trait identified based on a high-density genetic map. *BMC Plant Biology*. 2020. Vol. 20. Article 302. DOI: https://doi.org/10.1007/BF03042626. URL: https://rdcu.be/cBS1m (дата звернення: 16.06.2026).

11. Wang H., Yan A., Sun L., Sun G., Zhang X., Ren J., Xu H. Novel stable QTLs identification for berry quality traits based on high-density genetic linkage map construction in table grape. *BMC Plant Biology*. 2020. Vol. 20. Article 411. DOI: https://doi.org/10.1186/s12870-020-02630-x.

12. Correa J. et al. New stable QTLs for berry firmness in table grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2016. Vol. 67. P. 212–217.

13. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В. О. Єщенко, та ін. ; за заг. ред. В. О. Єщенка ; 2-ге вид., перероб. і допов. Вінниця : Едельвейс і К, 2014. 332 с. ISBN 978-617-7237-14-2.

14. Генетика : підручник / А. В. Сиволоб та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с. ISBN 978-966-439-108-2.

15. International Organisation of Vine and Wine (OIV). URL: https://www.oiv.int/en/what-we-do/amp/226 (дата звернення: 16.06.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 27.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 556.133: 551.58
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.13

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ЕВАПОТРАНСПІРАЦІЄЮ ТА СТУПЕНЕМ ПОСУШЛИВОСТІ КЛІМАТУ

Лиховид П.В. *– д.с.-г.н., старший дослідник,*
головний науковий співробітник відділу використання меліорованих земель,
Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-0314-7644
Аверчев О.В. *– д.с.-г.н., професор,*
завідувач кафедри землеробства,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-8333-2419
Чабан В.О. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри безпеки життєдіяльності
та професійно-прикладної фізичної підготовки,
Херсонська державна морська академія
orcid.org/0000-0003-0900-2128

Глобальне потепління є серйозним викликом для підтримки продуктивності агроекосистем, оскільки його багатогранні прояви включають низку негативних метеорологічних явищ. Одним із найбільш шкодочинних із них є наростання посушливості та опустелювання, особливо у регіонах із початково високим дефіцитом природного зволоження. Метою дослідження є встановлення взаємозв'язку між величиною евапотранспірації (ET_0) за Пенман-Монтейтом та індексом аридності як маркером ступеня посушливості клімату на глобальному рівні та на рівні контрастних європейських кліматів. Методичним базисом дослідження стала відкрита глобальна база даних Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3.1. Математико-статистичну обробку даних та побудову регресійних моделей залежності величини індексу аридності від потенційної евапотранспірації виконували методом регресійного аналізу за алгоритмом найменших квадратів (OLS) у програмному середовищі Python 3. У якості представників європейських контрастних кліматів було обрано Україну (Dfb), Норвегію (Dfc), Іспанію (BSh) та Великобританію (Cfc). У результаті розрахункової роботи було встановлено, що у глобальному розрізі дольова участь евапотранспірації у формуванні посушливості клімату не перевищує 40%, а тому даний фактор не може вважатися вирішальним. Оцінка взаємозв'язку між індексом аридності та потенційною евапотранспірацією у контрастних кліматах Європи дозволила встановити істотний сильний вплив випаровуваності на формування посушливості. Максимально стабільним впродовж усього року він є у спекотному степовому кліматі Іспанії. Найбільшу силу впливу (82,8%) зафіксовано в умовах теплого континентального клімату України в період липня місяця, а найменшу – 8% – у період січня місяця в помірному холодному кліматі Великобританії. Спільною рисою є посилення впливу рівня випаровуваності на індекс аридності в теплий період року і суттєве зниження у холодний.

Ключові слова: *екологія, зміна клімату, зрошення, математичне моделювання, Пенман-Монтейт, регресійний аналіз, Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database.*

© Лиховид П.В., Аверчев О.В., Чабан В.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Lykhovyd P.V., Averchev O.V., Chaban V.O. Agroecological analysis of the relationship between evapotranspiration and severity of climate aridity

Global warming is a serious challenge for agricultural ecosystems sustainability, as its manifestation includes numerous adverse meteorological phenomena. Aridity aggravation and desertification are among the most harmful events, especially in the initially vulnerable regions with natural moisture deficit. The purpose of this study is to establish relationship between values of Penman-Monteith evapotranspiration (ET_0) and aridity index as a marker of climate aridity level. The study was conducted on global scale and for the contrasting European climates. The methodical basis was represented by the open Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3.1. Mathematical and statistical data processing and regression modeling for the dependence of aridity index magnitude on potential evapotranspiration were performed by the ordinary least squares (OLS) regression analysis algorithm in Python 3 programming environment. For European contrasting climates Ukraine (Dfb), Norway (Dfc), Spain (BSh) and Great Britain (Cfc) were chosen. As a result of the calculations, it is established that on the global scale share of evapotranspiration in climate aridity formation does not exceed 40%, therefore, this factor cannot be decisive. Evaluation of the relationship between aridity index and potential evapotranspiration in contrasting climates of Europe revealed significantly strong influence of evapotranspiration on aridity formation. The highest stability of the influence throughout the whole year was established for Spain. The strongest (82.8%) effect was observed in the conditions of warm continental climate of Ukraine, and the least – 8% – during January in moderate cold climate of Great Britain. The common trait is an increase in evapotranspiration effects on aridity index during the warm period of year, and significant decrease in cold period.

Key words: *ecology, climate change, irrigation, mathematical modeling, Penman-Monteith, regression analysis, Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database.*

Актуальність дослідження. Глобальне потепління та пов'язані з ним зміни клімату є одним із найскладніших і найбільш загрозливих викликів сьогодення. Стрімка зміна кліматичних умов приводить до каскаду трансформацій у природних екосистемах і агрофітоценозах, які є особливо чутливими та вразливими до нових, вкрай нестабільних і часто екстремальних погодних умов, і реагують на них істотним зниженням продуктивності, що у свою чергу ставить під загрозу продовольчу безпеку.

Серед головних наслідків глобальної зміни клімату науковці виділяють такі як зростання температури приземного шару атмосфери (причому темпи зростання істотно варіюють залежно від територіального розташування та за порою року), подальше зміщення співвідношення газів у приземному шарі атмосфери (що є водночас і першопричиною кліматичних змін), просторову і часову нерівномірність надходження опадів (часті періоди тривалої посухи змінюються зливами), зростання частоти несприятливих атмосферних і екологічних явищ (шторми, урагани, сильні грози, град, повені, підтоплення). Усе це веде до каскаду пов'язаних змін у біосфері як то, наприклад, зсуви та зниження біорозмаїття, міграція і вимирання видів, трансформація ґрунтового покриву, поява нових видів хвороб із підвищеною вірулентністю, а також нових мутацій у шкідників і зростання темпів розвитку їх поколінь, тощо [1]. Перелічені фактори становлять загрозу ефективному виробництву продукції рослинництва, яка є основою забезпечення продовольчої безпеки. Хоча окремі дослідники вказують і на певні позитивні наслідки кліматичних змін, наприклад, можливість інтродукції нових культурних видів, можливість прискореного розвитку рослин на полі і впровадження 2- або 3-врожайної культури, у більшості регіонів планети глобальне потепління спричинило негативні наслідки [2]. Втім, чи не на першому місці у багатьох куточках планети постає загроза опустелювання та втрати врожаїв через високий дефіцит природного зволоження на тлі зростаючих температур у вегетаційний період, що веде якщо не до повної загибелі, то до суттєвих втрат урожаю та зниження його якісних

показників. Чи не головною рушійною силою у цьому процесі на думку більшості науковців постає висока температура повітря приземного шару атмосфери, яка веде до істотного зростання потенційної евапотранспірації з денної поверхні поля [3]. Проте остаточно не доведено, що власне цей фактор є основою наростання посушливості клімату та опустелювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Не дивлячись на актуальність вивчення взаємозв'язку між потенційною евапотранспірацією та індексом аридності, на сьогодні існує обмежена кількість опублікованих наукових результатів із даної тематики. Ряд дослідників стверджує, що саме зростання температур приземного шару атмосфери та супутнє підвищення потенційної евапотранспірації є головою рушійною силою посилення посушливості клімату в багатьох куточках планети [4]. Так, наприклад, доведено, що саме випаровуваність із денної поверхні має найбільший вплив на деіфцит природної вологи у північному Китаї: дольова участь фактору евапотранспірації згідно проведеного науковцями математичного аналізу метеорологічних даних складає 63,41% [5]. Схожих висновків дійшли й інші групи дослідників, які встановили певну географічну залежність ступеня впливу евапотранспірації на посушливість кліматичних умов, і відмітили максимальну домінанту цього параметра на території США [6]. Згідно досліджень Pan et al. (2021), опади і потенційна евапотранспірація є головними визначальними факторами ступеня посушливості клімату, причому дослідники наголошують на домінантному впливі саме кількості та просторового розподілу опадів у більшості регіонів планети (крім Європи та Східної Азії), у той час як випаровуваність має менший вирішальний вплив. Втім, науковці наголошують, що з прискоренням темпів глобального потепління роль потенційної евапотранспірації у встановленні режиму посушливості щорічно зростає в середньому на 0,07% [7].

З іншого боку, в науковій періодиці все частіше зустрічаються докази на користь того, що рівень евапотранспірації не є головною рушійною силою зростаючої аридизації. Так, наприклад, встановлено другорядну роль евапотранспірації в зростанні посушливості клімату для низки районів Китаю, розташованих в межах Лесового Плато [8]. Подібного висновку дійшли й інші науковці, які встановили значно сильніший вплив кількості та розподілу опадів на індекс аридності у порівнянні з евапотранспірацією [9]. Є наукові дані, що відносна вологість повітря, просторовий і часовий розподіл опадів – це визначальні фактори впливу на ступінь посушливості клімату [10, 11].

Отже, питання впливу величини евапотранспірації на ступінь посушливості клімату залишається дискусійним. На нашу думку, допомогти вирішити його може математичне моделювання взаємозв'язків між індексом аридності та випаровуваністю на глобальному рівні та на рівні окремих територій із контрастними типами клімату. Враховуючи недостатній рівень саме модельних досліджень із цього напряму, дана тематика є актуальною як для України, так і для глобальної агроекологічної науки.

Постановка завдання. Метою дослідження було встановити математичні зв'язки між індексом аридності в редакції UNEP, як маркером посушливості клімату, та потенційною евапотранспірацією за рівнянням Пенман-Монтейта в редакції ФАО у глобальному річному та помісячному розрізах за період 1970–2000 рр. на основі відкритої бази даних Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3.1, оновленої у липні 2025 р. [12]. За результатами дослідження буде визначено роль евапотранспірації у зростанні посушливості клімату на глобальному рівні, а також на рівні основних кліматично контрастних країн Європи (Норвегія, Україна, Велика Британія, Іспанія).

Матеріали і методи. У дослідженні використовували відкриту базу даних Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3.1, яка вже була успішно використана для оцінки агрокліматичних умов Херсонської області України [13]. Методологія дослідження взаємозв'язку між референсною евапотранспірацією (ET_0), оціненої за рівнянням Пенман-Монтейта в редакції ФАО, та індексом аридності (AI) в редакції UNEP базується на застосуванні методів математичної статистики та просторового аналізу геоінформаційних даних. В основу математичного підходу покладено побудову парних лінійних регресійних моделей, які дають змогу кількісно оцінити ступінь та характер залежності між зазначеними параметрами як у глобальному масштабі, так і на рівні окремих регіонів. Моделювання здійснювали шляхом апроксимації просторово-розподілених даних методом найменших квадратів (OLS), де залежною змінною виступає індекс аридності, а незалежним предиктором – величина евапотранспірації. Адекватність та надійність отриманих регресійних рівнянь оцінювали за допомогою комплексу статистичних критеріїв, зокрема коефіцієнта детермінації (R^2), що характеризує частку поясненої дисперсії, та F-критерію Фішера для перевірки загальної значущості моделі [14]. Поряд із цим здійснюється діагностика структури залишків моделі з використанням інформаційного критерію Акаіке (AIC) для оцінки відносної якості моделей та критерію Дарбіна-Уотсона (DW) для виявлення автокореляції у просторових часових рядах [15].

Програмна реалізація зазначеного математичного апарату орієнтована на високоефективну обробку надвеликих масивів базових геопросторових кліматичних даних. Для забезпечення високої обчислювальної швидкодії та раціонального використання ресурсів оперативної пам'яті розроблено спеціалізований алгоритм мовою Python 3 із залученням бібліотек rasterio, pandas, numpy, statsmodels та pyarrow. Початковий етап обробки передбачає декодування растрових файлів формату GeoTIFF, екстракцію векторів географічних координат (lon, lat) та формування бінарної маски суші за значеннями індексу аридності. Для оптимізації подальших обчислень просторово-узгоджені дані сум евапотранспірації та показників аридності конвертуються у бінарний формат Apache Parquet із застосуванням компресії Snappy, що забезпечує миттєвий доступ до мільйонів точок спостереження.

Регіоналізація розрахунків для окремих територій, таких як європейські країни з контрастним кліматом, а саме Україна, Норвегія, Іспанія та Велика Британія, реалізується шляхом просторової фільтрації координат у заданих обмежувальних прямокутниках (bounding boxes). Для запобігання переповненню пам'яті при обробці багатомільйонних вибірок розрахунок регресійних параметрів та статистичних метрик виконується за допомогою оптимізованих векторних операцій numpy з примусовим звільненням тимчасових масивів та циклічним викликом garbage collector. Сформований програмний комплекс забезпечує повний цикл автоматизованого аналізу: від первинного декодування растрових сіток до генерації підсумкових аналітичних таблиць і статистичних звітів у форматі CSV для щомісячних та річних часових інтервалів.

Зазначену математико-статистичну обробку даних виконували у річному та помісячному розрізах на глобальному (планетарному) рівні, а також для окремих країн Європи із контрастним кліматом для виявлення відмінностей у взаємовідношенні досліджуваних показників у різних кліматичних реаліях. Під час вибору країн з контрастним кліматом керувалися сучасною кліматичною мапою Європи [16], згідно якої Україна має клімат типу Dfb (холодний континентальний без сухого сезону з теплим літом); Норвегія – Dfc (холодний континентальний без сухого сезону з холодним літом); Іспанія – BSh (сухий степовий спекотний); Великобританія – Cfc (помірний без сухого сезону з холодним літом). Таким чином, було охоплено та порівняно чотири типові кліматичні ареали Європи.

Виклад основного матеріалу дослідження. В першу чергу зупинимо увагу на результатах моделювання, виконаних у глобальному річному розрізі (Табл. 1). Величина коефіцієнту детермінації свідчить про помірний взаємозв'язок між величиною евапотранспірації та індексом аридності. Втім, менше ніж 50% варіювання показника посушливості клімату може бути пояснено за рахунок евапотранспірації, що свідчить на користь гіпотези про другорядну роль випаровуваності у формуванні клімату.

Таблиця 1

Результати регресійного аналізу зв'язку між евапотранспірацією та індексом аридності за алгоритмом OLS (річний розріз) на глобальному рівні

Параметр моделі	Значення
Залежна змінна	Індекс аридності
Кількість спостережень	777600000
Коефіцієнт детермінації	0,401
F-статистика	$5{,}207\times10^{8}$
Константа	$0{,}9227\pm3{,}43\times10^{-5}$
Регресійний коефіцієнт	$-1{,}411\times10^{-5}\pm6{,}18\times10^{-10}$
Критерій Акаіке	$1{,}133\times10^{9}$
Критерій Дарбіна-Уотсона	0,010

У випадку аналізу даних у місячному розрізі (табл. 2) встановлено ще менш переконливий вплив евапотранспірації на індекс посушливості кілмату. Так, величина коефіцієнту детермінації в окремі періоди року (зокрема, весняно-літній період) не перевищує 0,21. Це свідчить про надзвичайно низький, хоча і статистично істотний, вплив евапотранспірації на глобальне кліматотворення. Максимальна тіснота зв'язку між індексом аридності та величиною евапотранспірації спостерігається у холодний період року (листопад – грудень).

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу зв'язку між евапотранспірацією та індексом аридності за алгоритмом OLS (місячний розріз)* на глобальному рівні

Параметр моделі	Значення по місяцях					
Перша половина року	I	II	III	IV	V	VI
R^2	0,294	0,226	0,102	0,103	0,155	0,163
F-stat	$5{,}88\times10^{7}$	$4{,}12\times10^{7}$	$1{,}61\times10^{7}$	$1{,}61\times10^{7}$	$2{,}58\times10^{7}$	$2{,}75\times10^{7}$
C	116,049	101,580	108,203	108,203	139,067	145,277
b	-19,381	-18,798	-18,652	-18,652	-22,446	-22,262
AIC	$1{,}18\times10^{9}$	$1{,}14\times10^{9}$	$1{,}15\times10^{9}$	$1{,}15\times10^{9}$	$1{,}08\times10^{9}$	$1{,}10\times10^{9}$
DW	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
Друга половина року	VII	VIII	IX	X	XI	XII
R^2	0,163	0,207	0,271	0,288	0,320	0,316
F-stat	$2{,}75\times10^{7}$	$3{,}68\times10^{7}$	$5{,}25\times10^{7}$	$5{,}69\times10^{7}$	$6{,}63\times10^{7}$	$6{,}52\times10^{7}$
C	150,918	145,304	132,461	126,736	113,612	116,529
b	-22,370	-23,944	-27,375	-27,868	-19,412	-19,294
AIC	$1{,}11\times10^{9}$	$1{,}07\times10^{9}$	$1{,}05\times10^{9}$	$1{,}11\times10^{9}$	$1{,}14\times10^{9}$	$1{,}18\times10^{9}$
DW	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001

Примітка: кількість помісячних спостережень – 140992691; залежна змінна – індекс аридності; R^2 – коефіцієнт детермінації; F-stat – критерій Фішера; C – константа; b – коефіцієнт регресії; AIC – критерій Акаіке; DW – критерій Дарбіна-Уотсона.

Аналіз даних у розрізі країн Європи із контрастним кліматом за річні періоди засвідчив, що у різних кліматичних умовах сила впливу потенційної випаровуваності на посушливість клімату є неоднаковою (табл. 3). В усіх досліджуваних країнах встановлено істотність взаємозв'язку між досліджуваними метеорологічними параметрами, але тіснота була мінімальна в умовах холодного континентального клімату Норвегії, та максимальною – в умовах спекотного степового клімату Іспанії.

Таблиця 3

Результати регресійного аналізу зв'язку між евапотранспірацією та індексом аридності за алгоритмом OLS (річний розріз) за країнами Європи з контрастним кліматом

Параметр моделі	Значення за країнами			
	Україна	Норвегія	Великобританія	Іспанія
Залежна змінна	Індекс аридності			
Кількість спостережень	1903675	1518353	558237	988698
Коефіцієнт детермінації	0,456	0,420	0,528	0,641
F-статистика	$1{,}60\times10^{6}$	$1{,}10\times10^{6}$	$9{,}96\times10^{5}$	$1{,}11\times10^{6}$
Константа	3,333	6,569	9,531	3,996
Регресійний коефіцієнт	-0,002	-0,007	-0,011	-0,002
Критерій Акаіке	$3{,}69\times10^{5}$	$2{,}18\times10^{6}$	$9{,}15\times10^{6}$	$1{,}19\times10^{6}$
Критерій Дарбіна-Уотсона	0,006	0,015	0,026	0,006

Вивчення внутрішньорічних особливостей дозволило встановити, що в умовах теплого континентального клімату України максимальна сила впливу випаровуваності на формування посушливості спостерігається у найбільш теплу пору року, починаючи з травня місяця і закінчуючи вереснем (коефіцієнт детермінації в межах 0,67–0,83, тобто зміни в евапотранспірації пояснюють понад 50% у зміни інтенсивності посух в Україні у зазначений період). У той самий час, в холодний період року вплив евапотранспірації є незначним (табл. 4).

Таблиця 4

Результати регресійного аналізу зв'язку між евапотранспірацією та індексом аридності за алгоритмом OLS (місячний розріз) для України*

Параметр моделі	Значення по місяцях					
Перша половина року	I	II	III	IV	V	VI
R^2	0,287	0,380	0,252	0,492	0,675	0,785
F-stat	$7{,}67\times10^{5}$	$1{,}16\times10^{6}$	$6{,}40\times10^{5}$	$1{,}84\times10^{6}$	$3{,}95\times10^{6}$	$6{,}95\times10^{6}$
C	18,750	27,168	49,728	92,596	142,531	161,487
b	-2,029	-4,890	-13,533	-28,765	-50,670	-53,196
AIC	$3{,}98\times10^{6}$	$4{,}68\times10^{6}$	$6{,}79\times10^{6}$	$6{,}98\times10^{6}$	$7{,}63\times10^{6}$	$7{,}17\times10^{6}$
DW	0,021	0,014	0,008	0,010	0,010	0,011
Друга половина року	VII	VIII	IX	X	XI	XII
R^2	0,828	0,770	0,714	0,582	0,451	0,334
F-stat	$9{,}14\times10^{6}$	$6{,}39\times10^{6}$	$4{,}75\times10^{6}$	$2{,}65\times10^{6}$	$1{,}56\times10^{6}$	$9{,}56\times10^{5}$
C	177,557	159,427	107,609	60,776	27,355	18,834
b	-71,562	-78,307	-48,630	-18,676	-3,584	-1,791
AIC	$7{,}61\times10^{6}$	$8{,}37\times10^{6}$	$7{,}61\times10^{6}$	$6{,}66\times10^{6}$	$4{,}93\times10^{6}$	$4{,}11\times10^{6}$
DW	0,011	0,008	0,009	0,009	0,014	0,020

Примітка: кількість помісячних спостережень – 1903675; залежна змінна – індекс аридності; R^2 – коефіцієнт детермінації; F-stat – критерій Фішера; C – константа; b – коефіцієнт регресії; AIC – критерій Акаіке; DW – критерій Дарбіна-Уотсона.

Щодо Норвегії, то в умовах холодного континентального клімату евапотранспірація демонструє мінімальний вплив на посушливість (табл. 5). У осінній, зимовий та ранньовесняний періоди року вплив евапотранспірації фактично є дуже обмеженим, і пояснює від 1 до 33% варіації в індексі аридності. У теплий літній період року ступінь впливу випаровуваності істотно зростає, але не перевищує максимуму в 71,9% на період липня місяця.

Таблиця 5

Результати регресійного аналізу зв'язку між евапотранспірацією та індексом аридності за алгоритмом OLS (місячний розріз) для Норвегії*

Параметр моделі	**Значення по місяцях**					
Перша половина року	I	II	III	IV	V	VI
R^2	0,328	0,170	0,011	0,153	0,426	0,668
F-stat	$7{,}42\times10^5$	$3{,}10\times10^5$	$1{,}72\times10^4$	$2{,}75\times10^5$	$1{,}13\times10^6$	$3{,}05\times10^6$
C	20,537	13,819	23,753	51,655	103,307	127,518
b	-2,429	-1,105	-0,411	-4,994	-26,434	-32,724
AIC	$3{,}87\times10^6$	$4{,}07\times10^6$	$5{,}00\times10^6$	$5{,}67\times10^6$	$6{,}45\times10^6$	$5{,}76\times10^6$
DW	0,091	0,054	0,030	0,018	0,011	0,021
Друга половина року	VII	VIII	IX	X	XI	XII
R^2	0,719	0,437	0,061	0,013	0,288	0,337
F-stat	$3{,}88\times10^6$	$1{,}18\times10^6$	$9{,}82\times10^4$	$2{,}01\times10^4$	$6{,}13\times10^5$	$7{,}72\times10^5$
C	129,124	89,152	43,605	21,017	31,130	26,722
b	-29,926	-10,991	-1,552	-0,505	-3,791	-3,298
AIC	$5{,}55\times10^6$	$5{,}88\times10^6$	$6{,}02\times10^6$	$5{,}26\times10^6$	$4{,}35\times10^6$	$4{,}02\times10^6$
DW	0,032	0,016	0,026	0,032	0,064	0,098

Примітка: кількість помісячних спостережень – 1518353; залежна змінна – індекс аридності; R^2 – коефіцієнт детермінації; F-stat – критерій Фішера; C – константа; b – коефіцієнт регресії; AIC – критерій Акаіке; DW – критерій Дарбіна-Уотсона.

Стосовно Іспанії, в умовах спекотного степового клімату розподіл сили впливу евапотранспірації на індекс аридності є більш рівномірним і не спостерігається таких разючих контрастів між теплим і холодним періодами року (табл. 6). Цікаво, що максимальну силу впливу зафіксовано для періоду травень – червень, не дивлячись на те, що цей проміжок часу не є найбільш спекотним. У зимові місяці традиційно взаємозв'язок між досліджуваними показниками істотно знижується.

Таблиця 6

Результати регресійного аналізу зв'язку між евапотранспірацією та індексом аридності за алгоритмом OLS (місячний розріз) для Іспанії*

Параметр моделі	**Значення по місяцях**					
Перша половина року	I	II	III	IV	V	VI
R^2	0,198	0,342	0,487	0,676	0,788	0,744
F-stat	$2{,}44\times10^5$	$5{,}13\times10^5$	$9{,}38\times10^5$	$2{,}07\times10^6$	$3{,}68\times10^6$	$2{,}87\times10^6$
C	38,662	51,646	89,337	119,074	159,937	195,004
b	-2,123	-4,134	-16,048	-30,644	-57,032	-121,579
AIC	$3{,}81\times10^6$	$3{,}73\times10^6$	$4{,}24\times10^6$	$4{,}28\times10^6$	$4{,}45\times10^6$	$5{,}19\times10^6$
DW	0,017	0,018	0,012	0,014	0,016	0,013
Друга половина року	VII	VIII	IX	X	XI	XII

Продовження таблиці 6

Параметр моделі	Значення по місяцях					
R^2	0,688	0,652	0,691	0,476	0,270	0,168
F-stat	$2{,}18\times10^6$	$1{,}85\times10^6$	$2{,}21\times10^6$	$8{,}97\times10^5$	$3{,}66\times10^5$	$1{,}99\times10^5$
C	221,946	198,219	144,516	89,383	49,230	36,467
b	-219,220	-139,855	-60,761	-14,488	-3,638	-1,877
AIC	$5{,}83\times10^6$	$5{,}70\times10^6$	$4{,}74\times10^6$	$4{,}48\times10^6$	$4{,}02\times10^6$	$3{,}72\times10^6$
DW	0,012	0,014	0,017	0,010	0,012	0,019

Примітка: кількість помісячних спостережень – 988698; залежна змінна – індекс аридності; R^2 – коефіцієнт детермінації; F-stat – критерій Фішера; C – константа; b – коефіцієнт регресії; AIC – критерій Акаіке; DW – критерій Дарбіна-Уотсона.

У Великобританії максимальну тісноту взаємозв'язку між випаровуваністю та індексом аридності зафіксовано для літнього періоду (липень – вересень), причому коефіцієнт детермінації в жоден із місяців не перевищує 0,7 (табл. 7). Навесні вплив евапотранспірації на зміни в посушливості клімату країни є помірним (в межах 50–55%), у той час як у холодний осінньо-зимовий період він є несуктгєвим (8–16%).

Таблиця 7

Результати регресійного аналізу зв'язку між евапотранспірацією та індексом аридності за алгоритмом OLS (місячний розріз) для Великобританії*

Параметр моделі	Значення по місяцях					
Перша половина року	I	II	III	IV	V	VI
R^2	0,080	0,165	0,538	0,534	0,461	0,557
F-stat	$4{,}82\times10^4$	$1{,}10\times10^5$	$6{,}50\times10^5$	$6{,}40\times10^5$	$4{,}77\times10^5$	$7{,}01\times10^5$
C	23,545	25,098	44,862	65,614	93,547	106,416
b	-1,078	-1,078	-2,820	-7,980	-15,032	-22,151
AIC	$1{,}84\times10^6$	$1{,}54\times10^6$	$1{,}47\times10^6$	$1{,}51\times10^6$	$1{,}74\times10^6$	$1{,}90\times10^6$
DW	0,082	0,108	0,085	0,073	0,046	0,036
Друга половина року	VII	VIII	IX	X	XI	XII
R^2	0,687	0,697	0,623	0,314	0,107	0,114
F-stat	$1{,}22\times10^6$	$1{,}29\times10^6$	$9{,}22\times10^5$	$2{,}56\times10^5$	$6{,}69\times10^4$	$7{,}18\times10^4$
C	115,012	101,694	65,019	39,871	24,913	23,125
b	-27,149	-18,939	-5,523	-1,750	-1,125	-1,235
AIC	$2{,}14\times10^6$	$2{,}13\times10^6$	$1{,}76\times10^6$	$1{,}57\times10^6$	$1{,}73\times10^6$	$1{,}65\times10^6$
DW	0,028	0,031	0,058	0,078	0,073	0,100

Примітка: кількість помісячних спостережень – 558237; залежна змінна – індекс аридності; R^2 – коефіцієнт детермінації; F-stat – критерій Фішера; C – константа; b – коефіцієнт регресії; AIC – критерій Акаіке; DW – критерій Дарбіна-Уотсона.

Таким чином, виявлено певні закономірності взаємозв'язку між ступенем посушливості клімату, вираженого через індекс аридності, та рівнем евапотранспірації. У глобальному масштабі, евапотранспірація є впливовим, але вірогідніше за все, другорядним фактором визначення інтенсивності посушливості. Вивчення взаємозв'язку між досліджуваними показниками у регіональному розрізі в різних кліматах дозволило встановити, що тип клімату грає неабияку роль у тому, наскільки впливовим є фактор випаровуваності. Так, наприклад, у річному розрізі найсильнішим він є в Іспанії, а найменш значним – у Норвегії. Більш детальний

аналіз помісячних періодів дозволив встановити, що максимально сильно евапотранспірація впливає на посушливість у період липня місяця в Україні, перевершуючи навіть Іспанію. Мінімальний вплив на аридизацію у помісячному розрізі випаровуваність чинить у Великобританії. Спільною рисою усіх типів клімату є максимальний вплив у теплий (пізньовесняний та літній) період року і мінімальний – у холодний.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що у глобальному розрізі дольова участь евапотранспірації у формуванні посушливості клімату не перевищує 40%, а тому даний фактор не може вважатися вирішальним. Оцінка взаємозв'язку між індексом аридності та потенційною евапотранспірацією у контрастних кліматах Європи дозволила встановити істотний сильний вплив випаровуваності на формування посушливості. Максимально стабільним впродовж усього року він є у спекотному степовому кліматі Іспанії. Найбільшу силу впливу (82,8%) зафіксовано в умовах теплого континентального клімату України в період липня місяця, а найменшу – 8% – у період січня місяця в помірному холодному кліматі Великобританії. Спільною рисою є посилення впливу рівня випаровуваності на індекс аридності в теплий період року і суттєве зниження у холодний.

Майбутні дослідження будуть зосереджені на розширенні набору даних за більш сучасний період (2000–2025 рр.) та деталізації оцінки взаємозв'язку між евапотранспірацією та індексом аридності на більш широкій вибірці контрастних кліматів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Janni M., Maestri E., Gulli M., Marmiroli M., Marmiroli N. Plant responses to climate change, how global warming may impact on food security: A critical review. *Frontiers in Plant science*. 2024. Vol. 14. P. 1297569. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1297569

2. Прокопенко К. О., Удова Л. О. Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Economy & Forecasting*. 2017. Вип. 1. С. 92–107. https://doi.org/10.15407/eip2017.01.092

3. Hakami-Kermani A., Babazadeh H. Evapotranspiration and water requirement changes of main crops under climate change conditions in a semi-arid region. *Applied Water Science*. Vol. 16. No. 1. P. 18. https://doi.org/10.1007/s13201-025-02696-8

4. Sardans J., Miralles A., Tariq A., Zeng F., Wang R., Penuelas J. Growing aridity poses threats to global land surface. *Communications Earth & Environment*. 2024. Vol. 5. No. 1. P. 776. https://doi.org/10.1038/s43247-024-01935-1

5. Han X., Chen Y., Fang G., Li Z., Li Y., Di Y. Spatiotemporal variations and driving factors of water availability in the arid and semiarid regions of Northern China. *Remote Sensing*. 2024. Vol. 16. No. 22. P. 4318. https://doi.org/10.3390/rs16224318

6. Um M.-J., Kim Y., Park D., Jung K., Wang Z., Kim M. M., Shin H. Impacts of potential evapotranspiration on drought phenomena in different regions and climate zones. *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 703. P. 135590. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135590

7. Pan N., Wang S., Liu Y., Li Y., Xue F., Wei F., Yu H., Fu B. Rapid increase of potential evapotranspiration weakens the effect of precipitation on aridity in global drylands. *Journal of Arid Environments*. 2021. Vol. 186. P. 104414. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104414

8. Zhao Y., Zou X., Zhang J., Cao L., Xu X., Zhang K., Chen Y. Spatio-temporal variation of reference evapotranspiration and aridity index in the Loess Plateau Region of China, during 1961–2012. *Quaternary International*. 2014. Vol. 349. P. 196–206. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.050

9. Yin Y., Ma D., Wu S. Nonlinear changes in aridity due to precipitation and evapotranspiration in China from 1961 to 2015. *Climate Research*. 2018. Vol. 74. P. 263–281. https://doi.org/10.3354/cr01500

10. Zhang K.-X., Pan S.-M., Zhang W., Xu Y.-H., Cao L.-G., Hao Y.-P., Wang Y. Influence of climate change on reference evapotranspiration and aridity index and their temporal-spatial variations in the Yellow River Basin, China, from 1961 to 2012. *Quaternary International*. 2015. Vol. 380. P. 75–82. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.12.037

11. Huo Z., Dai X., Feng S., Kang S., Huang G. Effect of climate change on reference evapotranspiration and aridity index in arid region of China. Journal of Hydrology. 2013. Vol. 492. P. 24–34. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.04.011

12. Zomer R. J., Xu J., Trabucco A. Version 3 of the Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database. *Scientific Data*. 2022. Vol. 9. P. 409.

13. Вожегова Р. А., Лиховид П. В., Лавренко С. О., Пілярська О. О. Можливості застосування бази даних «Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration (ET0) Database v3» в агрокліматичних умовах Херсонської області. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 19–23. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.3

14. Fisher R. A. The goodness of fit of regression formulae, and the distribution of regression coefficients. *Journal of the Royal Statistical Society*. 1922. Vol. 85. No. 4. P. 597–612.

15. Bozdogan H. Model selection and Akaike's information criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. *Psychometrika*. 1987. Vol. 52. No. 3. P. 345–370. https://doi.org/10.1007/BF02294361

16. Cui D., Liang S., Wang D., Liu Z. A 1 km global dataset of historical (1979–2013) and future (2020–2100) Koppen-Geiger climate classification and bioclimatic variables. *Earth System Science Data*. 2021. Vol. 13. No. 11. P. 5087–5114. https://doi.org/10.5194/essd-13-5087-2021

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633«324»:633.35:631526.3:631.53.048:631.559
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.14

УРОЖАЙНІСТЬ СОРТІВ ГОРОХУ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ВИСІВУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Лихочвор В.В. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри технологій у рослинництві,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького
orcid.org/0000-0003-0377-6157
Андрушко М.О. *– д.філос. з агрономії,*
в.о. доцента кафедри технологій у рослинництві,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького
orcid.org/0009-0001-3421-0749
Андрушко О.М. *– к с.-г.н.,*
доцент кафедри землеробства, селекції та захисту рослин,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького
orcid.org/0000-0003-3825-6960

Горох озимий більш поширений в зонах, що характеризуються дефіцитом вологи. В умовах достатнього зволоження Західного Лісостепу він майже не вивчався. Метою досліджень було встановити найурожайніший сорт для даних умов. Досліджувалися три найбільш поширені сорти в Україні: Балтрап, Ендуро та Мороз. Завданням досліджень було встановлення оптимальної норми висіву для цих сортів у діапазоні 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2 млн/га. Польові дослідження проводились на дослідному полі Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. Висока врожайність гороху пояснюється сприятливими гідротермічними умовами в роки досліджень та інтенсивною технологією вирощування з використанням мінеральних добрив та засобів захисту рослин. Найвищу врожайність одержано у сорту озимого гороху Ендуро, яка в середньому за нормами висіву і роками досліджень становила 5,80 т/га Урожайність у сорту Балтрап була на рівні 5,57 т/га, що на 0,23 т/га (4 %) менше порівняно з сортом Ендуро. У сорту Мороз формувалась найнижча урожайність 5,53 т/га, що на 0,27 т/га (4,7 %) менше ніж у сорту Ендуро і на 0,04 т/га менше порівняно з сортом Балтрап. Встановлено відносно низьку реакцію сортів на такий елемент технології, як норма висіву насіння. У сорту Балтрап за норм висіву 1,0; 1,1; 1,2 млн/га урожайність змінювалась лише на 0,01 та 0,03 т/га при найменшій істотній різниці 0,06-0,08 т/га. Достовірне зменшення врожайності від норми висіву було встановлено лише за знижених норм висіву 0,8 та 0,9 т/га. Урожайність на цих варіантах знизилась на 0,22 та 0,13 т/га. Вищий вміст білка та вихід його з 1 га виявлено у сорту Балтрап, відповідно 24,7 % та 1,38 т/га, дещо менші ці показники у сорту Ендуро, а саме 22,9 % та 1,33 т/га і найнижчі у сорту Мороз, відповідно 21,5 % та 1,19 т/га.

Ключові слова: *горох озимий, сорти, норми висіву, урожайність, якість.*

© Лихочвор В.В., Андрушко М.О., Андрушко О.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Lykhochvor V.V., Andrushko M.O., Andrushko O.M. Yield of winter pea varieties depends on sowing rate in the Western Forest-Steppe of Ukraine

Winter peas are more common in areas characterized by moisture deficiency. In the conditions of sufficient moisture of the Western Forest-Steppe, it has hardly been studied. The purpose of the research was to establish the most productive variety for these conditions. The three most common varieties in Ukraine were studied: Baltrap, Enduro and Moroz. The task of the research was to establish the optimal seeding rate for these varieties in the range of 0.8; 0.9; 1.0; 1.1; 1.2 million/ha. Field research was conducted at the experimental field of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhytsky. The high yield of peas is explained by favorable hydrothermal conditions during the years of research and intensive cultivation technology with the use of mineral fertilizers and plant protection products. The highest yield was obtained in the winter pea variety Enduro, which on average according to the sowing rates and years of research was 5.80 t/ha. The yield of the Baltrap variety was at the level of 5.57 t/ha, which is 0.23 t/ha (4%) less than the Enduro variety. The lowest yield of 5.53 t/ha was formed in the Moroz variety, which is 0.27 t/ha (4.7%) less than the Enduro variety and 0.04 t/ha less than the Baltrap variety. A relatively low response of varieties to such an element of technology as the seed sowing rate was established. In the Baltrap variety, at sowing rates of 1.0; 1.1; 1.2 million/ha, the yield changed only by 0.01 and 0.03 t/ha with the smallest significant difference of 0.06 - 0.08 t/ha. A significant decrease in yield from the seeding rate was found only at reduced seeding rates of 0.8 and 0.9 t/ha. The yield on these variants decreased by 0.22 and 0.13 t/ha. The highest protein content and yield per 1 ha were found in the Baltrap variety, 24.7% and 1.38 t/ha, respectively, these indicators were somewhat lower in the Enduro variety, namely 22.9% and 1.33 t/ha, and the lowest in the Moroz variety, 21.5% and 1.19 t/ha, respectively.

Key words: *winter peas, varieties, seeding rates, yield, quality.*

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах особливого значення набуває впровадження адаптивних технологій вирощування, які зменшують ризик впливу кліматичних факторів. На думку вчених, перспективним напрямом є розвиток технологій вирощування гороху озимого, який відзначається раннім відновленням вегетації, ефективним використанням зимових та весняних запасів вологи, уникненням літньої посухи та зниженням ризику впливу високих температур під час генеративного розвитку [1, с. 4; 2, с. 382].

Морфологічна та фізіологічна адаптивність дозволяє інтегрувати горох в різноманітні моделі виробництва, від інтенсивних до регенеративних систем. Горох слід розглядати не тільки як окрему культуру, а як стратегічний компонент диверсифікованих сільськогосподарських систем, спрямованих на збільшення урожайності білка, оптимізацію витрат, покращення якості ґрунту та зміцнення довгострокової стійкості агроекосистем [3, с. 2].

Постановка проблеми. Озимий горох рекомендується до вирощування переважно в зонах, що характеризуються дефіцитом вологи. В умовах достатнього зволоження західного Лісостепу озимий горох менш поширений і рахується, що він може поступатись за рівнем урожайності ярому. Тому актуальним є проведення додаткових польових досліджень з встановлення потенціалу продуктивності озимого гороху. Для цієї відносно нової культури є потреба уточнення майже всіх основних елементів технології вирощування, особливо з врахуванням зональних особливостей. Так, аналіз рекомендацій щодо строків сівби озимого гороху показує значну розбіжність, зокрема це вересень, жовтень, листопад. Норми висіву рекомендуються в дуже широкому діапазоні від 0,6 млн/га до 1,6 млн/га. Метою наших досліджень було оптимізувати норму висіву сортів гороху озимого для створення певної площі живлення, за якої рослини отримають достатньо елементів живлення, вологи і сонячної енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Озимий горох характеризується генетично обумовленою зимостійкістю та здатністю проходити яровизацію.

Завдяки ранній осінній сівбі та активному розвитку восени (формування розетки, укорінення), він витримує суттєві морози та швидко відновлює ріст після зими. Це дозволяє значно раніше формувати урожай і забезпечує його стабільність в умовах кліматичних стресів, особливо в посушливих регіонах [4, с. 6]. У світі постійно зростає попит на озимі зернові бобові культури [5, с. 3].

Озимий горох стійкий до морозів і витримує до – 17°С. Навесні відновлення вегетації відбувається раніше за інші культури. Навіть при пошкодженні морозом він здатний утворювати бічні пагони, при цьому не знижуючи врожайність [7, с. 9; 6, с. 50].

У дослідженнях, проведених у Румунії встановлено, що урожайність гороху озимого за осінньої сівби була вищою і становила 4,8 т/га, тоді як за весняної сівби вона знизилась до 1,8 т/га [8, с. 181]. За даними австрійських дослідників, урожайність озимого гороху була майже вдвічі вищою, ніж ярого [9, с. 112]. Сорти озимого гороху формували вищу на 1,83 т/га врожайність, порівняно з ярими сортами [10, с. 1655].

За даними дослідників, сорти НС Мороз і Ендуро характеризуються достатніми рівнями стійкості до знижених температур та вилягання. В умовах півдня України оптимальні строки сівби наступають в середині жовтня [11, с. 156; 12, с. 140]. За іншими даними, строки сівби співпадають з строками сівби озимої пшениці [13, с. 116].

Встановлено, що строки збирання настають раніше на 14–16 днів, порівняно з ярим [13, с. 117; 2, с. 382].

Аналіз результатів досліджень показує відсутність єдиної думки щодо встановлення оптимальної норми висіву для сортів гороху озимого. Норма висіву має забезпечити сприятливу густоту розміщення рослин на площі. Її встановлюють залежно від біологічних особливостей сорту і ґрунтово-кліматичної зони вирощування.

В умовах Південного Степу України, з метою забезпечення високої якості зерна та досягнення максимальної економічної ефективності, рекомендують включити в систему сівозміни зимуючі форми гороху, зокрема сорти Мороз, Ендуро і Балтрап. Згідно з технологічними вимогами для зимуючих сортів гороху, рекомендовано використовувати норму висіву насіння у кількості 0,7 мільйона [14, с. 8].

Вивчення широкого діапазону норм висіву (0,6; 1,1; 1,6 млн/га) дало такі результати. Сорт Ендуро мав меншу продуктивність за норми висіву 0,6 млн/га, яка становила 3,01 т/га. Із збільшення густоти до 1,6 млн/га урожайність зросла до 3,34 т/га. Сорт Мороз, на відміну від Ендуро, навпаки сформував вищий рівень продуктивності за нижчої норми висіву (0,6 млн/га), урожайність склала 3,43 т/га. У варіанті з висівом 1,6 млн/га сорт Мороз має нижчу біологічну врожайність 3,13 т/га. Автори роблять висновок, що данні сорти в умовах правобережного Лісостепу України потребують індивідуального підходу до вибору норм висіву [15, с. 59].

Оптимальною нормою висіву насіння для озимих сортів була 0,7 млн/га, для ярих – 0,9 млн/га [16, с. 179]. Норма висіву сорту Мороз 1,0–1,1 млн/га [13, с. 118].

У посушливих умовах висівають насіння менше, у зоні достатнього зволоження більше.

За даними науковців за рівнем урожайності сорти Ендуро та Мороз майже не відрізнялись. Так, у варіантах, де вносились основні добрива $N_{10}P_{46}K_0 + N_{40}$ та $N_{64}P_{46}K_0 + N_{40}$ з весняним підживленням урожайність становила відповідно 3,15 та 3,08 т/га у сорту Ендуро та 3,15 та 3,24 т/га у сорту НС Мороз [17, с. 58].

Внесення мінеральних добрив при сівбі озимого гороху в посушливих умовах Південного Степу сприяє підвищенню продуктивності культури. Найбільші

приросту урожаю зерна (1,48–1,33 т/га) отримані за використання повного мінерального добрива $N_{30-45}P_{40}K_{40}$ [18, с. 12].

В умовах південно-степової зони України встановлено особливості акумуляції та розподілу макро- і мікроелементів листостебловою масою, зерном та корінням гороху озимого. Встановлено підвищення швидкості надходження токсичних елементів до вегетативної маси рослин гороху та зниження при переході їх із вегетативної маси до зерна [19, с. 68].

Для озимих сортів гороху з метою забезпечення високої врожайності за вирощування за інтенсивною технологією з використанням мінеральних добрив та засобів захисту рослин в умовах достатнього зволоження є потреба уточнити норму висіву для різних сортів.

Методика досліджень. Завданням досліджень було встановлення оптимальної норми висіву для сортів озимого гороху Балтрап, Ендуро та Мороз в умовах достатнього зволоження західного Лісостепу України. Польові дослідження проводились на дослідному полі Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений з вмістом гумусу 2,4 %. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, pH сольової витяжки 5,9–6,0. Вміст легкогідролізованого азоту 80–82 мг, рухомих форм фосфору та калію (за методикою Чирикова) відповідно 96–98 мг та 106–108 мг на 1 кг ґрунту.

Гідротермічні умови були сприятливими для росту і розвитку рослин гороху озимого. У 2023 році сума опадів становила 780 мм, опади рівномірно розподілились впродовж вегетації. Температура повітря була близькою до норми і становила 7,1°С. У 2024 році випало 820 мм. Відсутність опадів у період з 25 квітня по 4 червня не позначилось негативно на формуванню врожаю гороху. Температура повітря в 2024 році становила 7,9°С. У 2025 році до 24 грудня були плюсові температури. Сума температур за рік становила 7,2°С. За рік випало 790 мм. Усі три роки були сприятливими для формування високої врожайності озимого гороху.

Облікова площа – 50 м^2, повторність досліду триразова, розміщення ділянок систематичне. Досліджували для трьох сортів п’ять норм висіву 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2 млн/га.

Технологія вирощування озимого гороху була наступною. Попередник озима пшениця. Система удобрення передбачала внесення $P_{60}K_{60}$ + N_{60} +Mg_{20} + S_{30}. Азотні добрива (аміачна селітра) були використані для мінералізації 6 т соломи і внесені відразу після збирання озимої пшениці перед дискуванням. Амофос та хлористий калій вносили під оранку. Магнієві та сірчані добрива (сульфат магнію, $Mg_{20}S_{30}$) використані навесні у підживлення по тало-мерзлому ґрунті. Строки сівби 30 вересня. Глибина сівби 5 см. Норми висіву згідно схеми досліду.

Мікродобриво Вуксал Борон (1,5 л/га) вносили у фазі бутонізації гороху одночасно з фунгіцидом Амістар Екстра (ципроконазол, 80 + азоксистробін, 200). Для боротьби з дводольними бур’янами навесні вносили гербіцид Базагран (бентазон, 480 г/л) з нормою 2,5 л/га. Проти шкідників двічі використовували інсектициди: Фастак (альфа-циперметрин, 100 г/л) у фазі початку цвітіння з нормою 0,20 л/га та Енжіо (тіаметоксам, 141 г/л + лямбда-цигалотрин, 106 л/га) у фазі цвітіння з нормою 0,18 л/га.

Характеристика сортів гороху озимого.

Балтрап. Оригінатор – Florimond Desprez, Франція. Озимий сорт з можливістю весняної сівби. Ранньостиглий. Вусатий, напівбезлистий, жовтозерний. Характеризується високою зимостійкістю, добре зимує при висоті рослини 4 см. Витримує низькі зимові температури на рівні озимої пшениці. Рослина

середньоросла – 75–85 см. Характерна висока стійкість до вилягання, а також до аскохітозу, іржі, борошнистої роси. Сорт надзвичайно екологічно пластичний, тому придатний для вирощування в усіх агроекологічних зонах: Степу, Лісостепу та Поліссі. Не вибагливий до попередників. Кількість зерен у бобі – 6–7 шт. Потенційна врожайність – 6,0 т/га. Вміст білка – 24–26 %. Маса 1000 насінин – 170–190 г. Норма висіву – 1,0–1,2 млн/га. Глибина свби – 5–6 см [20].

Ендуро. Оригінатор Selgen, Чехія Сорт озимий, жовтозерний, безлистий (вусатий). Ультраранній, збір врожаю на 10 днів раніше, ніж ярих горохів. Встигає розвинутися до настання посухи. Характеризується високою зимостійкістю, витримує до 16 градусів на поверхні землі. Швидко відновлюється після пошкодження морозами. Висота рослини орієнтовно 76 см. Стійкий до вилягання, придатний для прямого комбайнування. Рослина добре відцвітає та формує 10–12 бобів. Кількість зерен у бобі – 5–8 шт. Рекомендовані терміни сівби 25.10–15.11. Урожайність висока 4,0–4,5 т/га, потенційна врожайність – 6,0 т/га. Маса 1000 насінин – 190–200 г. Норма висіву – 1,0–1,2 млн/га. Вміст білка – 22,7–24,2 % [21].

Мороз. Оригінатор – NS Seme, Сербія. Високоврожайний, вусатий, ультраранній сорт рівномірного дозрівання. Збирання врожаю проводиться за десять днів до збирання озимого ячменю, в середньому від 10 до 15 червня. Відмінно переносить низькі температури до –17–19°С, на рівні з озимою пшеницею. Рослини висотою 60–80 см, з частими вузликами в нижній частині стебла, що збільшує стійкість до вилягання. Рослини розгалужуються і в середньому мають по два стебла. Боби знаходяться у верхній частині стебла, що також значно зменшує втрати при механізованому збиранні. Кількість бобів на рослині коливається між 10 і 14. Зерно круглої форми, від світло-кремового до світло-зеленого кольору. Урожайність зерна 4,0–6,2 т/га. Зерно гороху, враховуючи дуже низький вміст антинутрієнтів у насінні, не потрібно термічно обробляти, але тільки правильно зберігати у складах, і використовувати в харчуванні. Кількість зерен у бобі – 6–8 шт.; маса 1000 насінин – 180–200 г; Норма висіву – 1,0–1,1 млн/га; Вміст білка – 21–23,0 %. Глибина сівби 3–5 см [22; 23].

Результати досліджень та обговорення. Урожайність гороху була високою, що пояснюється сприятливими гідротермічними умовами в роки досліджень та інтенсивною технологією вирощування. Впродовж вегетаційного періоду рослини були добре забезпечені вологою, а температурний режим відповідав вимогам культури у всіх фазах росту і розвитку. Внаслідок цього урожайність сортів озимого гороху по роках була стабільною. Так, різниця в урожайності по роках у сорту Балтрап становила 0,03 т/га і коливалась в межах 5,55–5,58 т/га (табл. 1). У сорту Ендуро урожайність була в діапазоні 5,79–5,82 т/га, а в сорту Мороз 5,52–5,54 т/га.

Найвищу врожайність формував сорт озимого гороху Ендуро, яка в середньому за нормами висіву і роками досліджень становила 5,80 т/га Урожайність у сорту Балтрап була на рівні 5,57 т/га, що на 0,23 т/га (4 %) менше порівняно з сортом Ендуро. У сорту Мороз формувалась найнижча урожайність 5,53 т/га, що на 0,27 т/га (4,7 %) менше ніж у сорту Ендуро і на 0,04 т/га менше порівняно з сортом Балтрап.

У результаті досліджень встановлено відносно низьку реакцію усіх досліджуваних сортів на такий елемент технології, як норма висіву насіння. У сорту Балтрап за норм висіву 1,0; 1,1; 1,2 млн/га урожайність змінювалась лише на 0,01 та 0,03 т/га при найменшій істотній різниці 0,06–0,08 т/га. Достовірне зниження врожайності від норми висіву було встановлено лише за знижених норм висіву 0,8 та 0,9 т/га. Урожайність на цих варіантах знизилась на 0,22 та 0,13 т/га.

Таблиця 1

Урожайність сортів озимого гороху залежно від норми висіву

Сорт	Норма висіву, млн/га	Роки			Середнє за три роки, т/га	Відхилення,	
		2023	2024	2025		т/га	%
Балтрап	0,8	5,40	5,47	5,42	5,43	- 0,22	3,9
	0,9	5,49	5,49	5,58	5,52	- 0,13	2,3
	1,0	5,61	5,64	5,61	5,62	- 0,03	0,5
	1,1	5,63	5,68	5,64	5,65	-	-
	1,2	5,65	5,61	5,66	5,64	- 0,01	0,2
	Середнє за рік	5,55	5,58	5,58			
	Середнє по сорту				5,57	- 0,23	4,0
Ендуро	0,8	5,65	5,60	5,61	5,62	- 0,28	4,7
	0,9	5,76	5,70	5,70	5,72	- 0,18	3,1
	1,0	5,89	5,88	5,84	5,87	- 0,03	0,5
	1,1	5,90	5,84	5,93	5,89	- 0,01	0,2
	1,2	5,90	5,93	5,87	5,90	-	-
	Середнє за рік	5,82	5,79	5,79			
	Середнє по сорту				**5,80**	-	-
Мороз	0,8	5,29	5,34	5,30	5,31	- 0,34	6,0
	0,9	5,47	5,47	5,53	5,49	- 0,16	2,8
	1,0	5.68	5,63	5,61	5,64	- 0,01	0,2
	1,1	5,64	5,63	5,68	5,65	-	-
	1,2	5,60	5,55	5,56	5,57	- 0,08	1,4
	Середнє за рік	5,54	5,52	5,54			
	Середнє по сорту				**5,53**	**- 0,27**	**4,7**
$НІР_{0,5}$, т/га		0,06	0,08	0,07			

Подібна закономірність спостерігалась і в сорту Ендуро. Найвища урожайність теж формувалась у діапазоні норм висіву 1,0–1,2 млн/га і становила 5,87–5,90 т/га. За норм висіву 0,8 і 0,9 млн/га вона зменшувалась, відповідно, на 0,28 і 0,19 т/га.

У сорту Мороз найвищу врожайність одержали за норм висіву 1,0 – 1,2 млн/га, а зменшення її до 0,8 і 0,9 млн/га спричинило зниження урожайності зерна на 0,34 і 0,16 т/га.

Подібні результати щодо урожайності цих сортів було одержано у дослідженнях Руденка В.А. [14, с. 134-135] в умовах Півдня України. У сорту Мороз залежно від норми висіву урожайність була найменшою і коливалась в межах 0,97–1,21 т/га, у сорту Ендуро – 1,63–2,22 т/га та в сорту Балтрап – 1,55–2,24 т/га. Проте щодо норми висіву результати виявились інші. Усі три сорти найвищу врожайність забезпечили за найменшої норми висіву 0,7 млн/га.

Зерно гороху містить білок, крохмаль, цукри, жир, вітаміни, каротин, мінеральні речовини. Найважливішим показником якості зерна гороху є вміст білка, який найбільше залежить від кліматичних умов та технології вирощування. Результати досліджень показали, що вміст білка більше залежав від сорту і менше коливався під впливом норми висіву. Так, найвищим вмістом білка характеризувався сорт Балтрап, він був у діапазоні 24,1–25,1 % і в середньому становив 24,7 % (табл. 2). За норми висіву 0,8 млн/га вміст білка був найбільщим і дорівнював 25,1 %, а загущення посіву за норми висіву 1,2 млн/га спричинило зниження вмісту білка до 24,1 %.

У сорту Ендуро вміст білка коливався в межах 22,6–23,2 %, а в середньому по нормах висіву становив 22,9 %. У цього сорту теж найвищий вміст білка одержано

за мінімальної норми висіву – 23,2 %. Найменшим вміст білка був у сорту Мороз – 21,1–21,9 %, а залежність від норми висіву було аналогічною з іншими сортами. У середньому за нормами висіву вміст білка дорівнював 215%, що менше порівняно з сортом Ендуро 1,4 % та з сортом Балтрап – на 3,2 %.

Максимальне збільшення вмісту білка становило 14,2 % при основному внесенні $N_{30}P_{40}$ та 15,2 % при розподілі N_{60} на три підживлення за фазами: весняне відновлення росту, формування квіткових бруньок та налив зерна [24, с. 116]. У дослідженнях у Румунії врожайність трьох сортів гороху озимого була вища за 2,5 т/га, а вміст білка перевищив 23 % [25, с. 608].

Таблиця 2

Вміст білка у сортів озимого гороху залежно від норми висіву, середнє за 2023–2025 рр.

Сорт	Норма висіву, млн/га	Вміст білка,%	Відхилення за нормами висіву, %	Вихід білка, т/га	Відхилення, т/га
Балтрап	0,8	25,1	-	1,36	- 0,03
	0,9	25,0	-0,1	1,38	-0,01
	1,0	24,8	-0,3	1,39	-
	1,1	24,5	-0,6	1,38	-0,01
	1,2	24,1	-1,0	1,36	-0,03
	Середнє по сорту	**24,7**	-	**1,38**	--
Ендуро	0,8	23,2	-	1,30	-0,04
	0,9	23,0	-0,2	1,32	-0,02
	1,0	22,8	-0,4	1,34	--
	1,1	22,8	-0,4	1,34	--
	1,2	22,6	-0,6	1,33	-0,01
	Середнє по сорту, відхилення по сортах	**22,9**	**-1,8**	**1,33**	**-0,05**
Мороз	0,8	21,9	--	1,16	-0,05
	0,9	21,7	-0,2	1,19	-0,02
	1,0	21,4	-0,5	1,21	--
	1,1	21,2	-0,7	1,20	-0,01
	1,2	21,1	-0,8	1,18	-0,03
	Середнє по сорту, відхилення по сортах	21,5	-3,2	1,19	-0,09

Завдяки найвищому вмісту білка в зерні, вихід білка з 1 га був найвищим у сорту Балтрап, де він становив залежно від норми висіву 1,36–1,39 т/га. Незважаючи на найвищу врожайність гороху озимого, внаслідок менших показників вмісту білка в зерні, дещо нижчим вихід білка виявився у сорту Ендуро – 1,30–1,34 т/га. Найменшим вихід білка з 1 га виявився у сорту Мороз – 1,16–1,21 т/га, що пояснюється нижчою врожайністю та нижчим вмістом білка в зерні.

Висновки та перспективи подальших досліджень. В умовах достатнього зволоження західного Лісостепу України вищу врожайність (5,80 т/га) одержано у сорту озимого гороху Ендуро, що більше на ніж у сорту Балтрап на 0,23 т/га та

сорту Мороз на 0,27 т/га. Висока врожайність усіх досліджуваних сортів формувалась за норм висіву 1,0; 1,1; 1,2 млн/га. Зменшення норми висіву до 0,9 і 0,8 млн/га призводило до істотного (0,13 – 0,34 т/га) зниження врожайності.

Найвищий вміст білка встановлено у сорту Балтрап, в середньому за варіантами норм висіву – 24,7 %, дещо нижчим він був у сорту Ендуро – 22,9 % та найменший у сорту Мороз – 21,5 %. Вихід білка з 1 га був найвищим у сорту Балтрап – 1,38 т/га, у сорту Ендуро він становив 1,33 т/га і в сорту Мороз – 1,19 т/га

Перспективи подальших досліджень полягають у встановленні найбільш адаптованого сорту озимого гороху та удосконалення технології вирощування в умовах західного Лісостепу України з метою максимальної реалізації його біологічного потенціалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аверчев О.В., Нікітенко М.П., Литвиненко О.І. Горох зимуючий як інструмент кліматично-адаптивного бобового виробництва в умовах Степу України. *Таврійський науковий вісник,* 2025. 145. 1. 3-12. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.1

2. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн., додатковий випуск. Львів. НВФ Українські технології. 2022. 808 с. DOI: https://doi.org/10.31073/roslynnytstvo5vydannya

3. Uhlarik A., Vojnov B., Vasiljevic M., Vujic S., Krstic D., Dolijanovic Z., Seremesic S. Assessing Multiple Agronomic Functions of Winter Pea (*Pisum sativum L.*) Variety Across Different Uses. *Plants,* 2026. 15(8). 1226. 2-21. DOI: https://doi.org/10.3390/plants15081226

4. Аверчев О. В., Нікітенко М. П., Литвиненко О. І. Адаптивний потенціал гороху зимуючого в контексті біологічних особливостей та технологій вирощування. *Таврійський науковий вісник.* 2025. 144. 3-11. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.1

5. Magyar-Tábori K., Udupa S.M., Hanász A., Juhász C., Mendler-Drienyovszki N. Rising Demand for Winter Crops Under Climate Change: Breeding for Winter Hardiness in Autumn-Sown Legumes. *Life (Basel*, 2025. Dec 22, 16(1), 17, 1-38. doi: 10.3390/life16010017.

6. Гамаюнова В. В., Воронкова Г. М. Перспективи вирощування гороху озимого на Півдні України // *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика* : матеріали ІІ міжнар. наук. інтернет-конф. м. Тернопіль, 20 листопада 2020 р. Тернопіль : Західноукраїнський національний університет, 2020. С. 49-51. DOI: http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8228

7. Аверчев О. В., Нікітенко М. П., Литвиненко О. І. Оптимізація технологій вирощування гороху озимого для сталого землеробства в умовах мінливого клімату (Оглядова). *Аграрні інновації.* 2024. № 27. 7–12. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.27.1

8. Bărbieru A. Measuring of yield and other traits of winter peas varieties on different planting dates. *Scientific Papers. Series A. Agronomy.* 2022. Vol. LXV, No. 2, 178-182

9. Neugschwandtnera R W., Bernhuber A., Kammlander S., Wagentristl H., Klimek-Kopyra A. and Kaul H.-P. Yield structure components of autumn- and spring-sown pea (Pisum sativum L.) *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*. 2020. VOL. 70. NO. 2, 109–116 DOI: http://doi.org/10.1080/09064710.2019.1676463

10. Chen C., Miller P., Muehlbauer F., Neill K., Wichman D., McPhee K. Winter Pea and Lentil Response to Seeding Date and Micro- and Macro-Environments. *Agronomy Journal.* 2006. 01 98(6). 1655-1663 DOI: https://doi.org/10.2134/agronj2006.0085

11. Січкар В.І., Кривенко А.І., Соломонов Р.В. Ефективний метод зростання виробництва гороху у степовій зоні України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. 117. 149-157. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.20

12. Sichkar V., & Solomonov R. Genetic peculiarities and strategy of the pea breeding for the winter sowing. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, 2019. (15). 133–143. DOI: https://doi.org/10.37555/.15.2019.184917

13. Панчишин В.З., Можаровський С.В., Шевчук Д.О. *Основні прийоми вирощування гороху озимого.* IV Всеукраїнська науково-практична конференція "Ефективність агротехнологій зони Полісся". 13-14 листопада 2024р. Житомир. 2024. С. 116–119.

14. Руденко В.А. Порівняльна продуктивність зимуючих і ярих сортотипів гороху залежно від норми висіву у південному Степу України:. дис. … д-ра філософії: 201 –Агрономія / Одеський аграрн. ун-т. Одеса. 2023. 195 с.

15. Романов С.М., Сторожик Л.І. Формування густоти гороху озимого залежно від норм висіву насіння та системи удобрення в правобережному Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. 2024. 135. 2. 50–60. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.2.7

16. Shcherbakov V., Rudenko V. Physiological and biochemical aspects of optimising the sowing rate of spring and winter Pisum sativum forms. *Journal of Applied Life Sciences and Environment.* 2023. Vol. 56. Issue 2(194). 167–180. DOI: :10.46909/alse-562093

17. Романов С.М., Сторожик Л.І. Продуктивність гороху озимого залежно від азотного удобрення та біологічних препаратів в умовах Степу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2023. 31. 58-67. DOI: https://doi.org/10.47414/np.31.2023.292490

18. Бурикіна С.І., Сергєєв Л.А. Мінеральні добрива як фактор підвищення урожайності гороху підзимової сівби. *Аграрні інновації*. 2023. 19. 12-18. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.2

19. Бурикіна С.І., Когут І.М., Руденко В.А. Хімічний склад рослин гороху підзимової сівби в зоні Південного Степу України. *Зернові культури.* 2023. № 7(1). 68–75. DOI: 10.31867/2523-4544/0260

20. Балтрап. – сорт озимого гороху, URL: https://www.oseva.com.ua/gorox-ozimij-balltrap/

21. Ендуро – сорт озимого жовтозерного гороху, URL: https://www.oseva.com.ua/gorox-ozimij-enduro/

22. Горох озимий НС Мороз. 2022. URL: https://agrorost.com.ua/ua/n324513-goroh-ozimij-moroz.html

23. Горох НС Мороз. URL: https://aseed.com.ua/ru/katalog/posivnulmaterial-ozumi/685-goroh-ozimyj-ns-moroz.html

24. Бурикіна С.І., Сергєєв Л. А., Куліджанов Г.В., Чепурних В.М. Якість зерна озимого гороху залежно від систем удобрення та погодних умов на півдні України. *Зернові культури.* 2024, 8(1), 110-118. DOI: 10.31867/2523-4544/0318

25. Moldovan C. M., Pleșa A., Mălinaș A., Suciu L., Vidican R. Yield and protein content of winter pea (pisum sativum) varieties in an organic farming system. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2025. Vol. LXVIII. No. 2. 604-610

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.15:631.559:631.1(477)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.15

АГРОБІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

Мокрієнко В.А. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри рослинництва,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-5604-442X

Кукурудза залишається однією з базових культур зернового балансу України, однак результативність її вирощування істотно відрізняється між регіонами внаслідок неоднакового вологозабезпечення, температурного режиму, ґрунтових умов, технологічної інтенсивності та впливу воєнних чинників. Метою дослідження було оцінити агробіологічну ефективність вирощування кукурудзи в регіонах України за рівнем і стабільністю врожайності зерна, визначити просторові закономірності продуктивності та обґрунтувати напрями регіональної адаптації технологій. Інформаційною основою слугували показники площі зібраних посівів, валового збору та врожайності зерна за 2021–2025 рр., наведені у вихідному масиві національної й обласної статистики. Для 22 областей із порівнюваними часовими рядами розраховано середню врожайність, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, відносну ефективність порівняно із середнім по Україні та скоригований на мінливість показник продуктивності. Застосовано описову статистику, ранжування, групування і двофакторний дисперсійний аналіз. Установлено, що середня врожайність зерна в Україні становила 7,09 т/га, а її міжрічна мінливість була помірною (CV = 8,7 %). Площа зібраних посівів у 2025 р. залишалася на 19,8 % меншою, ніж у 2021 р., тоді як валовий збір був нижчим на 26,7 %. Відмінності між областями пояснювали 81,0 % загального варіювання врожайності, річні умови – 6,1 %, а залишкова складова – 12,9 %. Найвищу середню врожайність сформували Тернопільська (9,95 т/га), Хмельницька (9,63), Львівська (9,14), Волинська (8,81) та Чернігівська (8,66 т/га) області. Високопродуктивна група з дев'яти областей характеризувалася середньою врожайністю 8,83 т/га і середнім CV 8,1 %, тоді як у низькопродуктивній групі ці показники становили 3,93 т/га і 37,3 %. Поєднання високої продуктивності та низької мінливості найчіткіше виявилося у Тернопільській, Львівській, Волинській, Хмельницькій, Івано-Франківській, Чернігівській і Рівненській областях. Практичне значення результатів полягає в можливості диференціювати добір гібридів, строки сівби, систему живлення та водозберігальні прийоми відповідно до регіонального типу продуктивності.

Ключові слова: *урожайність зерна, регіональна диференціація, коефіцієнт варіації, продуктивність, агрокліматичний ризик, адаптація технології.*

Mokrienko V.A. Agrobiological efficiency of maize cultivation across the regions of Ukraine

Maize remains a key component of Ukraine's grain balance, although the performance of its cultivation differs substantially among regions because of unequal water supply, temperature conditions, soil properties, technological intensity and wartime disruptions. The aim of the study was to assess the agrobiological efficiency of maize cultivation in the regions of Ukraine according to the level and stability of grain yield, identify spatial productivity patterns and substantiate directions for regional adaptation of cultivation technologies. The information base consisted of harvested area, gross grain output and yield data for 2021–2025 presented in the supplied national and oblast-level statistical dataset. For 22 oblasts with comparable time series, mean yield, standard deviation, coefficient of variation, relative efficiency compared with the national mean and a variability-adjusted productivity indicator were calculated. Descriptive statistics, ranking, grouping and two-factor analysis of variance were used. The national mean grain yield was 7.09 t ha-1, with moderate interannual variability (CV = 8.7%). In 2025, the harvested area

© Мокрієнко В.А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

remained 19.8% below the 2021 level, while gross production was lower by 26.7%. Differences among oblasts accounted for 81.0% of total yield variation, annual conditions for 6.1%, and the residual component for 12.9%. The highest average yields were recorded in Ternopil (9.95 t ha-1), Khmelnytskyi (9.63), Lviv (9.14), Volyn (8.81) and Chernihiv (8.66 t ha-1) oblasts. The high-productivity group of nine oblasts had a mean yield of 8.83 t ha-1 and an average CV of 8.1%, whereas the low-productivity group had 3.93 t ha-1 and 37.3%, respectively. The strongest combination of high productivity and low variability was observed in Ternopil, Lviv, Volyn, Khmelnytskyi, Ivano-Frankivsk, Chernihiv and Rivne oblasts. The pronounced west-to-south-east productivity gradient confirms that the realization of maize yield potential in Ukraine increasingly depends on the reliability of water supply during flowering and grain filling. The practical value of the results is the possibility of differentiating hybrid maturity groups, sowing dates, nutrient management and water-saving practices according to the regional productivity type. Further research should integrate yield statistics with crop-specific weather indicators, soil moisture and remote-sensing data.

Key words: *grain yield, regional differentiation, coefficient of variation, productivity, agroclimatic risk, technology adaptation.*

Актуальність теми дослідження. Кукурудза поєднує кормове, продовольче, енергетичне й експортне значення та належить до культур, від яких значною мірою залежить стійкість зернового господарства України. До повномасштабної війни країна входила до групи найбільших світових експортерів кукурудзи: за оцінками міжнародних організацій, її частка у світовому експорті в окремі передвоєнні періоди становила близько 13–15 % [1, 2]. Така роль зумовлює потребу оцінювати не тільки загальний обсяг виробництва, а й територіальну надійність формування врожаю, оскільки зниження продуктивності в кількох великих областях безпосередньо відбивається на внутрішній пропозиції зерна, кормовій базі та експортних можливостях.

Біологічний потенціал кукурудзи реалізується за достатнього тепла, однак культура водночас чутлива до дефіциту вологи в критичні фази розвитку. Найбільші втрати продуктивності зазвичай пов’язані з поєднанням високої температури та недостатньої вологості ґрунту в період викидання волоті, появи приймочок і початкового наливу зерна. Експериментальні дослідження свідчать, що водний дефіцит у ці фази зменшує продихову провідність, фотосинтетичну активність, кількість сформованих зерен і темпи їх наливу [8–10]. Тому однакові технологічні рішення не можуть забезпечувати однаковий результат у Західному Лісостепу, Поліссі, центральній частині країни та посушливому Степу.

Для України актуальність регіональної оцінки посилюється просторовим градієнтом зволоження, що загалом зменшується із заходу та північного заходу до півдня і південного сходу. Моніторингові матеріали Об’єднаного дослідницького центру Європейської комісії засвідчили, що посушливі явища 2024 р. найбільше обмежували літні культури в центральних і східних областях, а у 2025 р. контраст між достатнім водозабезпеченням північних і західних регіонів та дефіцитом опадів на півдні й сході зберігався [6, 7]. Отже, середня врожайність має розглядатися разом із її міжрічною мінливістю, оскільки саме таке поєднання характеризує реальну агробіологічну придатність території для стабільного вирощування культури.

Окремий вимір проблеми формують воєнні втрати. Скорочення доступної площі, мінування, порушення логістики, дефіцит ресурсів і неповнота статистичного спостереження змінили просторову структуру виробництва після 2022 р. Супутникові та статистичні дослідження підтверджують істотні втрати посівних площ і врожаю в зонах бойових дій, а також необхідність поєднання офіційної статистики з даними дистанційного моніторингу [4, 5]. У таких умовах регіональна оцінка продуктивності набуває не лише агрономічного, а й стратегічного значення.

Постановка проблеми. У більшості виробничих оглядів області порівнюють за абсолютним рівнем урожайності або за обсягом валового збору. Проте висока врожайність окремого року не завжди означає стійку реалізацію потенціалу культури. Регіон може швидко нарощувати продуктивність за сприятливих погодних умов і так само різко втрачати її під час посухи. Навпаки, дещо нижчий, але стабільний рівень урожайності може забезпечувати більшу прогнозованість виробництва та менший ризик технологічних інвестицій.

Поняття агробіологічної ефективності в цій роботі розглядається як здатність регіонального агроценозу кукурудзи реалізовувати високий рівень урожайності за мінімально можливої міжрічної мінливості. Такий підхід поєднує продуктивну реакцію рослин із надійністю її прояву в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Він не підмінює економічної ефективності, але формує біологічну основу для розрахунку окупності технологічних заходів, доцільності розширення площ і вибору групи стиглості гібридів.

Метою дослідження було оцінити агробіологічну ефективність вирощування кукурудзи в регіонах України за 2021–2025 рр. Для досягнення мети передбачалося: проаналізувати національну динаміку площ, валового збору та врожайності; визначити внесок регіональних і річних відмінностей у загальне варіювання; ранжувати області за середньою продуктивністю та стабільністю; виокремити високопродуктивні, середньопродуктивні й низькопродуктивні групи; обґрунтувати напрями адаптації технології вирощування для різних типів регіонів.

Методика досліджень. Інформаційну основу становив наданий масив показників виробництва кукурудзи за 2021–2025 рр. Він містив загальноукраїнські значення зібраної площі, валового збору та врожайності, а також річні показники врожайності в розрізі 23 областей. Дані Автономної Республіки Крим у масиві відсутні. Через обмежену репрезентативність показників Луганської області її значення наведено довідково, але не включено до основного статистичного порівняння. Показники 2025 р. розглядали як попередню оцінку завершеного виробничого циклу.

Для кожної області визначали середню врожайність за п’ятирічний період, стандартне відхилення, мінімум, максимум і коефіцієнт варіації. Значення CV до 10 % інтерпретували як низьку міжрічну мінливість, 10–20 % – як помірну, понад 20 % – як високу. Відносну агробіологічну ефективність (Er) розраховували як відношення середньої врожайності області до середнього показника України (7,09 т/га), виражене у відсотках. Для спільного врахування продуктивності й мінливості використовували скоригований показник Es = Ymean × (1 – CV/100), де Ymean – середня врожайність області.

Області групували за середньою врожайністю: високопродуктивні – понад 8,0 т/га; середньопродуктивні – від 5,0 до 8,0 т/га; низькопродуктивні – менше 5,0 т/га. Для кожної групи розраховували кількість областей, середню врожайність, середній коефіцієнт варіації та зміну групового показника між 2021 і 2025 рр. Закарпатську область, яка за числовим критерієм належала до низькопродуктивної групи, додатково аналізували як спеціальний гірський і передгірний випадок.

Внесок просторового та річного чинників оцінювали за адитивною двофакторною дисперсійною моделлю без повторень. Фактор «область» характеризував стійкі територіальні відмінності, фактор «рік» – спільну реакцію на умови конкретного сезону. Розрахунки виконували засобами Python із використанням бібліотек pandas, scipy та statsmodels; графічні матеріали підготовлено в matplotlib. Результати подавали з точністю, що відповідає вихідним даним.

Результати досліджень. Національна динаміка виробництва. За п'ятиріч-ний період середня врожайність зерна кукурудзи в Україні становила 7,09 т/га. Найвищого рівня вона досягла у 2023 р. – 7,81 т/га, а найнижчого у 2022 р. – 6,35 т/га. Коефіцієнт варіації національної врожайності дорівнював 8,7 %, тобто міжрічна мінливість зваженого показника була відносно невисокою. Водночас площа й валовий збір змінювалися значно сильніше: їх CV становив відповідно 13,7 і 20,1 %. Це вказує, що на загальний обсяг виробництва впливали не лише біологічні умови формування врожаю, а й доступність земель, структура посівів, логістика та ресурсне забезпечення.

Таблиця 1

Динаміка виробництва зерна кукурудзи в Україні за 2021–2025 рр.

Рік	Площа зібрана, тис. га	Валовий збір, тис. т	Урожайність, т/га	% урожайності до 2021 р.
2021	5481,8	42109,85	7,68	100,0
2022	4124,5	26186,93	6,35	82,7
2023	3975,2	31030,44	7,81	101,7
2024	4070,5	26863,74	6,60	85,9
2025	4398,8	30881,03	7,02	91,4
Середнє	4410,2	31414,40	7,09	-
CV, %	13,7	20,1	8,7	-

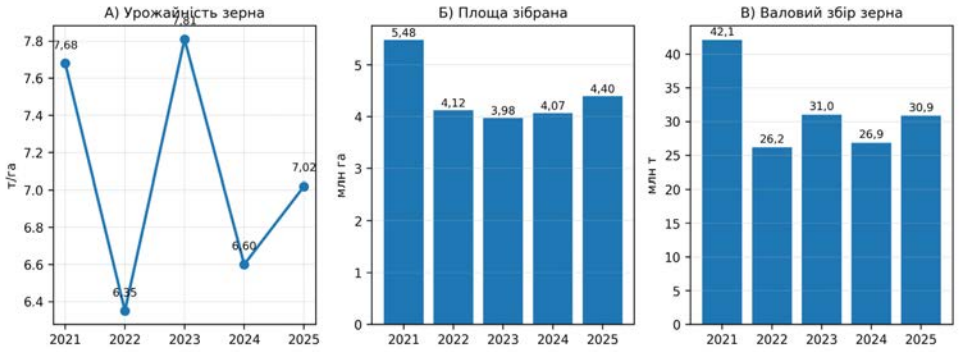


Рис. 1. Динаміка виробництва зерна кукурудзи в Україні за 2021–2025 рр.

Порівняно з 2021 р. у 2022 р. зібрана площа скоротилася на 24,8 %, валовий збір – на 37,8 %, а врожайність – на 17,3 %. Така невідповідність між скороченням площ і зниженням валового збору свідчить про одночасний вплив територіальних втрат і погіршення умов виробництва. Супутникові оцінки врожайних аномалій та дослідження воєнних втрат також фіксували різке послаблення виробничого потенціалу в частині областей у 2022 р. [4, 5].

У 2023 р. урожайність відновилася до 7,81 т/га і перевищила рівень 2021 р. на 1,7 %, хоча зібрана площа залишалася меншою на 27,5 %. Це дало змогу збільшити валовий збір порівняно з 2022 р. на 18,5 %, але не повернутися до передвоєнного обсягу. У 2024 р. урожайність знизилася до 6,60 т/га, що узгоджується з даними європейського агрометеорологічного моніторингу про тривалу літню посуху й негативний вплив дефіциту опадів на кукурудзу в центральних і східних

областях [6]. У 2025 р. часткове відновлення площ і врожайності забезпечило збільшення валового збору до 30,88 млн т, однак він залишався на 26,7 % нижчим, ніж у 2021 р.

Територіальна диференціація врожайності. Ранжування областей виявило чітку просторову неоднорідність реалізації потенціалу культури. Середня врожайність у досліджуваному масиві коливалася від 3,14 т/га у Донецькій до 9,95 т/га у Тернопільській області, тобто відмінність між крайніми порівнюваними значеннями була більшою ніж утричі. Дев'ять областей перевищували 8,0 т/га, а десять – середній по Україні рівень 7,09 т/га.

Таблиця 2

Урожайність зерна кукурудзи в областях України та її міжрічна мінливість

Область	2021	2022	2023	2024	2025	Середнє	CV, %
Тернопільська	9,87	8,85	10,78	10,53	9,74	9,95	7,6
Хмельницька	10,28	8,12	9,56	10,35	9,83	9,63	9,4
Львівська	9,06	8,75	9,56	9,60	8,73	9,14	4,6
Волинська	8,61	8,39	9,19	9,00	8,84	8,81	3,6
Чернігівська	8,55	7,63	9,26	8,53	9,35	8,66	8,0
Івано-Франківська	9,02	7,93	8,64	8,99	8,17	8,55	5,7
Рівненська	8,12	7,53	8,75	9,22	8,57	8,44	7,6
Сумська	6,77	8,04	9,36	7,93	9,23	8,27	12,9
Київська	8,67	6,16	9,04	8,07	8,31	8,05	13,9
Чернівецька	7,47	7,00	7,89	7,53	8,41	7,66	6,9
Вінницька	9,37	5,14	7,85	6,80	8,29	7,49	21,4
Житомирська	8,25	5,43	7,53	7,77	8,07	7,41	15,4
Черкаська	8,95	6,63	8,52	6,57	6,37	7,41	16,5
Полтавська	6,79	7,24	7,79	5,71	5,50	6,61	14,9
Кіровоградська	7,03	5,37	6,05	3,81	3,91	5,23	26,5
Харківська	5,14	6,06	6,33	3,92	4,09	5,11	21,6
Закарпатська	5,04	4,19	5,06	4,93	5,13	4,87	7,9
Запорізька	7,54	2,81	5,47	4,50	1,17	4,30	56,9
Одеська	6,10	2,88	4,15	3,76	3,43	4,06	30,3
Дніпропетровська	5,19	3,71	4,93	3,21	2,20	3,85	32,1
Миколаївська	5,23	3,44	4,62	2,32	1,17	3,36	49,3
Донецька	4,25	3,43	4,79	1,96	1,28	3,14	47,4

Примітка. Луганську область не включено до статистичного ранжування через обмежену репрезентативність часового ряду.

Перші позиції посіли Тернопільська (9,95 т/га), Хмельницька (9,63), Львівська (9,14), Волинська (8,81), Чернігівська (8,66), Івано-Франківська (8,55) та Рівненська (8,44 т/га) області. Їх спільною рисою є розташування в умовах Західного Лісостепу, Полісся або північної частини Лісостепу, де опади й запаси ґрунтової вологи частіше відповідають потребам кукурудзи в період інтенсивного росту та репродуктивного розвитку. Водночас сам температурний чинник не пояснює всі відмінності: дослідження для України показують складну, просторово неоднорідну реакцію врожайності на тепло й опади та важливість локальної адаптації технології [8].

Сумська область вирізнялася нетиповою динамікою: її середня врожайність становила 8,27 т/га, а у 2022 і 2025 рр. показник був вищим, ніж у 2021 р. Це

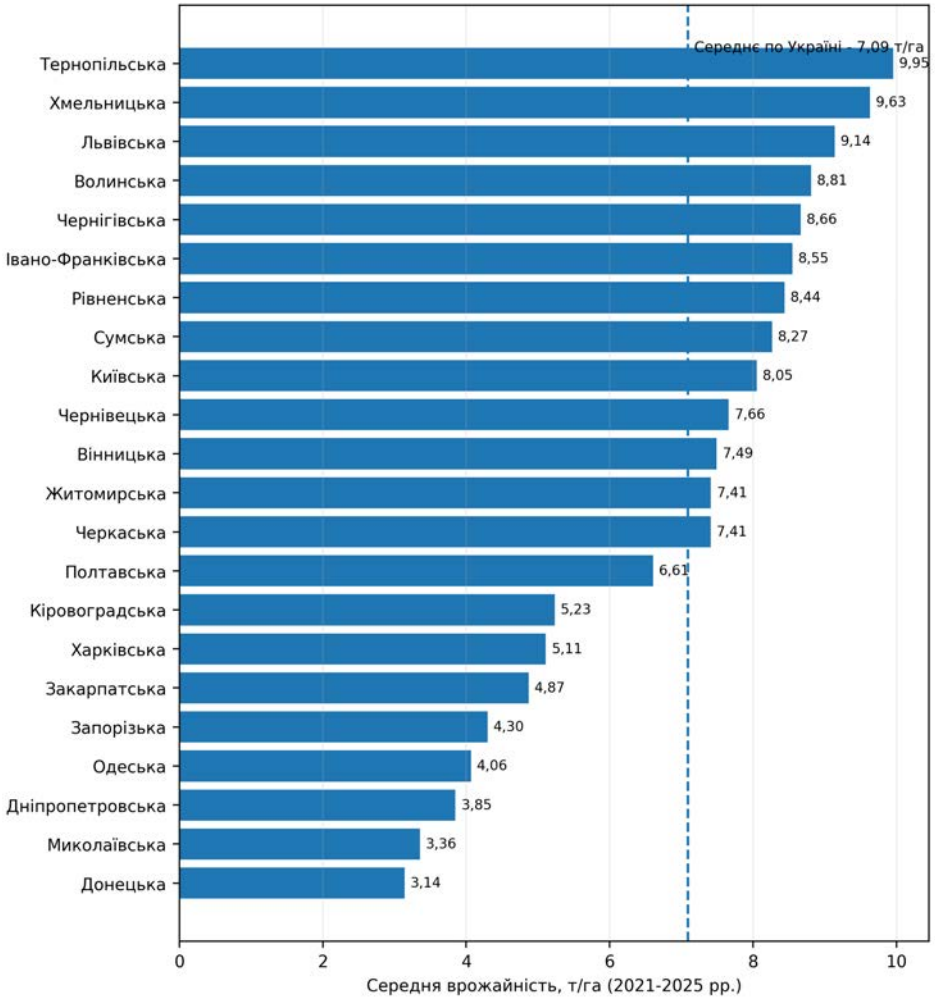


Рис. 2. Рейтинг областей України за середньою врожайністю зерна кукурудзи у 2021–2025 рр.

може відображати поєднання достатнішого зволоження, північного положення та особливостей структури посівів. Київська область також належала до високопродуктивної групи, але її CV сягав 13,9 %, що вказує на більшу залежність від умов окремого року, ніж у Волинській, Львівській чи Івано-Франківській областях.

Найнижчі результати отримано для південних і південно-східних областей. У Запорізькій, Одеській, Дніпропетровській, Миколаївській та Донецькій областях середня врожайність становила 3,14–4,30 т/га, а коефіцієнт варіації переважно перевищував 30 %. У 2025 р. продуктивність Запорізької та Миколаївської областей знизилася до 1,17 т/га. Окрім воєнних обмежень, така реакція відповідає біологічній чутливості кукурудзи до дефіциту вологи в період цвітіння й наливу зерна. Досліди із зрошенням на Півдні України підтверджують, що водозабезпечення та

відповідність групи ФАО тривалості сприятливого періоду є ключовими чинниками реалізації врожайного потенціалу [11, 12].

Співвідношення продуктивності та стабільності. Двофакторний дисперсійний аналіз показав, що стійкі відмінності між областями пояснювали 81,0 % загального варіювання врожайності ($F = 25,16$; $p < 0,001$), умови року – 6,1 % ($F = 10,00$; $p < 0,001$), а залишкова складова становила 12,9 %. Домінування просторового чинника свідчить, що агробіологічна ефективність формується не лише випадковими погодними відхиленнями, а й довготривалим поєднанням клімату, ґрунтових умов, структури гібридів і технологічного рівня.

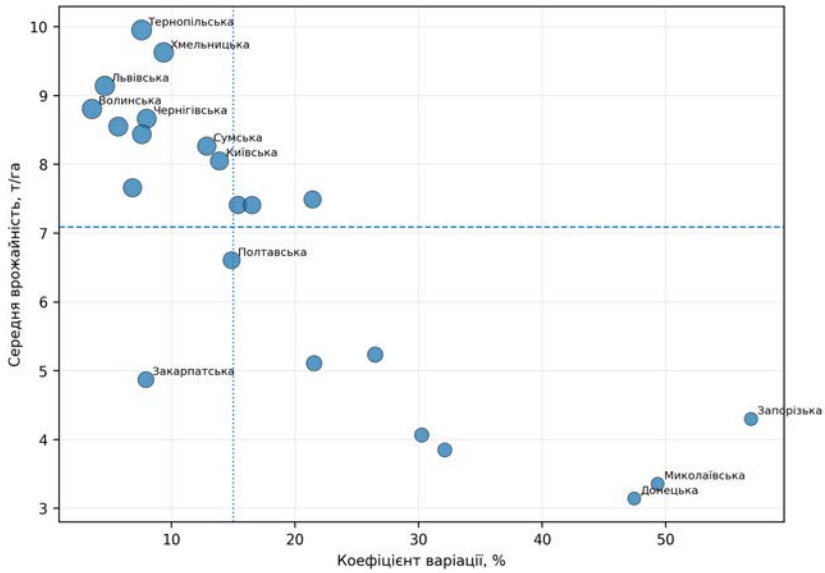


Рис. 3. Поєднання середньої врожайності та міжрічної мінливості в областях України

Примітка. Розмір маркера пропорційний скоригованому на мінливість показнику агробіологічної ефективності Es; пунктирна горизонтальна лінія – середня врожайність по Україні, вертикальна – CV = 15 %.

Найкраще поєднання врожайності та стабільності сформували Тернопільська, Хмельницька, Львівська, Волинська, Івано-Франківська, Чернігівська й Рівненська області. Волинська область мала найнижчий CV серед виробничо репрезентативних лідерів – 3,6 %, Львівська – 4,6 %, Івано-Франківська – 5,7 %. Висока врожайність Тернопільської та Хмельницької областей поєднувалася з дещо більшою, але все ще низькою мінливістю – 7,6 і 9,4 %. За скоригованим показником Es перші місця посіли Тернопільська (9,20), Хмельницька (8,72), Львівська (8,72) і Волинська (8,49 т/га умовно стабілізованої продуктивності).

Високопродуктивна група охоплювала дев'ять областей, де середня врожайність становила 8,83 т/га, а середній CV – лише 8,1 %. Між 2021 і 2025 рр. груповий показник навіть збільшився на 2,3 %. Це дозволяє розглядати такі регіони як базову територію стабільного товарного виробництва кукурудзи, але розширення площ має відбуватися без порушення сівозміни та з урахуванням потреби збереження родючості ґрунту.

Таблиця 3

Порівняльна характеристика груп областей за агробіологічною ефективністю

Група	Областей, шт.	Середня, т/га	Середній CV, %	2021, т/га	2025, т/га	Зміна, %
Високопродуктивні	9	8,83	8,1	8,77	8,97	2,3
Середньопродуктивні	7	6,70	17,6	7,57	6,38	-15,8
Низькопродуктивні	6	3,93	37,3	5,56	2,40	-56,9

Середньопродуктивна група включала сім областей із середньою врожайністю 6,70 т/га та CV 17,6 %. У 2025 р. її груповий показник був на 15,8 % нижчим, ніж у 2021 р. Тут ефективність вирощування більшою мірою залежить від строків сівби, адаптивності гібрида, системи удобрення, попередника та збереження ґрунтової вологи. Польові дослідження в Україні підтверджують, що оптимізація удобрення, частки кукурудзи в сівозміні й основного обробітку здатна істотно підвищити продуктивність, однак ефект технології змінюється залежно від погодних умов [13–16].

Низькопродуктивна група характеризувалася середньою врожайністю 3,93 т/га, середнім CV 37,3 % і зниженням групового показника у 2025 р. на 56,9 % порівняно з 2021 р. Для більшості степових областей просте нарощування матеріальних ресурсів без розв'язання проблеми водозабезпечення не гарантує стабільного результату. Доцільними є ранні й середньоранні гібриди, коригування строків сівби, зменшення непродуктивних втрат вологи, смуговий або мінімальний обробіток за відповідних умов, локалізоване живлення, моніторинг водного стресу та зрошення там, де воно економічно й екологічно обґрунтоване. Для Закарпатської області нижчий рівень урожайності слід пояснювати не посушливістю, а обмеженістю рівнинних орних земель, мозаїчністю ґрунтів і переважанням ранньостиглого матеріалу.

Отримані результати підтверджують, що агробіологічна ефективність кукурудзи в Україні має виражений регіональний характер. Висока врожайність формується там, де тривалість теплого періоду поєднується з достатнім або відносно стабільним зволоженням. У південних і південно-східних областях головним обмеженням стає не сума температур як така, а водний дефіцит і скорочення тривалості наливу зерна. Саме тому адаптація повинна бути диференційованою: однаковий гібрид і однакова система живлення не забезпечать однакової окупності в усіх зонах.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У 2021–2025 рр. середня врожайність зерна кукурудзи в Україні становила 7,09 т/га за коефіцієнта варіації 8,7 %. Порівняно з 2021 р. зібрана площа у 2025 р. була меншою на 19,8 %, а валовий збір – на 26,7 %, що засвідчує неповне відновлення виробничого потенціалу.

Територіальні відмінності були основним джерелом варіювання врожайності: фактор області пояснював 81,0 %, фактор року – 6,1 %, залишкова складова – 12,9 %. Отже, довготривалі агрокліматичні й технологічні особливості регіонів мають більший вплив, ніж спільні для країни умови окремого сезону.

Найвищу середню врожайність сформували Тернопільська, Хмельницька, Львівська, Волинська, Чернігівська, Івано-Франківська та Рівненська області. Вони поєднували рівень 8,44–9,95 т/га з низькою або помірною мінливістю та становлять ядро стабільно ефективного вирощування кукурудзи.

Високопродуктивна група з дев'яти областей мала середню врожайність 8,83 т/га і середній CV 8,1 %. У середньопродуктивній групі ці показники

становили 6,70 т/га і 17,6 %, у низькопродуктивній – 3,93 т/га і 37,3 %. Найбільший виробничий ризик характерний для південного та південно-східного Степу.

Для високопродуктивних регіонів пріоритетом є підтримання родючості ґрунту, оптимізація сівозміни та добір гібридів із повним використанням тривалого вегетаційного періоду. Для центральних областей важливими є адаптивні строки сівби, збалансоване живлення й збереження вологи. Для посушливих степових регіонів вирощування кукурудзи потребує ранньостиглих гібридів, водозберігальних прийомів, а за можливості – зрошення або часткової переорієнтації структури посівів.

Перспективи подальших досліджень полягають у поєднанні обласної статистики з добовими показниками температури, опадів, дефіциту тиску водяної пари та вологості ґрунту в критичні фази розвитку. Доцільно також залучати супутникові індекси стану посівів, дані про групи ФАО, строки сівби, системи удобрення і частку зрошуваних площ. Це дасть змогу перейти до прогнозних моделей агробіологічної ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO's engagement in Ukraine. 2022. URL: https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1476928/ (дата звернення: 05.08.2026).
2. USDA Foreign Agricultural Service. Corn Explorer: World exports, 2021. Production, Supply and Distribution database. URL: https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/ (дата звернення: 05.08.2026).
3. Державна служба статистики України. Рослинництво та виробництво сільськогосподарських культур. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення: 05.08.2026).
4. Deininger K. W., Ali D. A., Kussul N., Shelestov A., Lemoine G., Yailimova H. Quantifying War-Induced Crop Losses in Ukraine in Near Real Time to Strengthen Local and Global Food Security. World Bank Policy Research Working Paper 10123. 2022. https://doi.org/10.1596/1813-9450-10123.
5. Panek-Chwastyk E., Dąbrowska-Zielińska K., Kluczek M. et al. Estimates of Crop Yield Anomalies for 2022 in Ukraine Based on Copernicus Sentinel-1, Sentinel-3 Satellite Data, and ERA-5 Agrometeorological Indicators. Sensors. 2024. Vol. 24, No. 7. Article 2257. https://doi.org/10.3390/s24072257.
6. Claverie M., Bussay A., Cerrani I. et al. JRC MARS Bulletin – Global Outlook – Crop Monitoring European Neighbourhood – Ukraine, September 2024. Publications Office of the European Union, 2024. https://doi.org/10.2760/125598.
7. Ben Aoun W., Bussay A., Cerrani I. et al. JRC MARS Bulletin – Global Outlook – Crop Monitoring European Neighbourhood – Ukraine, September 2025. Publications Office of the European Union, 2025. https://doi.org/10.2760/4731628.
8. Fang M., Jin S., Deininger K., Gammans M. Heterogenous climate impacts on crop yields: evidence from Ukraine. Environmental Research Communications. 2023. Vol. 5, No. 10. Article 105015. https://doi.org/10.1088/2515-7620/acde36.
9. Vennam R. R., Poudel S., Ramamoorthy P., Samiappan S., Reddy K. R., Bheemanahalli R. Impact of soil moisture stress during the silk emergence and grain-filling in maize. Physiologia Plantarum. 2023. Vol. 175, No. 5. e14029. https://doi.org/10.1111/ppl.14029.
10. Kränzlein M., Geilfus C.-M., Franzisky B. L., Zhang X., Wimmer M. A., Zörb C. Physiological Responses of Contrasting Maize (Zea mays L.) Hybrids to Repeated Drought. Journal of Plant Growth Regulation. 2022. Vol. 41. P. 2708-2718. https://doi.org/10.1007/s00344-021-10468-2.

11. Kim K.-H., Lee B.-M. Effects of Climate Change and Drought Tolerance on Maize Growth. Plants. 2023. Vol. 12, No. 20. Article 3548. https://doi.org/10.3390/plants12203548.

12. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Бояркіна Л. В., Шарій В. О., Біднина І. О. Порівняльний аналіз формування врожайності гібридів кукурудзи різних груп ФАО за краплинного зрошення. Аграрні інновації. 2023. № 18. С. 24-31. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.3.

13. Мащенко Ю. В., Соколовська І. М. Продуктивність кукурудзи залежно від її частки в сівозміні та удобрення. Аграрні інновації. 2023. № 21. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.8.

14. Іванюк В., Гнатів П., Оліфір Ю. Вплив азотних добрив на формування врожаю зерна кукурудзи. Вісник Львівського національного екологічного університету. Серія «Агрономія». 2022. № 26. С. 170-176. https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.170.

15. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. № 2. С. 52-58. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06.

16. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Сучкова В. М., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О. Вплив елементів технології на врожайність насіння ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи в умовах краплинного зрошення. Вісник аграрної науки. 2022. № 8. С. 67-74. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202208-08.

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.88:581.19:631.5
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.16

АЛТЕЯ ЛІКАРСЬКА ЯК ПЕРСПЕКТИВНА ЛІКАРСЬКА КУЛЬТУРА: АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ СИРОВИНИ

Невідничий О.С. *– аспірант кафедри рослинництва,*
Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології
Полтавського державного аграрного університету
orcid.org/0009-0001-0802-5283

Алтея лікарська (Althaea officinalis L.) є перспективною багаторічною лікарською культурою, виробничий потенціал якої визначається поєднанням високої цінності кореневої та надземної сировини, можливості використання продукції у фармацевтичній, харчовій, косметичній і нутрицевтичній галузях. Актуальність розвитку культури в Україні посилюється необхідністю диверсифікації рослинництва, формування високододаткових нішевих напрямів та переходу до керованого виробництва стандартизованої лікарської рослинної сировини.

Метою статті є узагальнення агротехнологічних чинників формування продуктивності та фітохімічної якості сировини і визначення перспективних напрямів удосконалення технології вирощування культури в умовах України.

Установлено, що сучасні дослідження алтеї акцентуються на комплексній оцінці системи «генотип – середовище – технологія – продуктивність – якість – переробка». Показано істотний вплив мінерального живлення, водного режиму, регуляторів росту та строків збирання на урожайність і накопичення полісахаридів. Краплинне зрошення підвищує продуктивність сухої сировини, однак його вплив на концентрацію цільових компонентів залежить від органу рослини. Встановлено доцільність оптимізації мінерального живлення з урахуванням органоспецифічних потреб рослини та фазового керування водним режимом. Обґрунтовано необхідність переходу від оцінювання культури лише за урожайністю до показника функціональної продуктивності – виходу цільової біологічно активної речовини з одиниці площі.

Запропоновано концепцію інтегрованої технології вирощування алтеї лікарської, що поєднує добір генотипу, агрохімічний моніторинг ґрунту, диференційоване живлення, керування водним режимом, інтегрований захист, оптимізацію строків збирання, стандартизовану післязбиральну доробку та цифрову простежуваність. Визначено перспективність цифровізації технології, біотехнологічного виробництва цільових метаболітів та поглибленої переробки сировини.

Ключові слова: *алтея лікарська, Althaea officinalis L., технологія вирощування, мінеральне живлення, краплинне зрошення, біостимулятори, лікарська рослинна сировина, функціональна продуктивність.*

Nevidnychyi O.S. Althaea officinalis L. as a promising medicinal crop: agrotechnological factors of productivity and raw material quality

Althaea officinalis L. (marshmallow) is a promising perennial medicinal crop whose production potential is determined by the combination of the high value of its root and aboveground raw materials and the potential use of its products in the pharmaceutical, food, cosmetic, and nutraceutical industries. The relevance of developing this crop in Ukraine is increasing due to the need to diversify crop production, develop high-value niche sectors, and transition towards the controlled production of standardized medicinal plant raw materials.

The aim of this study is to synthesize current knowledge on the agro-technological factors determining crop productivity and the phytochemical quality of raw materials and to identify

© Невідничий О.С., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

promising approaches to improving the cultivation technology of A. officinalis under Ukrainian conditions.

The review established that current research on marshmallow increasingly focuses on the integrated assessment of the «genotype–environment–technology–productivity–quality–processing» system. A substantial effect of mineral nutrition, water regime, growth regulators, and harvesting time on yield and polysaccharide accumulation was demonstrated. Drip irrigation increases dry raw material productivity; however, its effect on the concentration of target compounds depends on the plant organ. The feasibility of optimizing mineral nutrition according to organ-specific plant requirements and managing the water regime according to crop developmental stages was substantiated. The need to move beyond evaluating the crop solely in terms of yield towards a functional productivity indicator – the yield of a target biologically active compound per unit area – was emphasized.

An integrated cultivation technology for A. officinalis is proposed, combining genotype selection, soil agrochemical monitoring, differentiated nutrient management, water-regime control, integrated crop protection, optimization of harvesting time, standardized post-harvest handling, and digital traceability. The prospects for further digitalization of the cultivation technology, biotechnological production of target metabolites, and value-added processing of raw materials are identified.

Key words: *Althaea officinalis L., marshmallow, cultivation technology, mineral nutrition, drip irrigation, biostimulants, medicinal plant raw materials, functional productivity.*

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Сучасні трансформації аграрного виробництва України зумовлюють необхідність диверсифікації видового складу культур та пошуку нішевих напрямів рослинництва, здатних забезпечувати вищу додану вартість, стійкість виробництва і розширення сировинної бази для переробної промисловості. Одним із перспективних напрямів є лікарське рослинництво, яке поєднує агрономічні, фармацевтичні, харчові та біотехнологічні компоненти.

Алтея лікарська (*Althaea officinalis* L.) – багаторічна трав'яниста рослина родини Malvaceae, природний ареал якої охоплює Європу та частину Західної Азії. В Україні культура має тривалу історію використання. Основною фармакогностичною сировиною є корені (*Althaeae radix*), однак біологічно активні компоненти містяться також у листках, квітках та надземній масі [1; 5; 8–10].

Для більшості традиційних польових культур головним показником ефективності технології є урожайність. Для лікарських культур максимальна біомаса сама по собі не гарантує отримання найбільш цінної продукції. Її якість визначається концентрацією цільових речовин, стабільністю фітохімічного профілю, чистотою, безпечністю та відповідністю встановленим вимогам до лікарської рослинної сировини.

Отже, сучасна проблематика полягає у переході від простого збільшення урожайності алтеї до формування керованої технологічної системи отримання стандартизованої сировини із прогнозованими показниками продуктивності та якості.

Важливим етапом стало дослідження безпосередньо технології вирощування. Польські дослідники встановлювали залежність росту і розвитку алтеї від способу закладання плантації [7, с. 63–64]. Українські науковці сформували значний масив польових даних щодо мінерального живлення та краплинного зрошення культури в умовах Лісостепу України. Так, за результатами українських досліджень, краплинне зрошення забезпечувало приріст урожайності у перший рік вегетації на 1,27–1,98 т/га сухої трави, 0,69–1,17 т/га листя та 0,22–0,39 т/га коренів [2; 3, с. 134]. Подальше поєднання краплинного зрошення з регуляторами росту дозволило в окремих варіантах отримати 7,31–7,44 т/га сухої трави та 2,22–2,34 т/га сухих коренів [4, с. 121].

Дослідження азотного та фосфорного живлення засвідчили істотний вплив азоту на висоту рослин, площу листкової поверхні та вміст хлорофілу, тоді як фосфор мав більш вибіркову дію на морфофізіологічні показники [12].

Особливо важливим є сучасний перехід до одночасного оцінювання урожайності та якості сировини. У дослідженні 2026 р. встановлено залежність накопичення полісахаридів у різних органах *A. officinalis* від мінерального живлення, зрошення, регуляторів росту та строків збирання [14, с. 32].

Таким чином, сучасний науковий дискурс поступово переходить від характеристики біологічних властивостей рослини до формування цілісної моделі її виробництва.

Попри значний обсяг досліджень, технологія вирощування алтеї лікарської ще не може вважатися достатньо стандартизованою для широкого промислового впровадження. По-перше, недостатньо сформовано систему генотипового оцінювання культури за комплексом агрономічних і фітохімічних ознак. Більшість технологічних досліджень виконано на одному або обмеженій кількості генотипів. По-друге, недостатньо вивчено взаємодію «генотип × середовище × технологія». Для лікарської культури ця проблема особливо важлива, оскільки зміна умов вирощування може одночасно змінювати урожайність і концентрацію цільових метаболітів. По-третє, переважає роздільне оцінювання урожайності та концентрації окремих речовин. Значно перспективнішим є визначення виходу цільової речовини з одиниці площі. По-четверте, недостатньо розроблені цифрові системи моніторингу лікарських культур, які могли б поєднувати дані про ґрунт, водний режим, погоду, фенологію та фітохімічну якість сировини. По-п’яте, недостатньо досліджено зв’язок між польовою технологією та післязбиральною доробкою. Для даної культури сушіння, зберігання та екстракція мають розглядатися як продовження агротехнології.

Метою дослідження є систематизація сучасних наукових досліджень алтеї лікарської, узагальнення агротехнологічних чинників формування продуктивності та якості сировини і визначення перспективних напрямів розвитку технології її вирощування в Україні.

Завдання дослідження:

− проаналізувати вплив мінерального живлення, зрошення, регуляторів росту та строків збирання;

− обґрунтувати необхідність одночасного оцінювання урожайності та якості сировини;

− запропонувати критерій функціональної продуктивності;

− сформувати концептуальну модель інтегрованої технології вирощування;

− визначити напрями подальших агрономічних, цифрових та біотехнологічних досліджень.

Результати досліджень. Алтея лікарська є багаторічною рослиною, здатною формувати значну надземну масу та добре розвинену кореневу систему. Основним видом лікарської сировини традиційно є корені, однак перспективним є комплексне використання рослини. Отже, з позицій сучасного рослинництва цільовим продуктом є не просто суха маса алтеї, а стандартизована сировина із заданим фітохімічним профілем.

Очевидно, що мінеральне живлення є одним із ключових факторів формування продуктивності лікарських культур. Для алтеї його роль не обмежується формуванням біомаси, оскільки зміна забезпечення елементами живлення може впливати на вторинний метаболізм.

Українські дослідження засвідчили позитивний вплив мінерального живлення в поєднанні з краплинним зрошенням на урожайність алтеї [3]. За даними Meyghan і Moradi [12], азот істотно впливав на висоту рослин, площу листкової поверхні та вміст хлорофілу, тоді як дія фосфору була більш диференційованою.

Особливого значення набувають результати дослідження 2026 р., у якому встановлено залежність накопичення полісахаридів від рівня мінерального живлення. Найвищі показники для трави та листків отримано за N120P120K120, тоді як для коренів – за N180P180K180 [14, с. 28].

При цьому зазначені дози не слід розглядати як універсальні рекомендації для всіх ґрунтово-кліматичних умов. Вони підтверджують необхідність органоспецифічної оптимізації живлення залежно від виду сировини, який є цільовим для виробника.

Для практичного рослинництва перспективною наступна модель (рис. 1):

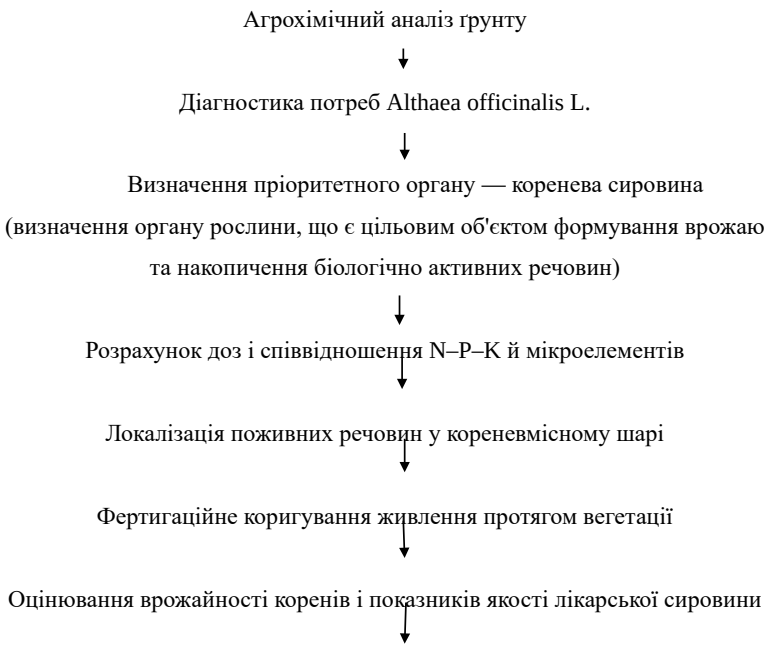


Рис. 1. Концептуальна модель диференційованого управління мінеральним живленням Althaea officinalis L. [сформовано автором на основі 2–4; 14]

Водний режим є одним із ключових факторів формування продуктивності алтеї. В умовах Лісостепу України краплинне зрошення істотно підвищувало урожайність сухої трави, листя та коренів [3]. Зрозуміло, що ключовою перевагою краплинного зрошення є можливість не просто збільшити водопостачання, а керувати вологістю кореневмісного шару ґрунту відповідно до фази розвитку рослин.

Разом із тим, висока урожайність не завжди супроводжується підвищенням концентрації цільових компонентів. Дослідження 2026 р. показали, що зрошення могло знижувати концентрацію полісахаридів у траві та листках, водночас сприяючи їх накопиченню в коренях [14, с. 27].

Отже, для лікарських культур необхідно розмежовувати два завдання, які обґрунтовують перехід від максимальної кількості поливу до фазового керування водним режимом:

– максимізація продуктивності;
– формування необхідної якості сировини.

Застосування регуляторів росту може бути ефективним інструментом оптимізації продуктивності алтеї. Вітчизняні дослідження продемонстрували позитивну дію окремих препаратів, зокрема Емістину та Вимпелу, у поєднанні з краплинним зрошенням [4, с. 124].

Проте для лікарських культур принципово важливо розрізняти стимулювання росту та стимулювання накопичення цільових метаболітів, оскільки за результатами досліджень 2026 р. окремі регулятори могли як підвищувати, так і знижувати вміст полісахаридів. Найбільш ефективними щодо їх накопичення виявилися гумат калію та гумат натрію [14]. Тому оцінювання біостимуляторів доцільно здійснювати за комплексним критерієм, який включає: біомасу, якість, вихід цільової речовини, економічну ефективність. Саме такий підхід запобігає механічному перенесенню технологій із традиційного рослинництва на лікарські культури (табл. 1).

Строк збирання є важливим фактором формування якості лікарської сировини, оскільки накопичення вторинних метаболітів змінюється залежно від фази розвитку рослини. За даними дослідження 2026 р., найвищий вміст полісахаридів у надземній сировині отримано у фазі цвітіння: 9,11 % у сухій траві, 11,21 % у листках і 6,18 % у стеблах [2; 14], що підтверджує необхідність диференційованого підходу до збирання. Для надземної сировини критерієм може бути фенологічна фаза та максимум накопичення цільового компонента. Для кореневої сировини додатково необхідно враховувати вік рослини, завершення вегетації, масу коренів та концентрацію полісахаридів.

Таким чином, календарний принцип «збирати у визначений строк» доцільно замінити принципом «збирати у визначену фізіологічну фазу за досягнення цільового фітохімічного профілю».

Розвиток лікарського рослинництва має базуватися на принципах ресурсоефективності. Для алтеї лікарської особливе значення мають ефективне використання води, оптимізація доз мінеральних добрив, інтегрований захист, збереження ґрунтової структури, зниження енерговитрат під час сушіння та раціональне використання побічної біомаси.

Таблиця 1

Вплив основних технологічних чинників на продуктивність і якість алтеї лікарської

Технологічні чинники	Основні ефекти	Потенційні ризики	Показники контролю	Перспективні підходи
Генотип	Формування базової продуктивності та фотохімічного профілю	Нестабільність ознак у різних умовах	Урожайність, полісахариди, стійкість	Генотиповий скринінг
Мінеральне живлення	Підвищення біомаси та накопичення цільових компонентів	Надмірне живлення, дисбаланс метаболізму	N, P, K, урожайність, полісахариди	Прецизійне удобрення

Продовження таблиці 1

Технологічні чинники	Основні ефекти	Потенційні ризики	Показники контролю	Перспективні підходи
Краплинне зрошення	Підвищення продуктивності	Надлишкове водоспоживання	Вологість ґрунту, урожайність, якість	Фазове керування поливом
Фертигація	Синхронізація водного і мінерального живлення	Висока технологічна залежність	Дози елементів, EC, pH	Автоматизована фертигація
Регулятори росту	Стимулювання росту та продуктивності	Неоднозначний вплив на метаболіти	Урожайність, полісахариди	Біостимуляція за результатами польових тестів
Строк збирання	Регулювання концентрації цільових речовин	Втрата частини біомаси або якості	Фаза розвитку, полісахариди	Фенологічний моніторинг
Сушіння	Збереження якості	Деградація термолабільних компонентів	Температура, вологість	Контрольований режим
Зберігання	Стабільність сировини	Зволоження, мікробіологічне забруднення	Вологість, мікробіологічні показники	Стандартизовані умови
Цифровий моніторинг	Прогнозування продуктивності та якості	Висока початкова вартість	Вологість, метеодані, NDVI	Smart medicinal farming
Переробка	Формування доданої вартості	Втрата активних компонентів	Вихід екстракту та полісахаридів	Green extraction

Складено автором на основі 2–4; 6;11–14.

Перспективним є застосування принципів циркулярної аграрної системи, за яких побічна продукція одного технологічного етапу може бути ресурсом для іншого. Надземна біомаса, що не відповідає вимогам певного виду сировини, потенційно може використовуватися для інших видів переробки, компостування або виробництва біопродуктів за умови підтвердження її безпечності. Таким чином, технологія алтеї може бути інтегрована у модель ресурсоефективного та циркулярного рослинництва.

Україна має сприятливі передумови для розвитку лікарського рослинництва, зокрема в зоні Лісостепу. Наявність вітчизняної наукової бази та експериментальних результатів щодо мінерального живлення, зрошення та біостимуляції створює основу для переходу від окремих польових дослідів до системної технологічної моделі [2–4].

Для умов Лісостепу України доцільно досліджувати щонайменше три технологічні моделі:

– ресурсозберігаюча технологія – вирощування без зрошення або з мінімальним регулюванням водного режиму, оптимізованим удобренням та інтегрованим захистом;

– інтенсивна технологія – краплинне зрошення, фертигація, біостимуляція та цифровий моніторинг;

– прецизійна технологія – сенсорний контроль ґрунтового середовища, диференційоване живлення, фазове зрошення та прогнозування урожайності і якості.

Порівнювати ці моделі необхідно не тільки за урожайністю, а за виходом стандартизованої сировини, виходом полісахаридів, собівартістю, маржинальним доходом, водним слідом, енергоємністю та стабільністю якості.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Алтея лікарська (*Althaea officinalis* L.) має значний потенціал як перспективна багаторічна лікарська культура завдяки цінності кореневої та надземної сировини, багатій на полісахариди, слизові речовини, флавоноїди та фенольні сполуки.

Мінеральне живлення, водний режим, регулятори росту та строки збирання є ключовими факторами формування продуктивності та якості сировини, однак їх дія має органоспецифічний характер. Краплинне зрошення істотно підвищує продуктивність культури в умовах Лісостепу України, проте його вплив на концентрацію полісахаридів залежить від органу рослини, що обґрунтовує доцільність фазового керування водним режимом.

Для умов України перспективними є прецизійне живлення, цифрове управління водним режимом, фітохімічний моніторинг, біотехнологічні дослідження та поглиблена переробка сировини. Найбільший потенціал формування доданої вартості пов'язаний із переходом від реалізації сухої рослинної сировини до стандартизованих екстрактів, полісахаридних фракцій та функціональних інгредієнтів.

Отже, алтея лікарська має розглядатися не лише як традиційна лікарська рослина, а як перспективна нішова культура для інноваційного лікарського рослинництва України, технологія якої повинна формуватися від генетичного потенціалу та умов поля до вимог стандартизованого кінцевого продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Алтея лікарська. Фармацевтична енциклопедія. URL: https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2714/alteya.

2. Невідничий О.С. Особливості вирощування алтеї лікарської в Україні за сучасних умов. Таврійський науковий вісник. 2025. № 146. Т. 2. С. 10–17. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/146_2025/part_2/4.pdf.

3. Приведенюк Н.В., Глущенко Л.А., Трубка В.А. Ефективність мінеральних добрив за вирощування алтеї лікарської (Althaea officinalis L.) в умовах зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 134–139. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2021.227251.

4. Приведенюк Н.В., Трубка В.А., Глущенко Л.А. Продуктивність алтеї лікарської (Althaea officinalis L.) за використання регуляторів росту та краплинного зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 121–127. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2022.255186.

5. Akbar S. Althaea officinalis L. (Malvaceae). In: Akbar S. Handbook of 200 *Medicinal Plants. Cham: Springer*, 2020. 2074 p. P. 235–241. DOI: 10.1007/978-3-030-16807-0_22.

6. Al-Snafi A.E. The pharmaceutical importance of Althaea officinalis and Althaea rosea: a review. *International Journal of PharmTech Research*. 2013. Vol. 5. P. 1378–1385.

7. Andruszczak S., Wisniewski J. Growth and development of marshmallow (Althaea officinalis L.) depending on the method of plantation establishment. *Herba Polonica*. 2007. Vol. 53, No. 3. P. 63–69.

8. Bahari Z., Saidi A., Anwar F., Tohidfar M., Shojaeiyan A., Ahmad N., Mnif W. High-value phytochemicals and nutra-pharmaceutical prospects of Althaea officinalis L. (Marshmallow). A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2025. Vol. 67. Article 103601. https://www.semanticscholar.org/paper/High-Value-Phytochemicals-

and-Nutra-pharmaceutical-Bahari-Saidi/64c4220b31f5a1c9d4940a489dd091e77fca301d DOI: 10.1016/j.bcab.2025.103601.

9. Bhivsane P.S., Parhad M.B., Sanap G.S. A review on pharmacological and phytochemical profile of marshmallow (Althaea officinalis). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2025. Vol. 14, No. 1. P. 1–8. DOI: 10.22271/phyto.2025.v14.i1a.15212.

10. European Medicines Agency. Althaeae radix – herbal medicinal product. European Union herbal monograph on Althaea officinalis L., radix. EMA/HMPC. URL: https://www.ema.europa.eu/en/medicines/herbal/althaeae-radix

11. Khorramdel S. et al. Evaluation of the integrated effect of organic, chemical and biological fertilizers on yield of marshmallow (Althea officinalis L.) as a medicinal plant. *Journal of Agroecology*. 2018. Vol. 10, No. 3 (37). P. 603–620.

12. Meyghan N., Moradi P. The effect of nitrogen and phosphorous fertilizers on morphophysiological properties of Althaea officinalis. *Iranian Journal of Plant Physiology.* 2018. Vol. 8, No. 4. P. 2563–2571. DOI: 10.22034/ijpp.2018.543509.

13. Park Y.J., Kim J.K., Kim N.S., Park Y.J., Sathasivam R., Park S.U. et al. Integrated metabolome and transcriptome analyses provide comprehensive insight into dark- and light-responsive mechanisms in Althaea officinalis hairy root cultures. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2024. Vol. 11. Article 169. DOI: 10.1186/s40538-024-00698-3.

14. Pryvedeniuk N., Hlushchenko L., Sereda A., Shatkovskyi A., Zhuravlov O., Mishchenko L., Mishchenko I. Features of polysaccharide accumulation in Althaea officinalis L. raw material under various technological methods. *International Journal of Secondary Metabolite*. 2026. Vol. 13, No. 1. P. 23–35. DOI: 10.21448/ijsm.1669512.

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 631:633.114
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.17

ПЕРІОДИЧНІСТЬ НЕВРОЖАЙНИХ РОКІВ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Нетіс І.Т. *– д.с.-г.н., с.н.с.,*
провідний науковий співробітник,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-7075-2107
Сергєєв Л.А. *– к.с.-г.н., старший дослідник,*
директор,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-4169-8938
Когут І.М. *– к.с.-г.н., доцент,*
заступник директора з наукової роботи – учений секретар,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-4418-5954
Онуфран Л.І. *– к.с.-г.н.,*
старший науковий співробітник
відділу кліматично орієнтованих агротехнологій,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-6247-4920

У статті викладено результати дослідження виробництва зерна ячменю озимого в Одеській області за період з 1960 по 2021 рік. Наведено статистичний аналіз динаміки площі посіву, врожайності і валового збору зерна, а також визначено періодичність неврожайних і врожайних років.

Зазначається, що в ці роки відбулося значне зростання його врожайності і валового збору зерна. Урожайність ячменю озимого збільшився в середньому з 1,8 до 3,0 т/га, а валовий збір – з 72,1 до 879 тис. т. Крім того, знизилося варіювання виробництва зерна. Коефіцієнт варіації валового збору зерна знизився з 55,4% до 37,2%, а індекс стабілізації врожаю збільшився з 033 до 0,43.

Виявлена 4-річна періодичність несприятливих і сприятливих років для вирощування ячменю озимого на півдні України. Показано, що у високосні роки валовий збір зерна ячменю озимого знижується, в середньому на 52,9 тис. т або на 17,0%, порівняно із середнім його збором за всі роки. У високосні роки знижується і врожайність зерна, у середньому на 0,17 т/га. Зниження врожаю і валового збору зерна у високосні роки обумовлені посушливою осінню перед високосними роками та формуванням слабко розвинених посівів і пересівами частини площ.

© Нетіс І.Т., Сергєєв Л.А., Когут І.М., Онуфран Л.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Зазначається також, що високий збір зерна ячмінь озимий забезпечує в наступний рік після високосного. У ці роки його збір становить у середньому 459,6 тис. т, що на 111,1 тис. т або на 31,9% більше, ніж у середньому за всі роки. Це обумовлено більшою площею збирання ячменю та вищим урожаєм зерна на 0,34 т/га або на 13,8%. Вища врожайність і валовий збір зерна, у перший рік після високосного, пояснюється сприятливими погодними умовами осені у високосні роки.

Виявлена закономірність дає можливість, з вірогідністю 75%, прогнозувати несприятливі і сприятливі роки для формування врожаю ячменю озимого та вносити відповідні корективи в догляд за посівами, щоб максимально реалізувати потенціал їх продуктивності.

Ключові слова: *ячмінь озимий, урожайність, збір зерна, високосні роки, погодні умови, прогнозування.*

Netis I.T., Serhieiev L.A., Kohut I.M., Onufran L.I. The periodicity of non-harvesting years of winter barley in the South of Ukraine

The article presents the results of a study of winter barley grain production in the Odesa region for the period from 1960 to 2021. A statistical analysis of the dynamics of the sown area, yield and gross grain collection is provided, as well as the periodicity of non-harvesting and productive years is determined.

It is noted that in these years there was a significant increase in its yield and gross grain collection. The yield of winter barley increased on average from 1.8 to 3.0 t/ha, and the gross harvest - from 72.1 to 879 thousand tons. In addition, the variation in grain production decreased. The coefficient of variation of gross grain harvest decreased from 55.4% to 37.2%, and the yield stabilization index increased from 0.33 to 0.43.

A 4-year periodicity of unfavorable and favorable years for the cultivation of winter barley in the south of Ukraine was revealed. It is shown that in leap years, the gross harvest of winter barley grain decreases, on average by 52.9 thousand tons or by 17.0%, compared to the average harvest for all years. In leap years, grain yield also decreases, on average by 0.17 t/ha. The decrease in the harvest and the gross collection of grain in leap years is due to the dry autumn before the leap years and the formation of poorly developed crops and the reseeding of part of the areas.

It is also noted that winter barley provides a high grain harvest in the following year after the leap year. In these years, its collection is an average of 459.6 thousand tons, which is 111.1 thousand tons or 31.9% more than the average for all years. This is due to a larger area of barley harvesting and a higher grain yield by 0.34 t/ha or by 13.8%. The higher yield and gross harvest of grain, in the first year after the leap year, is explained by favorable weather conditions in autumn in leap years.

The identified regularity makes it possible, with a probability of 75%, to predict unfavorable and favorable years for the formation of the winter barley crop and to make appropriate corrections in the care of crops in order to maximize their productivity potential.

Key words: *winter barley, productivity, grain collection, leap years, weather conditions, forecasting.*

Постановка проблеми. На півдні України значні площі посіву займає високопродуктивна зернова культура ячмінь озимий, урожайний потенціал якого сягає 6–7 т/га і більше [1, с. 2]. Проте його врожайність і валовий збір зерна значно коливаються за роками, що не дає можливості отримувати стабільно високі збори зерна. Нестабільне виробництва зерна обумовлено посушливими погодними умовами та іншими агрокліматичними чинниками, які в окремі роки, призводять до зменшення збору зерна на третину і більше.

Така вкрай мінлива врожайність ячменю озимого, за роками, є однією з найбільш складних проблем, яку не вдається розв'язати впродовж багатьох десятиліть. Наші знання з питань зростання та стабілізації виробництва зерна, в посушливій зоні України, далеко не повні. Тому на сьогодні передбачити несприятливі роки, щоб запобігти їх негативному впливу на посіви, практично неможливо. В умовах невизначеності погодних умов досить складно правильно корегувати технологію його вирощування та стабілізувати виробництво зерна на високому рівні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вчені давно досліджують різні способи збільшення і стабілізації виробництва зерна озимих культур в посушливих умовах Південного Степу. У вирішенні цієї проблеми досягнуто значних успіхів: виведенні посухостійкі високоврожайні сорти, розроблені адаптивні технології вирощування, система захисту рослин тощо [1, 2, 3]. Це сприяло тому, що в останні роки рівень урожайності ячменю озимого у цій зоні зріс до 4 т/га і більше. Проте варіювання його врожайності за роками залишається досить значним, оскільки відбувається потепління клімату, що погіршує умови вирощування агроценозів. Не вирішеним є питання передбачення несприятливих років, щоб запобігати їх негативному впливу на посіви та значного зниження врожаю.

Вважається, що у формуванні та мінливості врожайності агроценозів важливу роль відіграє сонячна активність [4, 5]. Але в процесі багаторічних досліджень виявлено, що зв'язок інтенсивності сонячної радіації та врожайності агроценозів складний і далеко не однозначний [5]. Ряд вчених виділяють цикли посушливих років, які повторюються через 2–3, 4–5, 9–10, 11–13 років [6, с. 4]. Проте ці та інші існуючі способи не дають можливості надійно передбачати несприятливі роки.

У 2004 році вперше було встановлено, що несприятливими для формування врожаю пшениці озимої є високосні роки, а сприятливими – перший рік після високосного [7, с. 97]. Ця закономірність виявлена за даними врожайності і валового збору зерна пшениці озимої в Херсонській області. Пізніше ця закономірність підтверджена результатами вивчення впливу високосних років на врожайність пшениці озимої в Одеській області [8, с. 3].

Проте природа цього явища далеко не вивчена і потребує подальших досліджень. Невідомо чи поширюється вказана закономірність на інші зони України, особливо за умов значних змін клімату. Невідомо також дія цієї закономірності на інших озимих і ярих культурах, зокрема, на досить поширеному у виробництві ячмені озимому. Тому вивчення цього питання на ячмені озимому є актуальним.

Мета. Дослідити вплив 4-річних циклів високосних років на врожайність і валовий збір зерна ячменю озимого та встановити можливість прогнозування несприятливих років, для реалізації потенціалу його врожаю.

Матеріали і методи досліджень. Для вивчення цього питання проведено статистичний аналіз урожайності і валового збору зерна ячменю озимого в Одеській області за період з 1960 по 2021 рік. При цьому використовували дані Головного управління статистики Одеської області. Для аналізу та порівняння даних, площу збирання, врожайність і валовий збір зерна ділили на три кластери (групи): високосні роки, перший рік після високосних і середнє за всі роки. За досліджуваний період було 16 високосних років. Мінливість валового збору зерна визначали за коефіцієнтом варіації, а індекс стабільності врожаю – за методикою Bouslama M. and Schapaugh W. T. [9].

Результати досліджень. Аналіз виробництва зерна ячменю озимого в Одеській області за 1960–2021 роки показав, що в ці роки відбулося значне зростання рівня врожайності та валового збору зерна. Так, на початку 60-х років (1960–1969 рр.) його врожайність становила в середньому 1,8 т/га, валовий збір зерна – 72,1 тис. т, то в останні десять років (2012–2021 рр.) врожайність досягла в середньому 3,0 т/га, а збір зерна збільшився до 879 тис. т. Це обумовлено збільшенням площі його посіву, удосконаленням технології вирощування, використанням нових сортів, високопродуктивної техніки тощо.

Проте врожайність і валовий збір зерна цієї культури залишаються низькими та значно коливаються за роками (рис. 1 і 2).

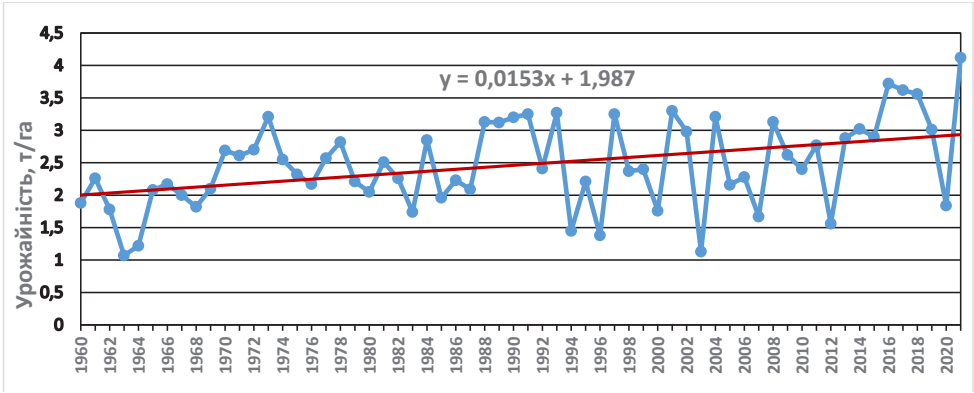


Рис. 1. Урожайність ячменю озимого в Одеській області за 1960–2021 роки

Так, у середньому за 62 роки врожайність ячменю озимого становила 2,47 т/га, а валовий збір зерна – 348 тис. т. Це свідчить, що потенціал продуктивності ячменю озимого реалізувався лише на третину, оскільки генетичний потенціал урожайності існуючих його сортів сягає 6–7 т/га. Пояснюється це не лише посухою, а й поганими попередниками, низьким ресурсним забезпеченням, недостатнім захистом рослин тощо.

За вказані роки урожайність і збір зерна варіювали від 1,07 до 4,12 т/га та від 5 тис. т до 1300 тис. т відповідно. Проте важливо відмітити, що з роками варіювання збору зерна ячменю озимого знижувалося. Так, у перші десять років коефіцієнт варіації валового збору зерна становив 55,4%, в останні двадцять років він знизився до 37,2%. Індекс стабілізації врожаю збільшувався з 033 до 0,43. Ці дані свідчать, що валовий збір зерна і врожайність ячменю озимого в Одеській області поступово стабілізуються. Стабілізація збору зерна обумовлена переважно за рахунок зменшення варіювання площі збирання за роками (з 52,7 до 13,7%), покращення технології вирощування тощо.

Дослідженнями також встановлено, що у виробництві зерна ячменю озимого в Одеській області чітко проявляється 4-річна періодичність несприятливих і сприятливих років (рис. 2).

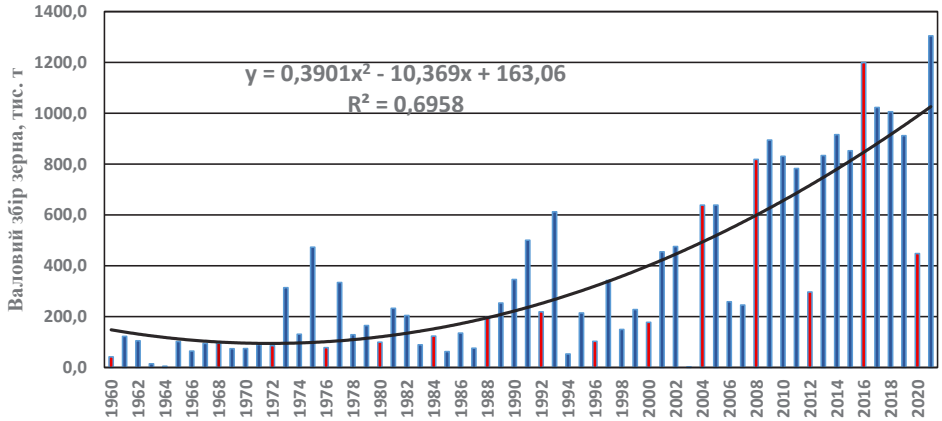


Рис. 2. Валовий збір зерна ячменю озимого в Одеській області в 1960–2021 роки

Примітка: червоний колір – високосні роки.

З рисунка 2 видно, що у високосні роки обсяги виробництва зерна суттєво знижувались. Так, у середньому за всі роки валовий збір зерна ячменю озимого становив 348,5 тис. т, у високосні роки він знижувався до 289,3, а в рік після високосного навпаки зростав до 459,6 тис. т (табл. 1).

Таблиця 1

Площа збирання, урожайність і валовий збір зерна ячменю озимого в Одеській області у високосні та інші роки

Роки	Площа збирання, тис. га	Урожайність, т/га	Збір зерна, тис. т	Відхилення	
				тис. т	%
У середньому за 1960–2021 роки	128,5	2,47	348,5	–	–
Високосні	114,4	2,30	289,3	–59,2	17,0
Перший рік після високосного	152,7	2,81	459,6	+111,1	31,9

У високосні роки обсяги виробництва зерна ячменю зменшувалися на 52,9 тис. т або на 17,0%, порівняно з середнім його збором. Зменшення виробництва зерна викликане переважно тим, що осінь перед високосними роками, зазвичай, була посушливою, тому восени формувалися слабкі та зріджені посіви, значну частину яких весною господарства пересівали, що й призводило до недобору зерна. З цієї ж причини і врожайність у високосні роки була нижчою на 0,17 т/га порівняно із середньою за роки досліджень.

Встановлено також, що високий збір зерна ячмінь озимий забезпечує в наступний рік після високосного. У ці роки його виробництво становило в середньому 459,6 тис. т, проти 348,5 тис. т, в середньому за всі роки, що більше на 111,1 тис. т або на 31,9%. Це обумовлено більшою площею збирання ячменю та вищим урожаєм зерна на 0,34 т/га або на 13,8%. Так, у наступний після високосного рік середня врожайність ячменю становила 2,81 т/га, у високосні – 2,30, а в середньому за всі роки – 2,47 т/га. Вищий збір зерна, в роки після високосних, пояснюється сприятливими погодними умовами осені у високосні роки, внаслідок чого рослини добре кущились, а весною посіви менше пересівались і забезпечували вищу врожайність, ніж у високосні роки.

Отже, чітко простежується чотирирічна періодичність зниження валового збору зерна ячменю озимого у високосні роки та збільшення його збору в перший рік після високосних. Причиною періодичності неврожайних років є посушливі погодні умови осені перед високосними роками, а високоврожайних років – сприятливими умовами осені у високосні роки.

Вплив високосних років на виробництво ячменю озимого в Одеській області досить близький до того, який виявлений раніше у цій області на пшениці озимій [9], що підтверджує існування практично однакової дії цієї закономірності на озимих культурах.

Ця закономірність дає можливість передбачати несприятливі і сприятливі для формування врожаю ячменю озимого роки та розробляти господарські й технологічні рішення направлені на максимальну реалізацію потенціалу продуктивності посівів у ці роки. Вірогідність цього способу прогнозування досить висока. Так, із 16 високосних років, неврожайними були 12 або 75%, Така вірогідність є цілком достатньою для прогнозування несприятливих і сприятливих років.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Виявлена 4-річна періодичність несприятливих і сприятливих років для вирощування ячменю озимого на

півдні України. Встановлено, що у високосні роки валовий збір зерна ячменю озимого зменшується в середньому на 52,9 тис. т або на 17,0%, порівняно із середнім його збором за всі роки. У високосні роки знижується і врожайність зерна, у середньому на 0,17 т/га. Зниження врожаю і валового збору зерна у високосні роки обумовлені посушливою осінню перед високосними роками та формуванням слабко розвинених посівів і пересівами частини площ.

Високий збір зерна ячмінь озимий забезпечує у перший після високосного рік. У ці роки його збір становив у середньому 459,6 тис. т, що на 111,1 тис. т або на 31,9% більше, ніж у середньому за всі роки. Це обумовлено більшою площею збирання ячменю та вищим урожаєм зерна на 0,34 т/га або на 13,8%. Вища врожайність і валовий збір зерна, у перший після високосного рік, пояснюється сприятливими погодними умовами осені у високосні роки.

Виявлена закономірність дає можливість передбачати несприятливі і сприятливі роки для формування врожаю ячменю озимого на півдні України та розробляти господарські й технологічні рішення направлені на максимальну реалізацію потенціалу продуктивності посівів у ці роки. Вірогідність прогнозування несприятливих та сприятливих для ячменю озимого років, за 4-річними циклами високосних років, становить 75%.

Потребує вивчення впливу виявленої закономірності на ярих культурах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вожегова Р. А., Заєць С. О., Онуфран Л. І. та ін. Технологія вирощування ячменю озимого на неполивних землях півдня України: методичні рекомендації. Херсон: Грінь Д. С., 2013. 32 с.
2. Гармашов В. А., Селіванов А. М., Калус Ю. О. Озимий ячмінь в інтенсивній культурі на півдні України. *Степове землеробство*. 1991. Вип. 25. С. 55–59.
3. Продуктивність озимого ячменю в степовій зоні України в умовах потепління клімату / А. М. Польовий, Л. Ю. Божко, О. А. Барсукова, В. В. Колосовська. Екологічні науки: науково-практичний журнал. 2022. № 3. С. 141–146. doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.23.
4. Кушнір П. М. Закономірності руху врожаю сільськогосподарських культур в агроекологічних умовах України. Київ: Вид-во ПП Клевцова Г. Є., 2001. 96 с.
5. Писаренко П. В., Хлебнікова Я. О. Про можливість впливу сонячної активності на врожайність сільськогосподарських культур у Полтавській області. *Вісник Полтавської аграрної академії*. 2015. № 1–2. С. 11–21.
6. Білецький Е. Н. Циклічність – фундаментальна властивість розвитку і функціонування природних систем. *Вісник Харківського національного аграрного університету.* Серія біологічна. 2007. Вип. 3 (12). С. 100–116.
7. Нетіс І. Т. Характер осені й весни та посіви озимої пшениці: монографія. Херсон: Айлант, 2004. 152 с.
8. Нетіс І. Т., Сергєєв Л. А., Когут І. М., Онуфран Л. І. Прогноз сприятливих і несприятливих років для пшениці озимої на півні України. *Аграрні інновації*. 2025. № 21. С. 99–103. doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.17
9. Bouslama M., Schapaugh W. T. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science. 1984. Vol. 24. P. 933–937.

Дата першого надходження статті до видання: 03.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.12:631.527:631.55
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.18

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ МІЖ КОМПОНЕНТАМИ УРОЖАЙНОСТІ У НОВОГО ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ГРЕЧКИ

Ночвіна О.В. *– аспірантка кафедри рослинництва, селекції та насінництва, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»*
orcid.org/0000-0002-6639-3260

Вивчення кореляційних та індексних зв'язків між основними морфологічними і урожайними показниками та їх використання для прискореної селекційної оцінки нового селекційного матеріалу гречки і є основним завданням досліджень. Польові дослідження проведено в умовах Білоцерківського відділу Київської філії Українського інституту експертизи сортів рослин упродовж 2023–2025 рр. Закладання селекційних розсадників проводили відповідно до схеми селекційного процесу. Вивчали новий селекційний матеріал F_1, F_2, F_{BC1}, F_{BC2}, отриманий методом гібридизації сортів і зразків гречки їстівної, а також кращих доборів відібраних із каталогів Науково-дослідного інституту круп'яних культур імені Олени Алексеєвої ЗВО «ПДУ», створених у попередні роки. Обліки, спостереження, аналізування рослин, урожайних і якісних показників зерна здійснювали за Методиками державного випробування на відмінність, однорідність і стабільність та придатність сортів до поширення. Вивчення коефіцієнтів кореляції між масою зерна з рослини і кількістю зерен на рослині свідчить про високий лінійний зв'язок (r = 0,72–0,93), індексні показники озерненості I і озерненості III тісно пов'язані із масою зерна з рослини 0,57….0,81 і 0,33…0,83, а з кількістю зерен з рослини – 0,35…0,75 і 0,81…0,86. Кореляційний зв'язок між показниками озерненості I і озерненості III становить r= 0,82…0,91. Облік показників польової схожості і виживаності рослин виявив, що вони відповідають регламентованим у ДСТУ 2240-93, що свідчить про добазові категорії насіння. Вищою урожайністю і покращеними якісними показниками зерна характеризуються № 24 'Агідель' × '№ 4013', № 26 'Радехівська поліпшена' × 'Вікторія Подільська', № 22 'Снежеть' × 'Вікторія Подільська'. Вони рекомендовані до виробничого сортовипробування і ефективного використання у селекційних програмах у ЗВО «ПДУ». Доцільним при проведенні доборів у селекції гречки є використання показників кількості елементарних суцвіть, маси зерна з рослини, індексів озерненості I, озерненості III, індивідуальної насіннєвої продуктивності рослин. Донорами покращення основних господарських ознак пов'язаних із урожайними і якісними показниками у гречки є колекційний зразок '№ 4013', сорти Радехівська поліпшена', 'Вікторія Подільська', 'Агідель', які рекомендуємо використовувати у селекції гречки.

Ключові слова: *кореляція, господарсько-цінні ознаки, індекси, схожість, озерненість, насіння.*

Nochvina O.V. Correlations between yield components in a new buckwheat starting material

The study of correlations and indices between the main morphological and yield indicators and their use for accelerated selection evaluation of new buckwheat breeding material is the research main task. Field studies were conducted in the conditions of Bila Tserkva Department of the Kyiv Branch of the Ukrainian Institute of Plant Variety Examination during 2023−2025. The establishment of breeding nurseries was carried out in accordance with the breeding process scheme. New breeding material F_1, F_2, F_{BC1}, F_{BC2}, obtained by hybridization of varieties and samples of edible buckwheat, as well as the best selections selected from the catalogs of the Olena Alekseeva Research Institute of Cereal Crops of the Higher education institution PSU, created in previous years, were studied. Records, observations, analysis of plants, yield and quality indicators of grain were carried out according to the Methods of state testing for distinctiveness, uniformity and stability and suitability of varieties for distribution. The study of correlation

© Ночвіна О.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

coefficients between the mass of grain per plant and the number of grains per plant indicates a high linear relationship (r = 0.72–0.93), the index indicators of graininess I and graininess III are closely related to the mass of grain per plant 0.57….0.81 and 0.33…0.83, and to the number of grains per plant – 0.35…0.75 and 0.81…0.86. The correlation between the indicators of graininess I and graininess III is r = 0.82…0.91. Accounting for field germination and plant survival indicators revealed that they correspond to those regulated in DSTU 2240-93, which indicates the pre-basic categories of seeds. Higher yield and improved grain quality indicators are characterized by No. 24 'Agidel' × '№ 4013', No. 26 'Radekhivska improved' × 'Viktoria Podilska', No. 22 'Snezhet' × 'Viktoria Podilska'. They are recommended for production variety testing and effective use in breeding programs at the Higher education institution "PDU". It is advisable to use indicators of the number of elementary inflorescences, the grain mass per plant, grain index I, grain index III, individual seed productivity of plants. Donors for improving the main economic traits related to yield and quality indicators in buckwheat are the collection sample '№ 4013', the varieties 'Radekhivska improved', 'Viktoria Podilska', 'Agidel', which we recommend using in buckwheat breeding

Key words: *correlation, economic and valuable traits, indices, germination, grain size, seeds.*

Актуальність теми дослідження. Гречка, як рослина псевдозлакова вирощується у світі й на Україні як унікальна за компонентним складом, культивування якої не потребує використання жодних хімічних засобів захисту рослин [1]. Цінний біохімічний склад, поживні і біоактивні характеристики культури свідчать про першочергове використання її для виготовлення безглютенових продуктів харчування [2, 3]. Її стабільне вирощування сприятиме отриманню високих і сталих врожаїв, забезпечення внутрішніх і зовнішніх потреб ринку [4], хоча саме виробництво має свої виклики і перспективи [5].

Успіх селекції у цієї культури залежить від характеру успадковування і мінливості тих ознак, за якими проводиться добір [6]. Господарсько-корисні ознаки у сільськогосподарських рослин, які обумовлюють їх продуктивність і якість, їх пристосованість до мінливих умов вирощування відносяться до кількісних показників. Основними показниками, що їх описують і ідентифікують є: показник середньої величини варіювання, похибка середньої, коефіцієнти мінливості, кореляційні і регресійні зв′язки між ознаками, індексні показники. Їх взаємозв′язки, успадкування, мінливість, варіювання є предметом вивчення багатьох дослідників [7–9].

Дослідженнями Рарока А.В., Рарока В.А. [10] за результатами вивчення залежності між господарсько-цінними ознаками у сортів гречки подільської селекції («Вікторія», «Роксолана», «Степова» і «Єлена») та урожайністю встановлено суттєву їх взаємообумовленість і взаємозалежність. Зв'язок достатньо сильний лінійний, значення вибіркових коефіцієнтів кореляції варіює у межах від 0,731 до 0,963. Величини суттєво обумовлені факторною ознакою і сортом. Виявлено оптимальні значення досліджуваних ознак та їх взаємозалежність і обумовленість для формування максимального рівня урожайності.

Дослідженнями Тригуба О.В., Воронцова В.М. [11] проаналізовано комплекс мінливості морфологічних і технологічних показників сортів гречки різного морфотипу із країн близького та далекого зарубіжжя. Встановлено рівні варіювання основних ознак, рівні коефіцієнтів кореляції із основними урожайними показниками. Рекомендовано використання цих показників при роботі із колекціями та сортовими ресурсами, як елементу для створення інформаційної бази для селекційної роботи із культурою.

Застосований до зразків гречки скринінг щодо реалізації ознак продуктивності залежно від виробничих потреб свідчить про практичну цінність, зокрема, виділення цінних сортів, які рекомендовані для селекційної роботи і переробної промисловості [12]. Дослідження проведено на прикладі 36 сортів на базі

НДІКК Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН протягом 2024–2025 рр. За показниками урожайності, продуктивності, озерненості рослин, продуктивності суцвіть, вираженій у кількості повноцінних зерен і технологічними показниками (вмістом білка, натурною масою і масою 1000 насінин).

У дослідженнях Повидало М.В., Таранухо М.П., Ковальчук С.О. [13] в умовах ННЦ «Інституту землеробства УААН» проведено індивідуальні добори у рослин гречки на підставі індексів озерненості III і індивідуальної насіннєвої продуктивності. Їх використання сприяло швидкому розподілу, виділенню груп і окремих оригінальних рослин, рекомендованих для використання у селекції гречки.

Постановка проблеми. Виявлення кореляційних взаємозв′язків між морфологічними, урожайними показниками і індексами з метою їх використання для скорочення і спрощення селекційного процесу із гречкою є основним завданням досліджень.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження закладали на полях Білоцерківського відділу польових досліджень Українського інституту експертизи сортів рослин впродовж 2023–2025 рр. Новий вихідний матеріал і батьківські компоненти вивчали у контрольному розсаднику (посівною площею 5 м^2 у триразовій повторності), попередньому і конкурсному сортовипробуваннях (облікова площа ділянок 25 м^2 у три і чотириразових повтореннях). Стандарт висівали через 10 номерів. Стандарт у дослідах – сорт Вікторія′, занесений до Реєстру сортів рослин України. Закладання, аналізування і оцінювання внутрішньовидових гібридів і батьківських компонентів схрещувань, сорту стандарту здійснювали відповідно до методик державного сортовипробування [14, 15]. Матеріал висівали в умовах екранної ізоляції, створеної за допомогою тетраплоїдної форми гречки. Облік врожаю проводили суцільним поділянковим методом. Обмолот здійснювали комбайном „Sampo-135”. Врожайність враховували при 100%-ній чистоті зерна та стандартній вологості. Дані врожайності обробляли методами кореляційного і дисперсійного аналізів [16]. Аналіз структури рослин (30 шт.) проводили за такими показниками: висота рослин, см; кількість гілок, шт., в т. ч. першого порядку; всіх: кількість вузлів, шт.; на основному стеблі; вузол 1-го: гілкування та суцвіття; кількість суцвіть, зерен, маса зерна з рослини [17], індексні показники урожайності [7]. Технологічні показники якості зерна аналізували за: масою 1000 зерен, вирівняністю, плівчастістю [18].

Результати досліджень: Проведений нами кореляційно-регресійний аналіз основних елементів структури урожаю нового селекційного матеріалу виявив, що найбільш тісний кореляційний зв′язок існує між індивідуальною продуктивністю рослин, вираженою кількістю і масою зерен, індексами озерненості III і озерне ністю I та індексом індивідуальної насіннєвої продуктивності, а також числом суцвіть на рослині (табл. 1).

Виявлено, що серед вивчених елементів структури продуктивності найбільш тісно пов′язаними з урожайністю і найменш залежними від умов вирощування виявились індексні показники озерненості, і дещо меншій мірі – число суцвіть на рослині. Виходячи із цих даних, можна зробити попередній висновок, що найбільш об′єктивними критеріями пасивної оцінки продуктивності рослин гречки є два типи озерненості (Оз. I і Оз. III), індекс індивідуальної насіннєвої продуктивності і показник генеративної маси – числа суцвіть. Однак у селекційній практиці оцінка взаємозв′язку елементів структури урожаю з показниками урожайності можлива лише для характеристики популяцій і не може бути використана на рівні окремих генотипів.

Виявлення таких зв′язків на рівні окремих генотипів потребує додаткових досліджень. Результати вивчення кореляційних зв′язків показників озерненості з окремими елементами структури продуктивності представлені в таблиці 2.

Таблиця 1

Кореляційні зв′язки окремих кількісних ознак

Кореляція	контрольний розсадник	Сортовипробування	
		попереднє	конкурсне
Урожайність ×МЗР	0,33^{x}	0,51^{x}	0,53^{xx}
×КЗР	0,30^{x}	0,61^{x}	0,55^{xx}
×ВР	0,085	0,03	-0,27
×КЕС	0,20	0,36	0,37^{x}
×КГ	0,0012	0,098	0,33
×КВ	0,030	0,016	-0,15
×МЗ	-	0,0018	0,030
Оз. І	0,18	0,12	0,18
×Оз. ІІІ	-	0,58^{x}	-
ІІНП	0,38^{x}	0,42	0,31^{x}

Примітка: МЗР – маса зерна з рослини, КЗР – кількість зерен з рослини; ВЗ – висота рослини; КЕС – кількість елементарних суцвіть; КГ – кількість гілок, всіх; КВ – кількість вузлів всіх; МЗ – маса 1000 зерен; Індекси: Оз. І – озерненість І, Оз. ІІІ – озерненість ІІІ, ІІНП – індекс індивідуальної насіннєвої продуктивності;

^{x} – коефіцієнт кореляції достовірний на рівні ймовірності $P_{0,95}$;

^{xx} – коефіцієнт кореляції достовірний на рівні ймовірності $P_{0,99}$.

Таблиця 2

Кореляційні зв′язки окремих кількісних показників гречки з типами озерненності рослин

Взаємообумовлені ознаки	Конкурсне сортовипробування		Контрольний розсадник
	2024	2025	2025
МЗР×КЗР	0,72±0,11	0,87±0,05	0,93±0,026
Оз. І×МЗР	0,57±0,15	0,81±0,08	0,73±0,090
Оз.ІІІ×КЗР	0,67±0,14	0,35±0,19	0,75±0,079
Оз.І×Оз.ІІІ	0,91±0,04	0,88±0,20	0,82±0,068
Оз.І×МЗ	-0,014±0,20	0,60±0,15	0,097±0,19
Оз.ІІІ×МЗ	-0,032±0,23	0,25±0,20	0,14±0,190
Оз І×КЗР	0,81±0,09	0,86±0,06	0,85±0,060
Оз.ІІІ×МЗР	0,52±0,16	0,33±0,21	0,83±0,065

Аналіз табличного матеріалу свідчить про те, найбільш тісно пов′язаними з урожайністю є ознаки індивідуальної насіннєвої продуктивності – маси і кількості зерен з рослини, ці показники було обліковано як індикаторні і ключові для індивідуальних характеристик продуктивності внутрішньовидових гібридів. При визначенні зв′язку цих показників з індексними критеріями виявлено, що коефіцієнти кореляції МЗР і КЗР пов′язані між собою лінійною функцією (r = 0,72–0,93), показники озерненості І і озерненості ІІІ з масою зерна з рослини пов′язані зв′язками 0,57….0,81 і 0,33…0,83, а з кількістю зерен з рослини – 0,35…0,75 і 0,81…0,86.

Кореляційний зв'язок між показниками озерненості I і озерненості III становить r = 0,82…0,91. Виявлено їх деякий зв'язок із показниками індексів індивідуальної насіннєвої продуктивності 0,45 для озерненості I типу і 0,68 для озерненості III типу (табл. 3).

Таблиця 3

Кореляційні фенотипові зв′язки елементів структури продуктивності

Показники	ВР	ГВ	КВ	КЕС	КЗР	КС	МЗР	Оз.I	Оз.III	ІІНП
ГВ	0,37									
КВ	0,91	0,45								
КЕС	0,63	0,66	0,71							
КЗР	0,70	0,75	0,80	0,72						
КС	0,73	0,82	0,78	0,89	0,87					
МЗР	0,41	0,78	0,49	0,47	0,88	0,68				
Оз.I	0,38	0,42	0,38	0,07	0,60	0,30	0,63			
Оз. III	0,13	0,14	-0,05	0,47	0,23	0,11	0,46	0,84		
ІІНП	0,45	-0,09	-0,35	-0,50	-0,05	-0,47	0,15	0,45	0,68	

Аналіз табличних даних свідчить про те, що показники насіннєвої продуктивності рослин гречки суттєво визначаються кількістю елементарних суцвіть на рослині r = 0,63–0,73. Визначений чіткий зв'язок показників озерненості I встановлено із висотою рослин r = 0,38, гілок всіх – 0,42, кількістю вузлів на рослині r = 0,38–0,29.

Усі ці індексні показники, які визначено як можливі критерії успішного добору, їх оцінка свідчить про те, що вивчені елементи структури рослин мають значний позитивний кореляційний зв'язок із показниками насіннєвої продуктивності рослин. Як видно із вищезазначеної таблиці основний показник (насіннєвої продуктивності МЗР у більшій мірі тісно пов'язаний із індексними показниками – озерненість I і озерненість III (r = 0,63 і 0,46) відповідно. Позитивним, хоча й невисоким кореляційним зв′язком з показником із показником індивідуальної насіннєвої продуктивності r = 0,15 характеризуються МЗР і ІІНП.

Кореляційні зв′язки елементів структури продуктивності з урожаєм і взаємозв′язок показників, розраховані за умови випробування нового селекційного матеріалу у різних розсадниках селекційного процесу свідчать про одну й ту ж саму тенденцію у використанні при проведенні доборів – індексних показників і генеративної маси.

2023–2025 роках проводили вивчення перспективних новостворених сортів оцінених в умовах контрольного розсадника, попереднього, конкурсного сортовипробувань. Основну частину селекційного матеріалу, який вивчали, становив матеріал, створений у попередні роки і відібраний нами із колекції роду Гречкових *Fagopyrum Mill* НДІКК ім. О. Алексеєвої ЗВО «ПДУ». Однією із основних оцінок нового вихідного матеріалу у розсадниках селекційного процесу є облік густоти стояння рослин, яку проводять після появи повних сходів і перед збиранням у фазі повної стиглості 75%. Оцінювання у КС показників виживаності і польової схожості свідчить про те, що вони змінювалися від 95,1 до 99,4%. Встановлено, що рівень лабораторної схожості відповідав показникам добазової категорії насіння, яка регламентована ДСТУ 2240-93 [19]. Вищою порівняно з стандартом схожістю, відсотком виживання рослин, коротшим вегетаційним періодом характеризувались селекційні № 22 Снежеть × Вікторія Подільська і № 24 Агідель × № 4013.

Нижчими від сорту стандарту показниками польової схожості і виживання рослин характеризувались селекційні № 21 № 4013 × Кам′янчанка і № 20 Кам′янчанка × № 4013. Також спостерігали подовження тривалості вегетаційного періоду на 1–2 дні порівняно із стандартом.

Облік урожайних і якісних показників кращих селекційних номерів свідчить про те, що за роки досліджень спостерігали варіювання середньої урожайності від 1,34 у сорту стандарту Вікторії в умовах КР до 2,53 т/га для селекційного № 24 Агідель × № 4013 у КС. Суттєво вищими показниками характеризувались номери 26 Радехівська поліпшена × Вікторія Подільська і селекційний № 22 Снежеть × Вікторія Подільська (табл. 4).

Таблиця 4

Урожайні і якісні параметри зерна гречки у КС (середнє 2024–2025 рр.)

№ ділянки	Походження	Урожайність, т/га			Якісні параметри зерна		
		КР	ПС	КС	маса 1000 зерен, г	вирівняність, %	плівчатість, %
25	Вікторія – St.	1,34	1,52	1,80	26,0	75,4	21,7
20	Кам′янчанка × №4013	1,52	1,72	1,84	28,6	91,2	23,5
21	№4013 × Кам′янчанка	1,62	1,64	1,78	29,2	87,9	22,7
22	Снежеть × Вікторія Подільська	1,49	1,87	2,25	29,7	86,7	23,1
23	Вікторія Подільська × Снежеть	1,38	1,60	1,89	27,4	81,0	22,5
24	Агідель × №4013	1,7	1,92	2,53	31,4	90,5	22,1
26	Радехівська поліпшена × Вікторія Подільська	1,58	1,96	2,47	30,9	92,8	22,5
	$НІР_{05}$	0,13	0,12	0,15	-	-	-

Дещо нижчою урожайністю за роки досліджень характеризувались № 20 Кам′янчанка × № 4013, № 21 № 4013 × Кам′янчанка, № 23 Вікторія Подільська × Снежеть. У них спостерігали вищі порівняно із стандартом показники: маси 1000 зерен на 2,6, 3,2, 1,4 грами і висока вирівняність, однак дещо нижчим був показник плівчастості. Кращі селекційні номери конкурсного сортовипробування 24 Агідель × № 4013, 26 Радехівська поліпшена × Вікторія Подільська будуть передані для подальшого випробування у виробничих умовах, а згодом до державного сортовипробування. Решта номерів планується далі випробовувати у КС.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Високі показники кореляції між масою зерна з рослини, кількістю зерен з рослини, індекси озерненості І, озерненості ІІІ, індивідуальної насіннєвої продуктивності рослин використовувати як базові при проведенні доборів, а методи – у системі селекції культури, як такі, що спрощують і прискорюють рівень аналізування і ідентифікацію нового вихідного матеріалу. Схожість і виживаність нового вихідного матеріалу відповідає категорії добазового насіння, регламентованого стандартом ДСТУ 2240-93. Рекомендовано для передачі до державного сортовипробування новий вихідний матеріал № 24 Агідель × № 4013, № 26 Радехівська поліпшена × Вікторія Подільська,

№ 22 Снежеть × Вікторія Подільська. Донорами для покращення господарсько-цінних ознак є колекційний зразок «№ 4013», сорти «Радехівська поліпшена», «Вікторія Подільська», «Агідель». Кращі селекційні номери рекомендовано для використання у селекційних програмах НДІКК ім. О.С. Алексеєвої ЗВО «ПДУ».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Тригуб О. В., Куценко О. М., Ляшенко В. В., Ногін В. В. Важливість вирощування гречки як унікальної й екологічно орієнтованої культури. *Вісник ПДАА*. 2022. №1 С. 69−76. https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/1609
2. Шевчук В. М. Гречка як стратегічна культура в умовах зміни клімату, агроекологічної сталості та продовольчої безпеки. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 112–119. https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.17
3. Sajad A., Naseer A., Asmat F. et al. Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. *Food Science & Nutrition.* 2023. Vol. 11, Iss. 5. P. 2256–2276. https://doi.org/10.1002/fsn3.3166
4. Мірзоєва Т. Ефективність виробництва нішевих зернових культур у контексті забезпечення продовольчої безпеки і створення доданої вартості. *Економіка та суспільство*, 2024. Вип. 67. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-158
5. Сидякіна О. В., Іванів М. О. Виробництво гречки: стан, виклики та перспективи. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 126–132. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.21
6. Вільчинська Л. А., Гораш О. С., Климишена Р. І., Ляльчук П. П., Бойко О. Г. Ключові аспекти селекційно-насінницької роботи із гречкою на Поділлі. *ScientificWorldJournal*. 2026. Вип. 2. №35-02. С. 350–365. https://doi.org/10.30888/2663-5712.2026-35-02-118
7. Тараненко Л. К., Яцишен О. Л., Кацан Т. О. Індексна селекція як метод вдосконалення генотипів гречки за елементами продуктивності та адаптивності. *Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України.* Київ, 2011. № 162. Ч. 1. С. 118–123.
8. Шевченко Н.В. Принципи підбору сортів гречки в умовах змін клімату. *Таврійський науковий вісник.* 2024. №137. С. 351−357. DOI:https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.41https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/137_2024/43.pdf
9. Chuiko D., Tryhyb O. Expression of useful traits in determinant buckwheat accession in the east of Ukraine. *Fagopyrum.* 2025. 42 (1). P. 5−17. https://ojs.sazu.si/fagopyrum/article/view/8064/7540
10. Рарок А. В., Рарок В. А. Дослідження закономірності урожайності різних сортів гречки з їх господарсько-цінними ознаками. *Таврійський науковий вісник.* 2020. №112. С. 136−143. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.19
11. Тригуб О. В., Воронцова В. М. Особливості формування продуктивності зразків гречки їстівної *Fagopyrum Mill*. *Генетичні ресурси рослин*. 2025. № 36. С. 54−65. DOI: 10.36814/pgr.2025.36.05 https://genres.com.ua/assets/files/36/7.pdf
12. Тригуб О. В., Бурдига В. М. Скринінг сортового матеріалу гречки за ознаками врожайності та якості зерна залежно від погодних умов. *Новітні агротехнології*. 2026. Т. 14. № 1. URL: https://doi.org/ 10.47414/na.14.1.2026.361995 https://jna.bio.gov.ua/article/view/361995 дата звернення 10.08.2026).
13. Повидало М. В., Таранухо М. П., Ковальчук С. О. Добір високопродуктивного вихідного матеріалу в селекції гречки їстівної. *Вісник аграрної науки*. 2024. №3 (852). С. 53−59. DOI**:** https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202403-08
14. Методика проведення експертизи сортів гречки їстівної (*Fagopyrum esculentum* Moench) на відмінність, однорідність і стабільність. / за ред. С. О. Ткачик. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця, 2016. С. 129–140. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/5b9233c047623.pdf

15. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Київ, 2014. 82 с. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf

16. Ермантраут Е. Р., Шевченко І. Л., Ненин П. Б. Математичні методи аналізу та інтерпретації результатів наукових досліджень. *Зб. наук. праць Інституту цукрових буряків УААН.*. Вип. 2. Кн. 1. Київ. 2000. С. 189−205.

17. Тригуб О. В., Харченко Ю. В., Рябчун В. К., Григоращенко Л. В., Докукіна К. І. Широкий уніфікований класифікатор роду Гречки (*Fagopyrum* Mill.). Устимівка, 2013. 54 с.

18. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2002-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

19. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. [Чинний від 1993-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1993. 73 с.

Дата першого надходження статті до видання: 11.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.852:631.524
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.19

КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ВИДІВ РОДУ *HYDRANGEA* L. ЗА ДЕКОРАТИВНО-ГОСПОДАРСЬКИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ

Осіпов М.Ю. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри садово-паркового господарства,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0001-7004-1164

У статті представлено результати декоративно-господарського оцінювання видів роду Hydrangea L. з метою визначення перспектив їх використання в озелененні та як вихідного матеріалу у селекції. За результатами оцінювання визначено, що рослини H. paniculata мали найвищий загальний показник декоративності, який оцінено у 93 бали, тоді як H. arborescens отримала дещо нижчу оцінку на рівні 87 балів. Рослини H. paniculata оцінено найвищим балом (9 балів) за більшістю декоративних ознак, зокрема за формою та розмірами квітки і суцвіть, кількістю квіток у суцвітті, одночасно відкритих квіток, якістю квітконосів і загальним станом рослин. Найвищі показники декоративності квіток відзначено у H. macrophylla, що зумовлено варіабельністю їх забарвлення, яке залежить від реакції ґрунтового середовища. Найвищу оцінку за декоративністю суцвіть отримала H. paniculata завдяки великим щільним конічним суцвіттям. За комплексом господарсько-біологічних ознак найвищий результат також продемонструвала H. paniculata – 41 бал. Вид відзначався тривалим і рясним цвітінням, великими суцвіттями та високою стійкістю до несприятливих умов. За здатністю до насіннєвого розмноження кращими виявилися H. macrophylla та H. arborescens, тоді як H. paniculata мала дещо нижчу насіннєву продуктивність. За тривалістю цвітіння та адаптивністю перевагу також мала H. paniculata, тоді як H. macrophylla характеризувалася коротшим періодом цвітіння та меншою стійкістю до несприятливих умов вирощування. За результатами комплексного оцінювання найбільшу сумарну кількість балів набрала H. paniculata – 134, тоді як H. macrophylla і H. arborescens – по 126 балів. Отримані результати свідчать про високу декоративну й селекційну цінність досліджених видів, їх перспективність для використання в озелененні та доцільність залучення до селекційних програм зі створення нових гібридів та сортів.

Ключові слова: *гортензії, декоративність, господарська цінність, селекція, озеленення.*

Osipov M. Yu. Comprehensive evaluation of Hydrangea L. species based on their ornamental and biological characteristics

This article presents the results of the ornamental and horticultural evaluation of species of the genus Hydrangea L. aimed at determining their potential for use in landscaping and as source material for breeding. The evaluation showed that H. paniculata had the highest overall ornamental score (93 points), whereas H. arborescens received a slightly lower score of 87 points. H. paniculata received the highest score (9 points) for most ornamental traits, including flower and inflorescence shape and size, the number of flowers per inflorescence, the number of simultaneously open flowers, peduncle quality, and overall plant condition. The highest ornamental quality of the flowers was recorded in H. macrophylla, owing to the variability of flower colour, which depends on soil pH. H. paniculata received the highest score for the ornamental quality of its inflorescences due to their large, dense, conical shape. Based on the комплекс of horticultural and biological traits, H. paniculata also achieved the highest score (41 points). This species was characterized by abundant and prolonged flowering, large inflorescences, and high resistance to adverse environmental conditions. Regarding seed propagation potential, H. macrophylla

© Осіпов М.Ю., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

and H. arborescens received the highest scores, whereas H. paniculata showed slightly lower seed productivity. H. paniculata also ranked highest for flowering duration and adaptability, while H. macrophylla was characterized by a shorter flowering period and lower tolerance to adverse growing conditions. According to the comprehensive evaluation, H. paniculata obtained the highest overall score (134 points), whereas H. macrophylla and H. arborescens each scored 126 points. The results obtained indicate the high ornamental value and breeding potential of the studied species, their prospects for use in landscaping, and the feasibility of their inclusion in breeding programs aimed at developing new hybrids and cultivars.

Key words: *hydrangeas, ornamental value, horticultural value, breeding, landscaping.*

Постановка проблеми. Розширення асортименту декоративних рослин для озеленення є одним з актуальних напрямів сучасного декоративного садівництва [1, 2]. Важливе значення у формуванні зелених насаджень та паркових композицій мають інтродуковані види, серед яких особливу увагу привертають представники роду *Hydrangea* L. [3, 4]. Завдяки високим декоративним якостям, стійкості до умов урбанізованого середовища, здатності добре переносити обрізування та широким можливостям використання в озелененні гортензії не поступаються багатьом декоративним рослинам, які застосовуються в зеленому будівництві, а за окремими показниками навіть перевершують їх [5, 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із пріоритетних напрямів сучасної інтродукції та селекції декоративних рослин є створення й використання форм, здатних поєднувати високі декоративні якості з екологічною стійкістю та адаптивністю до конкретних умов вирощування. Використання рослин у ландшафтному дизайні потребує не лише оцінювання їхнього декоративного потенціалу, а й вивчення генетичного різноманіття. Це сприяє формуванню стійких рослинних композицій, здатних ефективно функціонувати в конкретних умовах середовища та забезпечувати тривалу декоративність [7, 8].

Гортензії високо цінуються на світовому ринку декоративного садівництва завдяки широкому різноманіттю забарвлення та форм суцвіть [9, 10]. Представники роду є одними з найпопулярніших декоративних квітучих чагарників, що широко використовуються в озелененні та ландшафтному дизайні. Серед близько 70–80 видів гортензій особливу декоративну цінність мають види й сорти, які поєднують рясне та тривале цвітіння, високу декоративність і добру адаптивну здатність до різних ґрунтово-кліматичних умов [10–12].

Враховуючи те, що Україна розташована у різних кліматичних зонах та характеризується значним різноманіттям природних екосистем [13, 14], особливої актуальності набуває використання рослин, адаптованих до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Оцінюванням адаптивної здатності гортензій в умовах Правобережного Лісостепу України визначено, що *H. arborescens*, *H. paniculata* та *H. quercifolia* добре акліматизовані до місцевих умов, що проявляється у здатності витримувати низькі температури та посуху. Рослини *H. macrophylla* були менш стійкими до впливу негативних факторів, що зокрема проявлялося у істотному обмерзанні пагонів [15]. Однак, відомо, що *H. macrophylla* є одним з найцінніших видів для декоративного садівництва [16, 17], що обумовлює необхідність комплексного дослідження гортензій за декоративно-господарськими ознаками.

Постановка завдання. Оцінювання декоративних та господарсько-біологічних особливостей трьох видів гортензії (*H. macrophylla*, *H. paniculata* та *H. arborescens*) проводили відповідно до загальноприйнятих методик [18, 19] упродовж 2020–2024 років в Уманському національному університеті МОН та у Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України.

Декоративне оцінювання проводили за 9-бальною шкалою, враховуючи колір квітки та його стійкість, форму і розмір квітки, якість пелюсток, форму і розмір суцвіть, кількість квіток у суцвітті, кількість одночасно відкритих квіток, якість квітконоса, оригінальність, загальний стан рослин. Максимальна оцінка за комплексом декоративних ознак – 99 балів.

За господарсько-біологічного оцінювання гортензій враховували продуктивність їх цвітіння, здатність до розмноження, тривалість цвітіння, розмір квітки, загальну стійкість рослин до несприятливих умов за їх вирощування. Максимальна оцінка – 45 балів. Максимальна оцінка за комплексного оцінювання рослин – 144 балів. Комплексна декоративно-господарська оцінка у межах 122–129 білів вказує на високу цінність виду.

Мета досліджень – дослідження декоративних та господарсько-біологічних особливостей видів роду *Hydrangea* L. для визначення перспектив їх використання в озелененні та як вихідного матеріалу в селекції декоративних рослин.

Виклад основного матеріалу. Оцінювання декоративності рослин дає можливість селекціонеру зробити добір за окремими ознаками генотипів для включення їх у селекційний процес зі створення нових гібридів, які будуть вирізнятися за господарськими та декоративними властивостями.

У результаті оцінювання видів роду *Hydrangea* L. визначено, що найвищий бал за загальним показником декоративності отримала *H. paniculata* – 93 бали (табл. 1), тоді як найнижчий – *H. arborescens* (87 балів). *H. paniculata* отримала найвищу оцінку – 9 балів – за більшістю декоративних ознак, зокрема, за формою та розміром квітки і суцвіть, кількості квіток у суцвітті, кількості одночасно відкритих квіток, якості квітконоса та загального стану рослин.

За показниками декоративності квітки найвищу оцінку отримала *H. macrophylla*. Даний вид вирізняється оригінальним забарвленням квіток, які можуть бути рожевого, синього або фіолетового кольорів, залежно від pH ґрунту. Дещо нижче за показниками декоративності квітки оцінено *H. arborescens* (7 балів), що зумовлено меншими розмірами квіток і нижчою якістю пелюсток порівняно з іншими видами.

Таблиця 1

Оцінювання гортензій за декоративними особливостями

Ознака	Вид гортензії		
	H. macrophylla	***H. paniculata***	***H. arborescens***
Забарвлення квітки та його стійкість	9	7	7
Форма квітки	9	9	9
Розмір квітки	9	9	7
Якість пелюсток	9	7	7
Форма суцвіття	7	9	7
Розмір суцвіття	9	9	9
Кількість квіток у суцвітті	7	9	9
Кількість одночасно відкритих квіток	9	9	9
Якість квітконоса	7	9	7
Оригінальність сорту	9	7	7
Загальний стан рослин	7	9	9
Всього	91	93	87

Найвищим балом за показниками декоративності суцвіть оцінено *H. paniculata*, яка вирізняється великими, щільними, конічними суцвіттями. У *H. macrophylla* і *H. arborescens* суцвіття щільні, кулясті.

Цінність виду для формування декоративних насаджень залежить від комплексу господарсько-біологічних якостей рослин, у тому числі від тривалості декоративного ефекту та можливості отримання достатньої кількості рослинного матеріалу. За створення нових гібридів важливою є також насіннєва продуктивність рослин оскільки вона впливає на можливість отримання достатньої кількості насіння для проведення селекційної роботи.

За оцінювання гортензій визначено, що найвищий бал за господарсько-біологічними особливостями отримала *H. paniculata* – 41 бал (табл. 2). Даний вид вирізнявся високою продуктивністю та тривалістю цвітіння, розміром суцвіть і загальною стійкістю до несприятливих умов (по 9 балів). Високі результати свідчать про добру адаптивність виду та його високий декоративний потенціал упродовж періоду вегетації.

Таблиця 2

Оцінювання гортензій за господарсько-біологічними особливостями

Ознака	Вид гортензії		
	H. macrophylla	***H. paniculata***	***H. arborescens***
Сила цвітіння	9	9	9
Здатність до насіннєвого розмноження	7	5	7
Тривалість цвітіння	5	9	7
Розмір суцвіття	9	9	9
Загальна стійкість сорту до несприятливих умов	5	9	7
Всього	35	41	39

За продуктивністю або силою цвітіння і розміром суцвіть усі досліджувані рослини роду *Hydrangea* L. отримали найвищу оцінку (9 балів), що свідчить про рясне цвітіння незалежно від виду. Аналогічна ситуація спостерігалася і за показником розміру суцвіть, який у всіх видів був оцінений у 9 балів.

За здатністю до насіннєвого розмноження найвищі оцінки отримали *H. macrophylla* та *H. arborescens* (по 7 балів). *H. paniculata* за цим показником отримала дещо нижчу оцінку (5 бали), яка пов'язана з нижчою продуктивністю та схожістю насіння, порівняно з іншими видами.

За показником тривалості цвітіння найвищу оцінку отримала *H. paniculata* (9 балів). Тривалість цвітіння рослин *H. arborescens* оцінено у 7 балів, тоді як найнижчий бал отримала *H. macrophylla* (5 балів), що вказує на коротший період декоративності даного виду.

За показником загальної стійкості до несприятливих умов найвищий бал також отримала *H. paniculata* (9 балів), тоді як найнижчий бал отримала *H. macrophylla* (5 балів), що свідчить про її нижчу стійкість до впливу несприятливих факторів середовища.

Таким чином, за сукупністю досліджених господарсько-біологічних ознак найвищу оцінку отримала *H. paniculata* (41 бал), яка характеризувалася тривалим цвітінням і високою стійкістю до несприятливих умов, а найнижчу – *H. macrophylla* (33 бали), що зумовлено коротшою тривалістю цвітіння та нижчою стійкістю до несприятливих умов.

Таким чином, за комплексного оцінювання декоративних та господарсько-біологічних ознак найбільшу кількість балів набрала *H. paniculata* (134 балів),

тоді як *H. macrophylla* та *H. arborescens* оцінено у 126 білів. Отримані результати вказують на високу цінність досліджених видів та їх придатність до культивування у відповідних умовах зростання.

Висновки. За результатами комплексного оцінювання декоративних і господарсько-біологічних особливостей видів роду *Hydrangea* L. встановлено, що найвищу сумарну оцінку отримала *H. paniculata* (134 бали), яка характеризувалася високою декоративністю, тривалим і рясним цвітінням, значною стійкістю до несприятливих умов та добрим адаптаційним потенціалом. *H. macrophylla* та *H. arborescens* отримали по 126 балів, проте вирізнялися різними господарсько-цінними ознаками, зокрема, *H. macrophylla* вирізнялася найвищими показниками декоративності квіток. Поряд із цим, *H. macrophylla* та *H. arborescens* характеризувалися високою здатністю до насіннєвого розмноження, що визначає їх селекційну цінність. Отримані результати оцінювання підтверджують перспективність усіх досліджених видів для використання в озелененні та їх цінність як вихідного матеріалу для селекції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Beruto M., Dhooghe E., Dunn, B. Advancement in propagation, breeding, cultivation, and marketing of ornamentals. *Horticulturae*. 2024. № 10(7). P. 747. https://doi.org/10.3390/horticulturae10070747

2. Monder M. J., Pacholczak A., Zajączkowska M. Directions in ornamental herbaceous plant selection in the central European temperate zone in the time of climate change: benefits and threats. *Agriculture*. 2024. № 14(12). P. 2328. https://doi.org/10.3390/agriculture14122328

3. Abdegaliyeva A. Y., Amanbayev A. A., Abzhalelov A. B., Acar C. Adaptation of Ornamental Flowering Shrubs to the Sharply Continental Climate: Landscaping Experience in Astana. *Eurasian Journal of Ecology*. 2025. № 85(4). P. 105. https://doi.org/10.26577/EJE20258510

4. Li Y., Mmbaga M. T., Zhou B., Joshua J., Rotich E., Parikh L. Diseases of hydrangea. *Handbook of florists' crops diseases*. 2018. P. 987-1006.

5. Sherwood A., Clark M. D., Hokanson S. C. Oakleaf Hydrangea (Hydrangeaquercifolia Bartr.) Horticulture, Genetics, Breeding, and Conservation. *Horticultural Reviews*. 2022. № 49. P. 1-33. https://doi.org/10.1002/9781119851981.ch1

6. Li Z., Lyu T., Lyu Y. The Molecular Biology Analysis for the growing and development of Hydrangea macrophylla 'Endless Summer'under different light and temperature conditions. *Horticulturae*. 2024. № 10(6). P. 586. https://doi.org/10.3390/horticulturae10060586

7. Wilde H. D., Gandhi K. J. K., Colson G. State of the science and challenges of breeding landscape plants with ecological function. *Horticulture Research*. 2015. № 2. P. 14069. https://doi.org/10.1038/hortres.2014.69

8. Burghardt K. T., Tallamy D. W. Plant origin asymmetrically impacts feeding guilds and life stages driving community structure of herbivorous arthropods. *Divers Distrib*. 2013. № 19. P. 1553–1565. https://doi.org/10.1111/ddi.12122

9. Sevilleno S. S., Ha M. K. T. T., Hwang Y. J., Yi J. H., Park H. W. A Review of the Cytogenetic Studies in Hydrangea. *Flower Research Journal*. 2025. № 33(1). P. 1-11. https://doi.org/10.11623/frj.2025.33.1.01

10. Liao Y., Zhao W., Wang Y., Zhao S., Gu S., Zhang C., Peng J., Sheng S., Wang S. Phylogenetic and functional analysis of MYB genes unraveling its role involved in anthocyanin biosynthesis in H. macrophylla. *Sci. Rep*. 2025. № 15. P. 29125. https://doi.org/10.1038/s41598-025-14216-4

11. Wu X., Simpson S.A., Youngblood R.C., Liu X.F., Scheffler B.E., Rinehart T.A., Alexander L.W., Hulse-Kemp A.M. Two haplotype-resolved genomes reveal important flower traits in bigleaf Hydrangea (Hydrangea macrophylla) and insights into Asterid evolution. *Hortic. Res*. 2023. № 10. P. uhad217. https://doi.org/10.1093/hr/uhad217

12. Zhang Y., Jiang B., Zhang J., Zhou B., Li B., Wu Y., Li Y., Jiang Y., Lu H., Pi E. Integration of phenotype characterization and DNA barcoding for comprehensive genetic diversity assessment in Hydrangea germplasm. *Scientia Horticulturae*. 2026. № 358(15). P. 114702 https://doi.org/10.1016/j.scienta.2026.114702

13. Polishchuk V., Konovalov D., Brovdi A. Influence of weather conditions on winter wheat (Triticum aestivum L.) overwintering. *Agronomy Research*. 2024. № 22(3). https://doi.org/10.15159/AR.24.061

14. Дідух Я. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник Національної академії наук України*. 2009. № 2. С. 34-44.

15. Осіпов М. Ю., Поліщук В.В. Оцінювання адаптивної здатності видів роду Hydrangea L. в умовах Правобережного Лісостепу України. *Український журнал природничих наук*. 2026. № 16. С. 246-271. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.16.2026.23

16. Bak S. H., Jung H. J., min Lim J., Lee J. S., Han T. H. The New Domestic Hydrangea macrophylla Cultivar 'Moonlight'. *Horticultural Science and Technology*. 2021. № 39(6). P. 832-837. https://doi.org/10.7235/HORT.20210073

17. Morimoto H., Harada S., Shukuya S., Yamamoto S., Handa T. Distribution, ecology, and adaptation to salinity stress of wild Hydrangea macrophylla endemic to Japan. *Plant Ecol*. 2024. № 225. P. 775–790. https://doi.org/10.1007/s11258-024-01433-6

18. Методика проведення державної кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (квітково-декоративні, ефіроолійні, лікарські та лісові рослини. Вип. шостий: 2-е вид., випр. і доп. Київ, 2014. 132 с.

19. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних на відмінність, однорідність і стабільність: 2-е вид., випр. і доп. Вінниця: Нілан ЛТД, 2016. 1130 с.

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.854:633.853.52
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.20

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Паламарчук В.Д. *– д.с.-г.н., професор,*
професор кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття,
Житомирський державний університет імені Івана Франка
orcid.org/0000-0002-4906-3761
Кричковський В.Ю. *– д.філос. з агрономії,*
старший викладач кафедри рослинництва та садівництва,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-4415-0708

Серед зернобобових культур соя займає одне з перших місць не лише в Україні, але і у світі в цілому. У статті наведено результати досліджень впливу генетичних особливостей гібридів кукурудзи різних груп стиглості та густоти стояння рослин на формування врожайності та передзбиральної вологості зерна в умовах Правобережного Лісостепу України. ***Метою досліджень*** *було встановлення особливостей формування врожайності сої та оцінка змін комплексу її господарсько цінних ознак залежно від строків сівби в ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу України.* ***Методи.*** *Польовий, лабораторний, лабораторно-польовий. Дослідження проведено у 2025 році на дослідному полі НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету на сірих лісових ґрунтах. Вивчали гібриди ранньостиглої, середньоранньої та середньостиглої груп стиглості за густоти стояння 50, 60, 70, 80 і 90 тис. рослин/га.*

Результати досліджень. *Встановлено, що продуктивність кукурудзи істотно залежить від поєднання біологічних особливостей гібриду та густоти посіву. Ранньостиглі гібриди характеризувалися нижчим рівнем урожайності, проте відзначалися меншою передзбиральною вологістю зерна, що сприяло зменшенню витрат на післязбиральне досушування. Найвищий потенціал продуктивності сформували середньоранні та середньостиглі гібриди за оптимальної густоти 70–80 тис. рослин/га. Подальше загущення посівів до 90 тис. рослин/га супроводжувалося посиленням внутрішньовидової конкуренції, зниженням індивідуальної продуктивності рослин і тенденцією до зменшення врожайності.*

Погодні умови 2025 року характеризувалися підвищеною кількістю опадів та помірним температурним режимом, що загалом позитивно сприяло росту й розвитку рослин кукурудзи, однак забезпечило формування підвищеної вологості зерна перед збиранням. Виявлено, що реакція гібридів на зміну густоти стояння була диференційованою залежно від групи стиглості, що підтверджує необхідність добору оптимальної густоти для кожного гібриду окремо.

Висновки. *Отримані результати свідчать, що для умов Вінницької області найбільш ефективним є вирощування середньоранніх і середньостиглих гібридів кукурудзи за густоти 70–80 тис. рослин/га, що забезпечує високу реалізацію генетичного потенціалу врожайності за прийнятного рівня передзбиральної вологості зерна. Результати досліджень можуть бути використані для удосконалення елементів технології вирощування кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України.*

Ключові слова: *соя, строки сівби, зерно, сорт, площа живлення, структура врожаю, боби, вегетаційний період, групи стиглості, урожайність.*

Palamarchuk V.D., Krychkovskyi V.Yu. Influence of sowing dates on the productivity of soybean varieties under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe

Among grain legumes, soybean occupies one of the leading positions not only in Ukraine but also worldwide. The article presents the results of studies on the influence of the genetic

© Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

characteristics of maize hybrids belonging to different maturity groups and plant density on yield formation and pre-harvest grain moisture content under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. ***The aim of the study*** *was to determine the specific features of soybean yield formation and to assess changes in the complex of economically valuable traits depending on sowing dates under the soil and climatic conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.* ***Methods****. Field, laboratory, and laboratory-field methods were used. The study was conducted in 2025 at the experimental field of the Research Farm "Agronomichne" of Vinnytsia National Agrarian University on gray forest soils. Hybrids belonging to early-maturing, medium-early, and medium-maturing maturity groups were studied at plant densities of 50, 60, 70, 80, and 90 thousand plants per hectare.*

Research results. *It was established that maize productivity depends significantly on the interaction between the biological characteristics of the hybrid and plant density. Early-maturing hybrids were characterized by lower yield levels; however, they exhibited lower pre-harvest grain moisture content, which contributed to reducing post-harvest drying costs. The highest productivity potential was achieved by medium-early and medium-maturing hybrids at the optimal plant density of 70–80 thousand plants per hectare. Further increase in plant density to 90 thousand plants per hectare resulted in intensified intraspecific competition, reduced individual plant productivity, and a tendency toward decreased yield.*

The weather conditions of 2025 were characterized by increased precipitation and a moderate temperature regime, which generally had a positive effect on the growth and development of maize plants; however, they also contributed to elevated grain moisture content before harvest. It was found that the response of hybrids to changes in plant density differed according to maturity group, confirming the necessity of selecting the optimal plant density individually for each hybrid.

Conclusions. *The obtained results indicate that, under the conditions of Vinnytsia region, the most effective approach is the cultivation of medium-early and medium-maturing maize hybrids at a plant density of 70–80 thousand plants per hectare, which ensures high realization of the genetic yield potential while maintaining an acceptable level of pre-harvest grain moisture content. The research findings can be used to improve individual elements of maize cultivation technology under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.*

Key words: *soybean, sowing dates, grain, variety, feeding area, yield structure, pods, growing season, maturity groups, yield.*

Постановка проблеми. Соя із всіх зернобобових культур є найбільш перспективною та пріоритетною. Одним із резервів підвищення її продуктивності є оптимізація строків сівби, оскільки сьогодні спостерігаються істотні зміни кліматичних умов за рахунок глобального потепління, з'являються нові сорти сої із різними вимогами до факторів життя та адаптивністю, змінюються показники застосування засобів інтенсифікації.

Тому дослідження в даному напрямі є актуальними та необхідними і представляють практичний інтерес для виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Соя є однією з провідних зернобобових та олійних культур, що займає важливе місце у світовому та вітчизняному агровиробництві. Її насіння характеризується високим вмістом білка, олії та комплексу поживних речовин, що визначає широкі можливості використання цієї культури у харчовій промисловості та є доступним джерелом рослинного білка і ефективною альтернативою продуктам тваринного походження, зокрема м'ясу й молочній продукції [1, 2].

Ефективне використання генетичного потенціалу сучасних сортів сої можливе лише за умови забезпечення оптимальних параметрів технології вирощування, що повною мірою відповідають біологічним потребам культури. Комплексне поєднання високопродуктивних сортів із науково обґрунтованими агротехнологічними заходами сприяє істотному підвищенню врожайності, забезпечує стабільне формування продуктивності посівів та створює передумови для розширення зон вирощування сої в різних ґрунтово-кліматичних умовах [3, 4].

Упровадження у виробництво нових сортів сої зумовлює необхідність удосконалення окремих елементів технології її вирощування, які забезпечують максимальну реалізацію продуктивного потенціалу культури. Одним із визначальних агротехнічних чинників є вибір оптимальних строків сівби. Як рослина з високою потребою у світлі, соя здатна формувати високий рівень урожайності лише за створення сприятливих умов росту, що передбачають оптимальну площу живлення, освітлення та густоту стояння рослин відповідно до біологічних особливостей сорту, достатнє забезпечення вологою і елементами мінерального живлення [5].

Від строків сівби значною мірою залежать інтенсивність появи сходів, формування оптимальної густоти посіву, проходження фенологічних фаз, своєчасне достигання рослин, а також рівень урожайності та якісні характеристики насіння. Водночас регулювання строків сівби є економічно доцільним агротехнічним заходом, який не потребує додаткових матеріальних витрат, проте здатний суттєво підвищити продуктивність культури за рахунок ефективнішого використання природно-кліматичних ресурсів [6, 7].

Високі вимоги сої до температурного режиму та забезпеченості ґрунту вологою на початкових етапах розвитку, зокрема в період від сівби до появи сходів, визначають особливу роль строків сівби у технології її вирощування. Оптимальні строки сівби створюють сприятливі умови для дружного проростання насіння, формування оптимальної густоти посівів і підвищення виживаності рослин, що позитивно впливає на реалізації продуктивного потенціалу сої та забезпечує зростання її врожайності [8].

Визначальним показником під час встановлення оптимальних строків сівби сої є стабільне прогрівання посівного шару ґрунту до температури, сприятливої для проростання насіння, тобто до температури ґрунту близько +10°С, за умови її подальшого підвищення, проте найкращі умови для швидкого та рівномірного проростання створюються тоді, коли посівний шар прогрівається до +12–14°С і містить достатню кількість вологи. Рання сівба за недостатнього прогрівання ґрунту подовжує період проростання насіння, що підвищує ризик ураження проростків хворобами та пошкодження шкідниками, а також негативно позначається на польовій схожості й подальшому розвитку рослин [9].

Вибір оптимальних строків сівби сої залежить від комплексу ґрунтово-кліматичних умов регіону вирощування. Проведення посіву в найбільш сприятливий період забезпечує швидке проростання насіння, рівномірне проходження фенологічних фаз та створює передумови для повної реалізації продуктивного потенціалу культури. Недотримання рекомендованих строків сівби, неправильне загортання насіння або недостатня вологість посівного шару ґрунту зумовлюють нерівномірну появу сходів, унаслідок чого формується різновіковий за розвитком агроценоз. Рослини, які зійшли із запізненням, характеризуються меншою площею асиміляційної поверхні, нижчою висотою, слабшим галуженням і формують меншу кількість бобів, насінин та азотфіксувальних бульбочок. Такі зміни негативно впливають на загальну продуктивність посівів, а також спричиняють нерівномірне достигання врожаю, що ускладнює його збирання та може призводити до втрат [10, 11].

Також необхідно враховувати тривалість вегетаційного періоду культури, рівень родючості ґрунту, особливості забезпечення рослин вологою та агрокліматичні умови конкретної зони вирощування. Важливо, щоб період найбільшої потреби рослин у воді збігався з фазами цвітіння та формування бобів, оскільки саме в цей час закладаються основні елементи майбутнього врожаю. Найвищу врожайність сої забезпечує проведення сівби наприкінці квітня за умов раннього

настання весни, тоді як у роки із запізнілим потеплінням найбільш ефективним є висівання насіння у першій декаді травня [12].

Водночас встановлено, що за раннього проведення сівби сої відбувається подовження тривалості окремих міжфазних періодів розвитку рослин, тоді як перенесення строків сівби на пізніший час сприяє їх скороченню. Загальна тривалість вегетації культури та проходження окремих етапів онтогенезу залежать не лише від умов вирощування, а й значною мірою визначаються спадковими особливостями сортів, зокрема їх належністю до певної групи стиглості [13, 14].

Максимальну кількість квіток на одній рослині (74,5–76,5 шт.) було зафіксовано за проведення сівби у третій строк, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягала близько +14°С. Водночас найбільш сприятливі умови для реалізації репродуктивного потенціалу рослин, зокрема формування зав'язі та утворення бобів, складалися за другого строку сівби у поєднанні із застосуванням системи захисту посівів від хвороб [15].

Одним із ефективних способів підвищення адаптивності рослин сої до несприятливих температурних умов, зокрема короткочасного зниження температури повітря, є передпосівна обробка насіннєвого матеріалу фізіологічно активними сполуками. Застосування таких препаратів сприяє активізації ростових процесів, підвищенню стійкості рослин на ранніх етапах розвитку та формуванню здатності ефективніше протистояти негативному впливу абіотичних факторів навколишнього середовища [16, 17].

Подальше розширення площ вирощування сої в умовах Правобережного Лісостепу значною мірою обмежується недостатньою адаптованістю існуючих технологічних рішень до ґрунтово-кліматичних особливостей регіону. Особливої уваги потребує застосування ранніх строків сівби, оскільки в цей період температурний режим часто є лімітуючим фактором для нормального росту й розвитку рослин. У зв'язку з цим виникає необхідність поглибленого дослідження впливу строків сівби на процеси формування врожайності та якісних показників насіння сої. Отримані результати сприятимуть науковому обґрунтуванню ефективних технологічних підходів до вирощування культури, що підтверджує актуальність і практичну значущість досліджень у цьому напрямі

Метою дослідження було встановлення особливостей формування врожайності сої та оцінка змін комплексу її господарсько цінних ознак залежно від строків сівби в ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал та методика досліджень. Експериментальну частину досліджень виконували впродовж 2023–2025 років у виробничих умовах ТОВ «Органік-Д». Польові досліди закладали на сірих лісових середньо-суглинкових ґрунтах, характерних для зони проведення досліджень.

За агрохімічними показниками сірі лісові ґрунту дослідної ділянки мали слабокислу реакцію pH – 5,8, вміст гумусу (за Тюріним) – 2,5 %, 9,6 мг на 100 г ґрунту легкогідролізованого азоту, 11,6 мг на 100 г ґрунту обмінного фосфору та 12,5 мг на 100 г ґрунту обмінного калію.

Польові досліди проводили у чотириразовій повторності із застосуванням рендомізованого способу розміщення дослідних ділянок. Структуру експерименту розробляли відповідно до поставленої мети, завдань дослідження та сучасного стану вивченості проблеми. Площа однієї облікової ділянки становила 25 м², тоді як загальна площа дослідної ділянки дорівнювала 50 м². Для оцінки впливу досліджуваних факторів у дослідах використовували сорти сої, що відрізнялися тривалістю вегетаційного періоду.

Дослід передбачав вивчення сортів сої різних груп стиглості – ранньостиглі Говерла, Таверна, середньоранні – Карра, Омега вінницька, середньостиглі – Віталіна, Джейд та трьох строків сівби – ранній (ІІІ декада квітня), середній та пізній (І та ІІ декади травня).

Для посіву використовували ширшу міжрядь 45 см та густоту посіву до 600 тис. схожих насінин на гектар, що забезпечувало оптимальні умови для росту й розвитку рослин залежно.

Технологія вирощування сої в досліді відповідала загальноприйнятим рекомендаціям для ґрунтово-кліматичних умов зони досліджень. Відмінність експериментальної технології полягала лише у варіюванні строків сівби, які були основним фактором дослідження. Попередником культури були озимі зернові культури. У системі удобрення перед проведенням передпосівної культивації вносили аміачну селітру нормою 100 кг/га.

Сівбу сої здійснювали відповідно до схеми досліду, використовуючи попередньо інокульований і протруєний насіннєвий матеріал. Для контролю бур'янів до появи сходів застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес у нормі 2,0 л/га, а у період вегетації, до настання фази третього трійчастого листка, посіви обробляли баковою сумішшю гербіцидів Базагран (2,0 л/га) та Арамо (1,5 л/га), що забезпечувало ефективний контроль забур'яненості. Заходи із захисту посівів від шкідників та хвороб передбачали застосування інсектицидних і фунгіцидних препаратів у разі перевищення економічного порогу шкодочинності (ЕПШ).

Спостереження за проходженням фенологічних фаз, ростом і розвитком рослин сої проводили відповідно до вимог методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Отримані дані використовували для оцінки особливостей онтогенетичного розвитку рослин залежно від строків сівби [18].

Збирання врожаю та визначення показників його продуктивності здійснювали після досягнення рослинами фази повної стиглості насіння. Визначення біометричних параметрів рослин сої та аналіз елементів структури врожаю проводили на основі дослідження рослинного матеріалу, відібраного у вигляді пробних снопів із кожної облікової ділянки досліду. Отримані показники використовували для оцінювання особливостей росту рослин і формування продуктивності культури залежно від строків сівби [19].

Отримані експериментальні дані перераховували до стандартної базисної вологості зерна, що становить 14 %. Обробку та аналіз результатів досліджень здійснювали із застосуванням математичних і статистичних методів. Оцінку достовірності відмінностей між досліджуваними варіантами проводили за допомогою трифакторного дисперсійного аналізу з використанням 5 %-го рівня значущості.

Результати досліджень. Проведення фенологічних спостережень за ростом і розвитком сортів сої залежно від різних строків сівби дало змогу виявити відмінності у тривалості та швидкості проходження окремих етапів онтогенезу рослин. Встановлено, що зміна строків проведення сівби впливала на терміни настання основних фаз розвитку, зокрема технологічної стиглості насіння (табл. 1).

Формування продуктивності посівів сої значною мірою визначається рівнем і тривалістю фотосинтетичної активності рослинного покриву, оскільки саме цей процес забезпечує накопичення органічної речовини та створення основи майбутнього врожаю. Здатність насіння інтенсивно накопичувати суху речовину в період наливу є одним із важливих показників ефективності функціонування рослини та посіву в цілому. Цей процес відображає сукупну дію генетичних особливостей культури, умов вирощування та особливостей формування продуктивності фітоценозу.

Таблиця 1

Проходження фенологічних фаз сої залежно від строків сівби та генетичних особливостей сорту, діб (середнє за 2023–2025 рр.)

Група стиглості (А)	Сорти сої (В)	Строки сівби (С)	Фенологічні періоди			
			сівба-сходи	сходи-цвітіння	сходи-утворення плодів	сходи-повна стиглість
ранньостигла	Говерла	Ранній*	16	59	85	110
		Середній**	15	55	82	107
		Пізній***	13	52	81	106
	Таверна	Ранній*	17	60	83	111
		Середній**	15	58	80	108
		Пізній***	14	55	78	107
середньорання	Карра	Ранній*	17	62	87	118
		Середній**	15	59	86	116
		Пізній***	13	54	84	115
	Омега вінницька	Ранній*	18	63	89	120
		Середній**	15	60	86	117
		Пізній***	14	58	85	115
середньостигла	Віталіна	Ранній*	16	65	93	120
		Середній**	15	61	88	118
		Пізній***	14	55	84	117
	Джейд	Ранній*	17	64	91	119
		Середній**	16	62	86	117
		Пізній***	14	61	85	116

Примітка: * – ранній строк сівби, III декада квітня
** – середній строк сівби, I декада травня
*** – пізній строк сівби, II декада травня

Характеризуючи період «сівба-сходи» необхідно відмітити, що група стиглості сортів сої неоднозначно впливала на тривалість даного періоду, зокрема у ранньостиглої групи стиглості, в середньому по досліду, вона становила 15,0 діб, а у середньоранньої та середньостиглої групи – 15,3 доби.

В межах досліджуваних сортів сої відмічена різниця у тривалості періоду «сівба-сходи», зокрема в середньому по досліду вона становила: Говерла – 14,7 доби, Таверна – 15,3 доби, Карра – 15,0 діб, Омега вінницька – 15,7 діб, Віталіна – 15,0 діб, Джейд – 15,7 діб.

За раннього строку сівби (III декада квітня) тривалість періоду «сівба-сходи» була найбільшою і становила – 16,8 діб, за середнього (I декада травня) – 15,2 діб та за пізнього (II декада травня) – 13,7 діб. Отже запізнення із проведенням сівби сої сприяє скороченню періоду «сівба-сходи» у досліджуваних сортів сої на 1,7–3,2 доби.

Тривалість періоду «сходи-цвітіння» у групі ранньостиглих сортів сої, в середньому по досліду склала – 56,5 діб, у середньоранній групі – 59,3 доби, середньостиглій – 61,3 доби. Тобто подовження тривалості вегетаційного періоду у досліджуваних сортів сої сприяє зростанню тривалості періоду «сходи-цвітіння».

У досліджуваних сортів сої тривалість періоду «сходи-цвітіння» в середньому склала: Говерла – 55,3 доби, Таверна – 57,7 діб, Карра – 58,3 діб, Омега вінницька та Віталіна – 60,3 діб, Джейд – 62,3 доби.

За раннього строку сівби тривалість періоду «сходи-цвітіння», в середньому по досліду склала – 62,2 доби, середнього – 59,2 діб, пізнього – 55,8 діб.

Тривалість періоду «сходи-утворення плодів» у ранньостиглих сортів сої склала 81,5 доби, середньоранніх – 86,2 доби, середньостиглих – 87,8 діб. Тобто за використання середньостиглих сортів сої тривалість періоду «сходи-утворення плодів» збільшувалась на 2-6 доби в порівнянні із ранньостиглими.

В межах досліджуваних сортів сої тривалість періоду «сходи-утворення плодів» становила: Говерла – 82,7 доби, Таверна – 80,3 доби, Карра – 85,7 діб, Омега вінницька – 86,7 діб, Віталіна – 88,3 діб та Джейд – 87,3 доби.

За раннього строку сівби тривалість періоду «сходи-утворення плодів» становила 88,0 діб, середнього – 84,7 доби, пізнього – 82,8 доби. Запізнення із строками сівби досліджуваних сортів сої сприяє скороченню тривалості періоду «сходи-утворення плодів» на 2–5 доби порівняно із ранніми строками сівби.

Пізні строки сівби сої зумовлюють скорочення тривалості фаз цвітіння та формування бобів. За таких умов рослини сої характеризуються меншою висотою порівняно з посівами в ранні строки, укороченням міжвузль та зниженням інтенсивності розвитку вегетативної маси. Крім того, спостерігається зменшення кількості бобів і насінин на рослині, що в підсумку негативно позначається на індивідуальній продуктивності культури.

Тривалість періоду «сходи-повна стиглість» у ранньостиглої групи сортів, в середньому по досліду, становила – 108,2 доби, середньоранніх – 116,8 діб, середньостиглих – 117,8 діб. В межах сортів також встановлена відмінність у тривалості періоду «сходи-повна стиглість», зокрема в середньому по досліду вона склала: Говерла – 107,7 діб, Таверна – 108,7 діб, Карра – 116,3 діб, Омега вінницька – 117,3 доби, Віталіна – 118,3 діб та Джейд – 117,3 доби.

Строки сівби також впливали на тривалість періоду «сходи-повна стиглість», зокрема за раннього строку сівби (III декада квітня), в середньому по досліду вона склала – 116,3 діб, середнього (I декада травня) – 113,8 діб, пізнього (II декада травня) – 112,7 діб.

Отже, тривалість вегетаційного періоду та окремих його періодів істотно залежить від групи стиглості, генетичних особливостей сорту та строків сівби, що в кінцевому результаті відображається у рівні продуктивності сої.

Висота рослин та розміщення нижніх бобів належать до важливих морфологічних ознак сої, які мають суттєве біологічне й агротехнологічне значення та значною мірою визначають формування високопродуктивних агроценозів культури. Зазначені показники тісно пов’язані з групою стиглості сорту: у високорослих рослин, як правило, утворюється більша кількість листків, що сприяє підвищенню фотосинтетичної активності посівів і, відповідно, впливає на продуктивність культури. Морфологічні особливості досліджуваних сортів сої, сформовані під впливом їхніх біологічних властивостей та строків сівби, наведено в таблиці 2.

Аналіз даних, наведених у таблиці 2, свідчить про те, що висота рослин досліджуваних сортів сої та рівень прикріплення нижніх бобів варіювали залежно від групи стиглості. Найвище значення висоти рослин та кріплення нижніх бобів сої отримано при вирощуванні середньостиглих сортів – 91,1 та 14,8 см, тоді як у середньоранніх сортів вони становили – 87,3 та 13,8 см, ранньостиглих – 76,6 та 12,3 см відповідно. Таким чином, результати дослідження свідчать про тенденцію до збільшення лінійних параметрів рослин сої зі зростанням тривалості їхнього вегетаційного періоду.

Таблиця 2

Вплив строків сівби на висоту рослин сої та рівень прикріплення нижнього бобу, см (середнє за 2023–2025 рр.)

Група стиглості (А)	Сорти сої (В)	Строки сівби (С)	Висота	
			рослин	кріплення нижніх бобів
ранньостигла	Говерла	Ранній*	72,6	11,8
		Середній**	83,2	13,6
		Пізній***	70,9	10,9
	Таверна	Ранній*	74,7	12,1
		Середній**	86,8	13,9
		Пізній***	71,5	11,3
середньорання	Карра	Ранній*	85,4	13,5
		Середній**	91,9	14,6
		Пізній***	82,5	12,9
	Омега вінницька	Ранній*	86,8	13,8
		Середній**	93,4	14,7
		Пізній***	83,9	13,1
середньостигла	Віталіна	Ранній*	88,7	14,5
		Середній**	95,3	15,2
		Пізній***	86,5	14,3
	Джейд	Ранній*	90,1	14,7
		Середній**	97,2	15,5
		Пізній***	88,7	14,6
$НІР_{05}$	Фактор А		5,95	0,94
	Фактор В		2,88	0,51
	Фактор С		6,72	1,07
	Взаємодія АВС		5,46	0,85

Примітка: * – ранній строк сівби, ІІІ декада квітня
** – середній строк сівби, І декада травня
*** – пізній строк сівби, ІІ декада травня

В межах досліджуваних сортів сої встановлена відмінність у прояві морфологічних ознак рослин. Так, в середньому по досліду висота рослин та кріплення верхніх бобів у досліджуваних сортів склала: Говерла – 75,6 та 12,1 см, Таверна – 77,7 та 12,4 см, Карра – 86,6 та 13,7 см, Омега вінницька – 88,0 та 13,9 см, Віталіна – 90,2 та 14,7 см, Джейд – 92,0 та 14,9 см, відповідно. Тобто найбільш високорослими сортами сої виявилися сорти Віталіна та Джейд, що відносять до середньостиглої групи стиглості.

На прояв морфологічних ознак у досліджуваних сортів сої істотний вплив здійснювали і строки сівби. Так зокрема максимальні значення висоти рослин та висоти прикріплення нижнього бобу відзначено за сівби у середній строк (І декада травня) – 91,3 та 14,6 см, тоді як за раннього строку сівби вони знаходились в межах – 83,1 та 13,4 см, а за пізнього строку сівби (ІІ декада травня) – 80,7 та 12,9 см, відповідно. Тобто запізнення із строками сівби досліджуваних сортів сої призводить до зниження висоти рослин на 2,4–10,6 см, а висоти закладання нижніх бобів на 0,6–1,7 см, відповідно. Отримані результати свідчать про перевагу середнього строку сівби щодо формування оптимальних морфометричних параметрів рослин сої досліджуваних сортів.

Величина елементів структури врожаю є важливим показником для оцінки ефективності технологічних заходів при вирощуванні сої. Аналіз отриманих експериментальних даних свідчить, що показники індивідуальної продуктивності та насіннєвої врожайності досліджуваних сортів змінювалися як у розрізі років досліджень, так і залежно від строків проведення сівби.

Урожайність сої характеризується масою насіння, отриманою з одиниці площі, і формується під впливом сукупності показників індивідуальної продуктивності рослин та їх густоти в посіві. Цей показник має комплексний характер і значною мірою визначається рівнем розвитку окремих елементів продуктивності, зокрема кількістю продуктивних вузлів, бобів, насінин у бобі та масою насіння. Для високопродуктивних генотипів сої характерним є або гармонійне поєднання середніх значень основних елементів продуктивності, або наявність максимального прояву окремих ознак за одночасного середнього рівня розвитку інших. У таблиці 3 представлено результати оцінювання сортів сої за комплексом показників, що характеризують елементи індивідуальної продуктивності рослин та їх формування залежно від умов вирощування.

Таблиця 3

Формування елементів структури врожаю сої залежно від строків сівби, середнє за 2023–2025 рр.

Група стиглості (А)	Сорти сої (В)	Строки сівби (С)	Елементи структури врожаю сої		
			Кількість бобів на рослині, шт.	Кількість насінин у бобі, шт.	Маса 1000 насінин, г
ранньостигла	Говерла	Ранній*	22	2,1	114,7
		Середній**	27	2,2	121,9
		Пізній***	25	2,1	112,5
	Таверна	Ранній*	24	2,2	116,8
		Середній**	28	2,2	125,1
		Пізній***	25	2,2	114,9
середньорання	Карра	Ранній*	26	2,1	130,5
		Середній**	29	2,1	134,6
		Пізній***	25	2,1	129,3
	Омега вінницька	Ранній*	31	2,2	136,7
		Середній**	35	2,2	139,4
		Пізній***	30	2,1	135,5
середньостигла	Віталіна	Ранній*	32	2,2	146,7
		Середній**	35	2,3	148,5
		Пізній***	31	2,2	143,8
	Джейд	Ранній*	35	2,2	149,2
		Середній**	36	2,2	150,6
		Пізній***	33	2,2	145,5
$НІР_{05}$	Фактор А		1,75	0,13	7,99
	Фактор В		2,06	0,15	8,16
	Фактор С		2,25	0,16	8,32
	Взаємодія АВС		2,07	0,15	8,19

Примітка: * – ранній строк сівби, ІІІ декада квітня
** – середній строк сівби, І декада травня
*** – пізній строк сівби, ІІ декада травня

Нами встановлено, що група стиглості досліджуваних сортів сої істотно впливала на кількість бобів на рослині, зокрема у групі ранньостиглих сортів в середньому по досліду вона становила – 24,5 шт., середньоранніх – 29,3 шт. та середньостиглих – 33,7 шт.

В межах досліджуваних сортів також відмічено відмінність за кількістю бобів на рослині. Так зокрема вона становила у сорту Говерла – 23,7 шт., Таверна – 25,3 шт., Карра – 26,7 шт., Омега вінницька – 32,0 шт., Віталіна – 32,7 та Джейд – 34,7 шт.

Найбільшу кількість бобів на одній рослині зафіксовано за середнього строку сівби (І декада травня), в середньому по досліду, у всіх досліджуваних сортів сої – 31,3 шт., тоді як за раннього строку сівби (ІІІ декада квітня) вона становила – 28,5 шт., а за пізнього (ІІ декада травня) виявилася найменшою і склала 27,7 шт. Отримані результати свідчать про те що більш сприятливі умови формування генеративних органів сої складаються за проведення сівби у середній строк.

Нами встановлено, що кількість насінин у бобі досліджуваних сортів сої це в більшій мірі генетично обумовлена ознака, яка не істотно залежала від групи стиглості та строків проведення сівби, і коливалася в межах – 2,1–2,2 шт.

Маса 1000 насінин у досліджуваних сортів сої формувалася із врахуванням групи стиглості, зокрема у ранньостиглих сортів, в середньому по досліду вона становила – 117,7 г, середньоранніх – 134,3 г та середньостиглих – 147,4 г. Тобто подовження тривалості вегетаційного періоду у середньоранніх та середньостиглих сортів сої сприяє збільшенню маси 1000 насінин на 16,7–29,7 г в порівнянні із ранньостиглою групою стиглістю.

В досліджуваних сортів сої маса 1000 насінин, в середньому по досліду склала Говерла – 116,4 г, Таверна – 118,9 г, Карра – 131,5 г, Омега вінницька – 137,2 г, Віталіна – 146,3 та Джейд – 148,4 г.

Маса 1000 насінин у досліджуваних сортів сої змінювалася і під впливом строків сівби. Зокрема за раннього строку сівби (ІІІ декада квітня) маса 1000 насінин, в середньому по досліду склала – 132,4 г, середнього строку (І декада травня) – 136,7 г, пізнього строку (ІІ декада травня) – 130,3 г. Отже, найбільш сприятливі умови для формування крупності насіння досліджуваних сортів сої забезпечував середній строк сівби.

Врожайність насіння є інтегральним показником продуктивності сої, який узагальнює вплив сукупності біологічних особливостей сорту, умов вирощування та елементів технології культури. Цей показник виступає завершальним критерієм оцінювання ефективності вирощування сільськогосподарських культур, оскільки відображає кінцевий результат формування продуктивності рослин упродовж вегетаційного періоду.

Результати проведених досліджень підтверджують, що реалізація високого рівня продуктивності сої можлива лише за створення оптимальних умов для отримання своєчасних і рівномірних сходів. За таких умов фактична врожайність максимально наближається до потенційно можливої. Водночас порушення оптимальних строків сівби, як у бік її передчасного проведення, так і запізнення, може спричинити зниження рівня врожайності на 12–25 % і більше. У таблиці 4 наведено характеристику досліджуваних сортів сої за показником урожайності насіння залежно від строків проведення сівби.

Результатами проведених досліджень (див. табл. 4) встановлено, що урожайність досліджуваних сортів сої істотно змінюється залежно кліматичних умов конкретного року. Зокрема, в середньому по досліду урожайність досліджуваних сортів сої в 2023 році становила 3,06 т/га, в 2024 році – 2,97 т/га та

в 2025 році – 3,24 т/га. Таким чином, одним із визначальних чинників, що впливають на рівень урожайності сої, є сукупність погодних умов у критичні періоди росту й розвитку рослин, характерні для конкретного сорту та року проведення досліджень. Найкращі умови щодо температурних показників та рівня вологості склалися саме в 2025 році, про що свідчать найвищі значення урожайності досліджуваних сортів сої – 2,68–4,05 т/га.

Таблиця 4

Формування врожайності насіння досліджуваних сортів сої залежно від строків сівби, т/га (за 2023–2025 рр.)

Група стиглості (А)	Сорти сої (В)	Строки сівби (С)	Урожайність сортів сої			
			2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє за 2023–2025 рр.
ранньостигла	Говерла	Ранній*	2,56	2,45	2,81	2,61
		Середній**	2,77	2,61	2,93	2,77
		Пізній***	2,53	2,35	2,68	2,52
	Таверна	Ранній*	2,75	2,67	2,97	2,80
		Середній**	2,95	2,76	3,05	2,92
		Пізній***	2,62	2,53	2,93	2,69
середньорання	Карра	Ранній*	2,85	2,82	3,02	2,90
		Середній**	3,06	2,95	3,18	3,06
		Пізній***	2,81	2,76	2,99	2,85
	Омега вінницька	Ранній*	2,93	2,86	3,08	2,96
		Середній**	3,12	3,03	3,21	3,12
		Пізній***	2,88	2,83	3,04	2,92
середньостигла	Віталіна	Ранній*	3,45	3,39	3,61	3,48
		Середній**	3,63	3,55	3,82	3,67
		Пізній***	3,34	3,29	3,55	3,39
	Джейд	Ранній*	3,53	3,45	3,77	3,58
		Середній**	3,85	3,67	4,05	3,86
		Пізній***	3,47	3,41	3,68	3,52
$НІР_{05}$, т/га	Фактор А		0,11	0,14	0,21	-
	Фактор В		0,07	0,09	0,27	
	Фактор С		0,16	0,18	0,22	
	Взаємодія АВС		0,09	0,11	0,25	

Примітка: * – ранній строк сівби, III декада квітня
** – середній строк сівби, I декада травня
*** – пізній строк сівби, II декада травня

Група стиглості також впливала на рівень продуктивності досліджуваних сортів сої. Так у середньому по досліду рівень урожайності зерна у ранньостиглих сортів сої становив – 2,72 т/га, середньоранніх – 2,97 т/га, середньостиглих – 3,58 т/га.

Урожайність зерна сої також залежала від генетичних особливостей конкретного сорту. Так в середньому по досліду рівень урожайності сої склала у сорту Говерла – 2,63 т/га, Таверна – 2,80 т/га, Карра – 2,94 т/га, Омега вінницька – 3,00 т/га, Віталіна – 3,51 та Джейд – 3,65 т/га.

Отримані експериментальні дані підтверджують, що одним із ключових чинників стабільного формування високої врожайності сої є вибір оптимального

строку сівби, який дає змогу максимально використати біологічний потенціал сортів та адаптувати умови вирощування до потреб культури. Так, зокрема в середньому по досліду, урожайність досліджуваних сортів сої за раннього строку сівби (ІІІ декада квітня) склала 3,05 т/га, середнього (І декада травня) – 3,23 т/га, пізнього (ІІ декада травня) – 2,98 т/га. Отже, найкращі умови за показниками температури та вологи в умовах центральної частини Вінницької області на сірих лісових ґрунтах складаються за використання середнього строку сівби (І декада травня), про що свідчать найвищі показники урожайності – 2,77–3,86 т/га. Таким чином, урожайність насіння сої є комплексним інтегральним показником, формування якого визначається взаємодією генотипових особливостей сорту, агроекологічних умов вирощування та застосованих технологічних прийомів. Даний показник дає можливість оцінити не лише продуктивний потенціал досліджуваних сортів, а й загальну ефективність елементів технології вирощування культури.

Висновки. Встановлений вплив строків сівби, біологічних особливостей та групи стиглості гібридів кукурудзи на терміни настання основних фаз розвитку, зокрема технологічної стиглості насіння. За раннього строку сівби тривалість періоду «сівба-сходи», «сходи-цвітіння», «сходи-утворення плодів» та «сходи-повна стиглість» була найбільшою і становила – 16,8, 62,2, 88,0 і 116,3 діб, за середнього – 15,2, 59,2, 84,7 і 113,8 діб та за пізнього – 13,7, 55,8, 82,8 і 112,7 діб. Отже запізнення із проведенням сівби сої сприяє скороченню даних періодів у досліджуваних сортів сої на 1,7–5,0 доби та зниження висоти рослин на 2,4–10,6 см, і висоти закладання нижніх бобів на 0,6–1,7 см, відповідно.

Найбільшу кількість бобів на одній рослині зафіксовано за середнього строку сівби, в середньому по досліду, у всіх досліджуваних сортів сої – 31,3 шт. та 136,7 г, тоді як за раннього строку сівби вона становила – 28,5 шт. та 132,4 г а за пізнього виявилася найменшою і склала 27,7 шт. та 130,3 г., відповідно. Кількість насінин у бобі досліджуваних сортів сої це в більшій мірі генетично обумовлена ознака, яка не істотно залежала від групи стиглості та строків проведення сівби, і коливалася в межах – 2,1–2,2 шт.

Урожайність досліджуваних сортів сої за раннього строку сівби (ІІІ декада квітня) склала 3,05 т/га, середнього (І декада травня) – 3,23 т/га, пізнього (ІІ декада травня) – 2,98 т/га. Отже, найкращі умови за показниками температури та вологи в умовах центральної частини Вінницької області на сірих лісових ґрунтах складаються за використання середнього строку сівби (І декада травня).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Голодна А. В., Грицюк Я. В. Культура соя та її значення у сучасному світовому і вітчизняному агровиробництві. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 2. С. 100-109. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2024.309929.

2. Паламарчук В. Д., Кричковський В. Ю., Паламарчук О. Д., Шуберанський В.Е. Інноваційні технології в рослинництві: підручник. Вінниця: ТОВ «Друк», 2024. 582 с.

3. Ivaniv M., Vozniak V., Marchenko T., Baklanova T., & Sydiakina O. Varietal features of elements of soybean cultivation technology during irrigation. *Scientific horizons*. 2023. Vol. 26(6). pp. 85-96. doi: 10.48077/scihor6.2023.85

4. Мізерник Д. Сучасний стан та перспективи вирощування сої в світі і Україні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76(1). С. 36-47. DOI:10.32636/01308521.2024-(76)-1-4.

5. Ткаченко Л. Ю., Рудавська Н. М., Тимчишин О. Ф., Коник Г. С., Стасів О. О. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сої.

Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2024. Вип. 75 (2). С. 138-146. DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-12.

6. Молдован В. Г., Молдован Ж. А., Собчук С. І. Строк сівби як спосіб підвищення врожайності сортів сої з різним вегетаційним періодом. *Корми і кормовиробництво*. 2021. Вип. 91. С. 71-81. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202191-06.

7. Бараболя О. В., Пащенко І. В. Вплив строків сівби та мікродобрив на продуктивність сої в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 132. С. 10-20. DOI:https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.2.

8. Ревтьо О. Я., Золін О. О. Особливості вирощування сої за умов зміни клімату. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С. 105-112. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.15.

9. Турак О. Ю., Козло М. Ю. Вплив строків посіву на продуктивність ранніх сортів сої в умовах Івано-Франківської області. *Український журнал природничих наук*. 2024. №7. С. 182-189. DOI https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.20.

10. Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Мазур О. В., Мазур О. В. Адаптивність та селекційна цінність сортів сої за вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 96-107. DOI:10.37128/2707-5826-2021-3-8.

11. Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Лікар Я. О. Оптимізація технології вирощування сортів сої на поливних землях залежно від інокуляції насіння та захисту рослин. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 53-59. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.7.

12. Шевніков М. Я., Логвиненко О. М. Вплив строків, способів сівби, норм висіву різних сортів сої на її продуктивність. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 1. С. 12-16.

13. Поліщук І. С., Поліщук М. І., Юрченко Н. А. Тривалість періоду вегетації та міжфазних періодів сортів сої залежно від строків сівби та норм висіву насіння. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 64-71. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-4-6.

14. Грабовський М. Б., Мостипан О. В., Панченко Т. В. та ін. Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів сортів сої залежно від гідротермічних умов та застосування ґрунтових і післясходових гербіцидів. *Агробіологія*. 2024. № 1. С. 109–119. doi: 10.33245/2310-9270-2024-187-1-109-119

15. Пелех Л. В. Вплив елементів технології вирощування на формування продуктивності сої в умовах правобережного Лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 2 (21). С. 109-119. DOI:10.37128/2707-5826-2021-2-9

16. Циганська О. І., Циганський В. І. Вплив мінеральних добрив та способів використання комплексу мікроелементів на висоту рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 83-93. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-4-8.

17. Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Волинець Є. О., Федюк В. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на густоту стояння та висоту рослин сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 168-174. DOI https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.18

18. Методика державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Заг. Част. Охорона прав на сорти рослин. Офіційний бюлетень. / гол. Ред. В. В. Волкодав. Київ: Алфера, 2003. Вип. 1. Ч. 3 106 с.

19. Мельник С. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. (Міністерство аграрної політики та продовольства України. Український інститут експертизи сортів рослин). 2016. 81 с.

Дата першого надходження статті до видання: 07.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 712.4(447.72)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.21

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДБОРУ РОСЛИН У СИСТЕМІ СТАЛОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

Панцирева Г.В. *– д.с.-г.н.,*
професор лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-0539-5211
Циганська О.І. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-4046-1034
Панкова С.О. *– д.філос. з агрономії,*
старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-5975-5251
Піддубна А.М. *– д.філос. з агрономії,*
старший викладач кафедри лісового
та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-0204-1338

Проаналізовано особливості розробки проєкту ландшафтного дизайну паркової зони Вінницького національного аграрного університету, виконаний з прийомами регулярного (формального) стилю включаючи елементи топіарного мистецтва. У статті представлено структуру та зонування саду «Саду кохання» котра передбачає чітку систему мощених доріжок, які розділяють простір на функціональні зони в умовах Вінницького національного аграрного університету. Метою роботи була інвентаризація та аналіз наявних композиційних рішень в «Саду кохання» у Вінницькому національному аграрному університеті та подальший підбір рослин і створення проєктних рішень для реконструкції відповідного об'єкту озеленення. В ході дослідження визначено композиційні особливості проєкту, котрі полягають у поєднанні симетрії та ритму. Проєкт побудовано на повторюваних елементах (ряди кущів, лави, садові ліхтарі тощо), що характерно для регулярного стилю. Також має місце і геометричний підхід в поєднанні кривих ліній (хвилястий живопліт) та строгих геометричних форм (серця, діагональні доріжки), що створює гармонійний контраст. Проаналізовано вибір рослин, що базується на використанні як вічнозелених так і листопадних видів для забезпечення декоративного ефекту впродовж сезону. Вічнозелені рослини добре піддаються стрижці. Передбачений значний асортимент троянд (чайно-гібридні «Black Cherry», «Tahitian Sunset», флорібунда «Salsa», китайська «Minima») для забезпечення естетичного вигляду завдяки яскравим кольорам та привабливій формі. Облаштування садових територій є важливим компонентом створення комфортного та привабливого середовища для відпочинку, навчання та соціальної взаємодії. У цьому контексті вибір малих архітектурних форм, таких як садові ліхтарі та лави, відіграє ключову роль у забезпеченні функціональності та естетичної гармонії простору. У статті розглянуто особливості облаштування «Саду кохання» у Вінницькому національному аграрному університеті, акцентуючи увагу на витратній складовій та значенні кожного елемента.

Ключові слова: *проєктування, декоративні види, дендроплан, дендропроєктування, асортимент, кошторис.*

© Панцирева Г.В., Циганська О.І., Панкова С.О., Піддубна А.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Pantsyreva H.V., Tsyhanska O.I., Pankova S.O., Kozynska A.M. Ecological and economic analysis of plant choice in the system of sustainable greening of generally used areas

The features of the development of the landscape design project of the park zone of Vinnytsia National Agrarian University, executed with the techniques of the regular (formal) style including elements of topiary art, are analyzed. The article presents the structure and zoning of the "Garden of Love" garden, which provides for a clear system of paved paths that divide the space into functional zones in the conditions of Vinnytsia National Agrarian University. The purpose of the work was to inventory and analyze the existing compositional solutions in the "Garden of Love" at Vinnytsia National Agrarian University and further select plants and create design solutions for the reconstruction of the corresponding landscaping object. During the study, the compositional features of the project were determined, which consist in a combination of symmetry and rhythm. The project is built on repeating elements (rows of bushes, benches, garden lanterns, etc.), which is characteristic of the regular style. There is also a geometric approach in the combination of curved lines (wavy hedge) and strict geometric shapes (hearts, diagonal paths), which creates a harmonious contrast. The selection of plants is analyzed, based on the use of both evergreen and deciduous species to ensure a decorative effect throughout the season. Evergreen plants lend themselves well to shearing. A significant assortment of roses (hybrid tea "Black Cherry", "Tahitian Sunset", floribunda "Salsa", Chinese "Minima") is provided to ensure an aesthetic appearance due to bright colors and attractive shape. The arrangement of garden areas is an important component of creating a comfortable and attractive environment for relaxation, learning and social interaction. In this context, the choice of small architectural forms, such as garden lanterns and benches, plays a key role in ensuring the functionality and aesthetic harmony of the space. The article examines the features of the arrangement of the "Garden of Love" at Vinnytsia National Agrarian University, focusing on the cost component and the significance of each element.

Key words: *design, decorative species, dendroplan, dendrodesign, assortment, estimate.*

Актуальність теми дослідження. Ландшафтний дизайн – мистецтво і наука проектування гармонійного простору – бере свій початок із створення перших антропогенних ландшафтів. Це сфера діяльності, яка спрямована на організацію архітектурного середовища шляхом використання засобів озеленення, геопластики, водних елементів, малих архітектурних форм, декоративних поверхонь і освітлення. Головна мета ландшафтного дизайну полягає у формуванні комфортного життєвого середовища з урахуванням екологічних, функціональних і естетичних параметрів. Особливу увагу приділяють естетичному аспекту: створення гармонійної атмосфери за допомогою рослин, які позитивно впливають на емоційний стан людини. Відомо, що зелені насадження відіграють важливу роль у поліпшенні якості повітря, насиченні його киснем і очищенні від шкідливих мікроорганізмів та домішок.

Сучасні технології та застосування програмного забезпечення у сфері ландшафтного проектування дозволяють не лише створювати концептуальні рішення, а й їх візуалізувати їх. Рослини використовують у широкому спектрі – від трав'янистих квіткових до високих чагарників. Нині особливого значення набуває дослідження потенціалу об'єктів озеленення обмеженого користування, зокрема території «Саду кохання», розташованого у Вінницькому національному аграрному університеті. Робота включає всебічне оцінювання процесу інтродукції рослин, їх декоративних властивостей та господарсько-біологічних характеристик, а також відбір перспективних видів для застосування в озелененні закладів вищої освіти. Це стосується і покращення простору на території «Саду кохання» ВНАУ.

Мета роботи полягала в проведенні інвентаризації та аналізі наявних композиційних рішень в «Саду кохання» у Вінницькому національному аграрному університеті та подальшому підборі рослин і створенні проєктних рішень для реконструкції відповідного об'єкту озеленення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для нових поколінь будь-який проект, у тому числі будівельний, який може привернути інтерес і спонукати вкладати ресурси, повинен нести за собою ідею, соціально значущий підтекст (наприклад, екологічний), бути багатофункціональним і надавати комфорт та зручність [1]. Сьогодні в плануванні міського середовища для ландшафтних дизайнерів все важливішу роль відіграє можливість створити навколо спроектованих будівель гармонійний пейзаж і добре вписати будівлю в навколишнє середовище. Будівлі навчалних корпусів вищих навчальних закладів характеризуються тісним взаємозв'язком один з одним, об'єднані функціональною інфраструктурою та концепцією. Цим зумовлений факт необхідності і важливості створення комфортного середовища за рахунок проєктування внутрішніх парків тощо. Невід'ємною частиною сучасного комфортного та екологічно осередку науки та освіти є навколишня територія.

Упорядкована територія забезпечує, окрім комфорту відвідувачам, здорове місце існування, наближає до природного середовища, надає хороші умови для повноцінного відпочинку дорослих та нормального розвитку дітей. У зв'язку з цими особливостями комфортності, проектування прилеглої території університету має надзвичайно важливе значення [2].

Однією з найгостріших проблем у галузі садово-паркового господарства на сьогоднішній день у нашій країні є відсутність комплексного підходу до вирішення завдання гармонізації місць професійної діяльності та освіти із прилеглими територіями під час формування цього середовища. Відсутність науково-методичного забезпечення в галузі застосування ландшафтного дизайну в перетворенні архітектурного середовища і нестача професіоналів у цій галузі на українському ринку, а також недооцінка його ідейного, естетичного та функціонального значення в організації предметно-просторового середовища знаходять вираз у хаосі, примітивності рішень або навпаки ускладненні середовища. Впровадження ландшафтного проектування як однієї з основних частин професійного озеленення задовольнить потреби всіх зацікавлених у них осіб та принесе вигоди кожному. Концептуально продуманий ландшафтний дизайн може виконувати відразу кілька функцій при використанні його в проектах: природоохоронна (озеленення території, охорона та покращення вихідних природних даних при проектуванні ландшафтів), рекреаційна, естетична, культурна (оскільки ландшафтний дизайн часто будується на основі історії культури, філософії).

Матеріали та методи досліджень. Мета роботи полягала у розробці рекомендацій благоустрою території «Саду кохання» у Вінницькому національному аграрному університеті та подальшому підборі рослин і створенні проєктних рішень для реконструкції відповідного об’єкту озеленення.

Завдання дослідження полягало у:

– проведенні послідовних етапів проєктування благоустрою в умовах території «Саду кохання» у Вінницькому національному аграрному університеті;

– визначенні та оцінці декоративних якостей рослин, які використано для підбору, формування та проєктування;

– обґрунтуванні екологічних аспектів результатів досліджень.

Об’єкт дослідження – територія «Саду кохання» у Вінницькому національному аграрному університеті.

Головні концептуальні ідеї проєкту:

– благоустрій території саду відповідно до функціональних, екологічних та естетичних вимог;

– створення яскравого і неповторного художнього образу, щоб викликати у відвідувачів саду позитивні емоції й асоціації;

– відповідність проєкту сучасним вимогам безпеки й ергономіки студентського простору «SOFT SKILLS».

Площа зеленої зони становить близько 1431 м^2. Завдання проєктування – розробити візуалізацію проєктних рішень озеленення території та рекреації. Для отримання декоративного ефекту упродовж року для майбутнього озеленення пропонуємо використовувати вічнозелені види, стійкі до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов, а також використати в озелененні малі архітектурні форми (лави, ліхтарі тощо).

У ході дослідження використано методики літературно-системного аналізу джерел, порівняльного аналізу світового досвіду використання природних елементів у відкритих просторах [4, 7–9, 12]. Візуалізацію проєктних рішень виконано у комп'ютерній програмі Realtime Landscaping Architect у рамках наукового гуртка «Landscaping».

Результати та їх обговорення. Нами було розроблено проєкт ландшафтного дизайну паркової зони Вінницького національного аграрного університету, виконаний з прийомами регулярного (формального) стилю включаючи елементи топіарного мистецтва.

Структура та зонування саду «Саду кохання» передбачає чітку систему мощених доріжок, які розділяють простір на функціональні зони. Основна доріжка проходить вздовж хвилеподібного живоплоту, а бічні доріжки створюють діагональні акценти. Зона відпочинку передбачається за рахунок розташування садових лав вздовж живоплоту, що створює затишний простір для відпочинку в тіні рослин (рис. 1).

Складний багатокомпонентний трьохярусний живопліт хвилеподібної форми передбачається створювати із таких декоративних видів як Туя західна «Brabant», Барбарис Тунберга «Atropurpurea» та Самшит вічнозелений «Suffruticosa». Це ключовий архітектурний елемент, який додає динаміки та м'якості лініям саду. Для окреслення меж доріжок та зонування ділянки використовуються прямолінійні насадження з троянди чайно-гібридної «Black Cherry» та троянди флорібунда «Salsa».

Дві клумби у формі сердець є центральним візуальним акцентом композиції, що надає саду романтичного та декоративного характеру. Відповідно до запропонованого проєктного рішення вони створюються включаючи троянду чайно-гібридну «Tahitian Sunset» та троянду китайську «Minima».

Фонові дерева, зокрема липа дрібнолиста сорту «Rancho», висаджені в ряд на задньому плані, виконують функцію природного екрану. Це рішення сприяє створенню затишної атмосфери, забезпечуючи одночасно естетичний вигляд і захист від зовнішніх факторів. Солітери, такі як ялина блакитна «Blue Diamond» і клен червоний «Armstrong», використовуються в ландшафтному дизайні для створення акцентів, об'єму та візуального ритму. Вони виступають як ключові елементи композиції, привертаючи увагу завдяки своїм унікальним формам, кольорам і текстурам. Розміщення таких рослин зазвичай передбачає відкриті простори, де вони можуть повністю розкрити свою декоративну цінність і гармонійно вписатися в загальний дизайн території.



Рис. 1. Дендроплан проєкту озеленення «Саду кохання» у Вінницькому національному аграрному університеті

1	*Липа дрібнолиста «Rancho»*
2	*Туя західна «Brabant»*
3	*Барбарис Тунберга «Atropurpurea»*
4	*Самшит вічнозелений «Suffruticosa»*
5	*Ялина блакитна «Blue Diamond»*
6	*Клен червоний «Armstrong»*
7	*Спірея японська «Goldflame»*
8	*Троянда чайно-гібридна «Tahitian Sunset»*
9	*Троянда китайська «Minima»*
10	*Троянда чайно-гібридна «Black Cherry»*
11	*Троянда флорібунда «Salsa»*
12	*Доріжка садова*
13	*Лави садові*
14	*Садові ліхтарі*
15	*Газон (звичайний) садово-парковий*

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень.

Низькорослі рослини або кулясті кущі, висаджені вздовж нижньої межі ділянки, можуть слугувати ефективним елементом ландшафтного дизайну. Їх ритмічне чергування з ліхтарями не лише забезпечує функціональне освітлення території, але й створює гармонійну візуальну композицію. Такий підхід дозволяє підкреслити межі ділянки, забезпечити її завершеність та надати простору естетичної впорядкованості. Ретельний вибір рослин із врахуванням їх форми, кольору та висоти сприяє створенню цілісного образу, який гармонійно вписується в загальний стиль оформлення території.

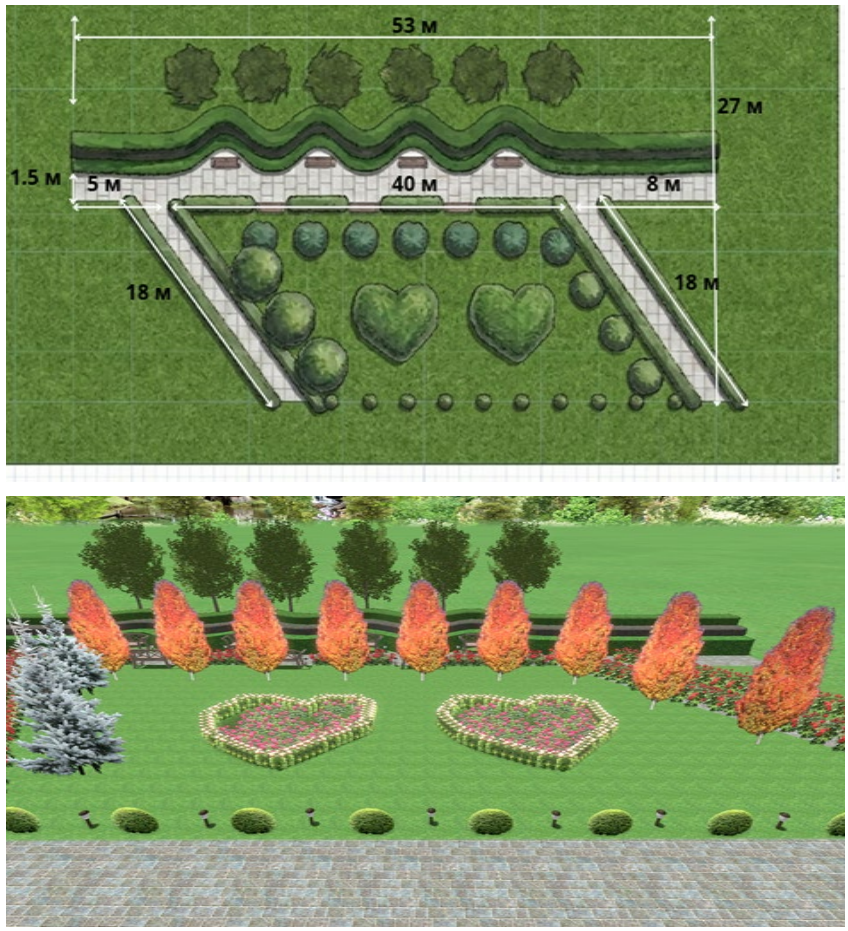


Рис. 2. Візуалізація проєктних рішень
«Саду кохання» у Вінницькому національному аграрному університеті
Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень.

Композиційні особливості проєкту полягають у поєднанні симетрії та ритму. Проєкт побудований на повторюваних елементах (ряди кущів, лави, садові ліхтарі тощо), що характерно для регулярного стилю. Також має місце і геометричний підхід в поєднанні кривих ліній (хвилястий живопліт) та строгих геометричних форм (серця, діагональні доріжки), що створює гармонійний контраст. Вибір рослин базується на використанні як вічнозелених так і листопадних видів для забезпечення декоративного ефекту впродовж сезону. Вічнозелені рослини добре піддаються стрижці. Передбачений значний асортимент троянд (чайно-гібридні «Black Cherry», «Tahitian Sunset», флорібунда «Salsa», китайська «Minima») забезпечать естетичний вигляд завдяки яскравим кольорам та привабливій формі. Дані сорти квітнуть впродовж тривалого часу, що забезпечує тривалий декоративний вигляд композицій.

В таблиці 1 представлено інформацію про асортимент рослин, які планується використовувати для озеленення в рамках проєкту та вартість відповідного посадкового матеріалу.

Таблиця 1

Асортиментна відомість та кошторис озеленення проєкту

№	Назва рослин на латинській	Назва рослин	К-ть штук	Вартість 1 шт (грн)	Загальна вартість (грн)
1	*Tilia cordata* «**Rancho**»	Липа дрібнолиста «**Rancho**»	6	160	960
2	*Thuja occidentalis* «Brabant»	Туя західна «Brabant»	70	110	7700
3	*Berberis thunbergii* «Atropurpurea»	Барбарис Тунберга «Atropurpurea»	120	250	30000
4	*Buxus sempervirens* «Suffruticosa»	Самшит вічнозелений «Suffruticosa»	160	120	19200
5	*Picea pungens* «Blue Diamond»	Ялина блакитна «Blue Diamond»	3	550	1650
6	*Acer rubrum* «Armstrong»	Клен червоний «Armstrong»	10	600	6000
7	*Spiraea japonica* «Goldflame»	Спірея японська «Goldflame»	10	135	1350
8	*Rosa* «Tahitian Sunset» *(Hybrid Tea)*	Троянда чайно-гібридна «Tahitian Sunset»	120	150	18000
9	*Rosa chinensis* «Minima»	Троянда китайська «Minima»	320	90	28800
10	*Rosa* «Black Cherry» *(Hybrid Tea)*	Троянда чайно-гібридна «Black Cherry»	130	150	19500
11	*Rosa* «Salsa» *(Floribunda)*	Троянда флорібунда «Salsa»	40	220	8800

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень.

Липа дрібнолиста «Rancho» (*Tilia cordata* «Rancho») передбачена у кількості 6 штук. Вартість одного саджанця 160 грн. Липа – велике дерево з широкою кроною, яке має гарний аромат під час цвітіння. Використовується для створення тіні та естетичного вигляду. Туя західна «Brabant» (*Thuja occidentalis* «Brabant») вічнозелена рослина, що часто використовується для створення зелених стін. Має конічну форму та щільну крону. Барбарис Тунберга «Atropurpurea» (*Berberis thunbergii* «Atropurpurea») кущ з декоративним листям багряного кольору і використовується для створення яскравих акцентів в ландшафтному дизайні.

Самшит вічнозелений «Suffruticosa» (*Buxus sempervirens* «Suffruticosa»). Вартість одного саджанця 120 грн. Компактний вічнозелений кущ, який часто використовують для формування різних фігур, створення живоплотів та декоративних елементів. Ялина блакитна «Blue Diamond» (*Picea pungens* «Blue Diamond»). Вічнозелене дерево з характерним блакитним відтінком хвої. Використовується для акцентних рішень у ландшафтному дизайні. Клен червоний «Armstrong» (*Acer rubrum* «Armstrong»). Дерево з яскравим червоним листям восени заплановано в проєкті для створення красивого осіннього пейзажу. Спірея японська «Goldflame» (*Spiraea japonica* «Goldflame»). Кущ з золотистим листям, що цвіте рожевими квітами. В нашому проєкті заплановано використання даного декоративного виду у рядовій посадці ритмічно чергуючи із садовими ліхтарями. Значну частку від загальних витрат на придбання посадкового матеріалу становлять саджанці троянд (75100 грн).

З таблиці 1 видно, що найбільшу кількість одиниць посадкового матеріалу представлено у видів *Berberis thunbergii* «Atropurpurea» (120 шт) та *Rosa chinensis* «Minima» (320 шт). Водночас, найбільша загальна вартість спостерігається у *Berberis thunbergii* «Atropurpurea», що становить 30000 грн враховуючи значну потребу в посадковому матеріалі. Саджанці клену червоного «Armstrong» (*Acer rubrum* «Armstrong») є найдорожчими з поміж представлених видів. Дослідження показало, що різноманіття рослин та їх економічна вартість є важливими аспектами для подальшого планування та проведення робіт.

У даній статті також представлено аналіз даних, що стосуються закупівлі садових елементів, зокрема ліхтарів та лав. Ці дані є важливими для оцінки витрат на облаштування садової території, що може мати значний вплив на загальний вигляд та функціональність садово-паркового простору. В таблиці 2 представлено вартість запланованих малих архітектурних форм включно із запроектованим освітленням у вигляді ліхтарів садових. Відповідно до проєкту передбачено встановлення двадцяти трьох ліхтарів садових вартістю 200 грн за одиницю. Також по лінії руху передбачено місця для відпочинку в тіні, які будуть оснащені садовими лавами для зручності відвідувачів.

Таблиця 2

Інвентаризаційна відомість та кошторис проєкту з МАФ та освітленням

	Назва	К-ть штук	Вартість 1 шт (грн)	Загальна вартість (грн)
1	Ліхтарі садові	23	200	4600
2	Лави садові	7	5000	35000

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень.

Вибір садових ліхтарів та лав можна обґрунтовується їхньою функціональністю та естетичним внеском у дизайн саду. Ліхтарі забезпечують освітлення, що підвищує безпеку та комфорт використання саду в темний час доби. Лави, в свою чергу, створюють можливість для відпочинку та соціальної взаємодії. Загальна вартість усіх елементів складає 39600 грн. Значну частину вартості малих архітектурних форм становлять садові лави (35000 грн) при вартості однієї штуки – 5000 грн. Хоча частка вартості садових ліхтарів у загальних витратах менша порівняно з лавами, вони є важливим елементом благоустрою, без якого неможливо уявити комфортний і безпечний простір. Це дозволяє оцінити загальні витрати на облаштування «Саду кохання» у Вінницькому національному аграрному університеті.

Садові ліхтарі є незамінним елементом благоустрою території, особливо в умовах громадських просторів, які використовуються у вечірній час. Їх основна функція полягає у забезпеченні якісного освітлення, що сприяє безпеці та комфорту відвідувачів. У темний час доби ліхтарі дозволяють легко орієнтуватися на території саду, запобігаючи потенційним травмам або нещасним випадкам. Окрім практичної функції, садові ліхтарі виконують важливу естетичну роль. Такий вид освітлення підкреслить ландшафтний дизайн «Саду», створити атмосферу затишку та романтики, яка ідеально відповідає концепції «Саду кохання». Завдяки різноманіттю форм, розмірів та стилів ліхтарів, їх можна гармонійно інтегрувати в будь-яке дизайнерське рішення. Садові лави являються важливим елементом благоустрою, який забезпечує можливість відпочинку та сприяє соціальній взаємодії. Лави створюють зони для спілкування здобувачів вищої освіти, викладачів і гостей університету, а також місця для усамітнення та роздумів. Особливо

важливо враховувати ергономічність і комфортність лав при їх виборі, адже від цього залежить рівень задоволення відвідувачів.

У випадку «Саду кохання» садові лави відіграють не лише утилітарну, але й декоративну роль. Їх дизайн гармоніює із загальним стилем саду, підкреслюючи його романтичну ідею. Крім того, розташування лав продумано таким чином, щоб забезпечити максимальну зручність для відвідувачів.

Висновки. Композиційні особливості проєкту полягають у поєднанні симетрії та ритму. Проєкт побудований на повторюваних елементах (ряди кущів, лави, садові ліхтарі тощо), що характерно для регулярного стилю. Також має місце і геометричний підхід в поєднанні кривих ліній (хвилястий живопліт) та строгих геометричних форм (серця, діагональні доріжки), що створює гармонійний контраст. Вибір рослин базується на використанні як вічнозелених так і листопадних видів для забезпечення декоративного ефекту впродовж сезону. Облаштування «Саду кохання» у Вінницькому національному аграрному університеті є прикладом вдалого поєднання функціональності та естетики малих архітектурних форм. Садові ліхтарі забезпечують безпеку та комфорт використання території у вечірній час, тоді як лави створюють можливість для відпочинку та спілкування.

Економічний аспект проекту свідчить про раціональний підхід до використання ресурсів, де основний акцент зроблено на якість і довговічність елементів благоустрою. Загальна вартість облаштування малих архітектурних форм склала 39600 грн, що включає витрати на садові лави (35000 грн) та забезпечення освітлення шляхом установки садових ліхтарів. Завдяки продуманому дизайну та використанню високоякісних матеріалів «Сад кохання» стане не лише місцем для відпочинку й натхнення студентів і викладачів університету, але й справжньою окрасою території навчального закладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Панцирева Г. В., Циганська О. І., Матусяк М. В., Оплаканська А. Б. Перспективи озеленення об’єктів спеціального призначення на прикладі території Храму Трьох Святителів ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2024. № 2 (33). С. 169–184. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-2-14.

2. Циганська О. І., Піддубна А. М., Долінська О. М. Особливості використання у вертикальному озелененні видів садового плюща (Hedera helix) в умовах урбанізованого середовища. Сільське господарство та лісівництво. 2025. № 4 (39). С. 42–55. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-4-4.

3. Піддубна А. М., Матусяк М. В., Циганська О. І., Панкова С. О. Вплив технології зимового закриття лунок на агрохімічний стан ґрунту під деревними насадженнями в умовах міста Вінниці. Український журнал природничих наук. 2025. № 13. С. 413–420. DOI: https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.39.

4. Прокопчук В. М., Панцирева Г. В., Матусяк М. В., Ковальчук Я. Д. Сучасний стан та перспективи створення розарію на базі паркової зони Вінницького національного аграрного університету. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 4 (23). С. 124–136. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-4-10.

5. Pantsyreva H., Tsyhanska O. Key aspects of lawn grasses usage in landscape reclaiming under climate change. Сільське господарство та лісівництво. 2026. № 1 (40). С. 110–119. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2026-1-10.

6. Pantsyreva H. V., Myalkovsky R. O., Yasinetska I. A., Prokopchuk V. M. Productivity and economical appraisal of growing raspberry according to substrate for mulching under the conditions of Podilia area in Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10, No. 1. P. 210–214. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_33.

7. Tsyhanska O. I., Pantsyreva H. V., Dolinska O. M. Analysis of vertical landscaping and recommendations for its improvement in the closed environment. Сільське господарство та лісівництво. 2024. № 3 (34). С. 171–181. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-3-15.

8. Pantsyreva H. V. Morphological and ecological-biological evaluation of the decorative species of the genus Lupinus L. Ukrainian Journal of Ecology. 2019. Vol. 9, No. 3. P. 74–77. DOI: https://doi.org/10.15421/2019_71.

9. Matusyak M. V., Pantsyreva H. V., Prokopchuk V. M. Assessment of decorative value and prospects of the genus Magnolia compositional use on the territory of Vinnytsia. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 4 (23). С. 137–147. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-4-11.

10. Didur I., Pantsyreva H., Tsyhanska O. Substantiation of technological methods for growing white lupine in the context of biologicalization of production and its impact on the environment. Erbe der europäischen Wissenschaft. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft». Buch 47. Teil 1. 2026. P. 81–108. DOI: https://doi.org/10.30890/2709-2313.2026-47-01.

Дата першого надходження статті до видання: 28.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

UDC 633.854.78:631.811:631.58
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.22

OPTIMIZATION OF SUNFLOWER NUTRITION USING ELEMENTS OF PRECISION AGRICULTURAL PRODUCTION

Panchuk T.V. *– PhD in Agricultural Sciences and Food,*
Senior Lecturer at the O.I. Dushechkin Department of Agricultural Chemistry and Quality of Crop Production,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
orcid.org/0000-0003-2629-1427
Bikin A.V. *– Doctor of Agricultural Sciences, Professor,*
Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Professor at the O.I. Dushechkin Department of Agricultural Chemistry and Quality of Crop Production,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
orcid.org/0000-0001-7212-7340
Kucher L.I. *– Candidate of Agricultural Sciences,*
Associate Professor at the O.I. Dushechkin Department of Agricultural Chemistry and Quality of Crop Production,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
orcid.org/0000-0002-7211-693X

This article presents the results of scientific research aimed at resolving the issue of inefficient agricultural resource utilization under the traditional fertilization system. The traditional approach often ignores the spatial variability of soil and climatic conditions, which leads to nutrient deficiencies in high-productivity zones and nutrient excesses in low-productivity ones. The aim of this research was the scientific justification of a system of variable-rate foliar feeding of sunflower based on the delineation of intra-field productivity zones. The study was conducted in 2025 on the fields of Chkalov Agricultural LLC in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine (Cherkasy oblast) on typical heavy-loam chernozem. The object of the study was the yield formation process of the Sumatra HTS sunflower hybrid. Using the GeoPard Agriculture satellite platform at the 6–8 leaves stage (BBCH 16-18), the experimental field was zoned by NDVI into three stationary zones: high (NDVI ~0.75), medium (NDVI ~0.69), and low (NDVI ~0.62) productivity. Within the delineated zones, the effectiveness of two foliar applications (at BBCH 16–18 and BBCH 51) of the complex fertilizer 'Avangard Complex Sunflower' at rates of 1.5 and 2.0 L/ha was studied. It was established that in the full flowering stage, the maximum NDVI (0.97) was recorded in the high-productivity zone at an application rate of 2.0 L/ha. The maximum yield was also obtained in this zone – 3.24 t/ha, which provided an additional yield increase of 13.7% (0.39 t/ha) compared to the control. A pronounced compensatory effect was proven on plots with a lower natural potential: in the low-productivity zone, the application of 2.0 L/ha increased yield by 10.6% (to 2.71 t/ha), which allowed for full equalization with the control of the medium-productivity zone (2.70 t/ha).

Key words: *sunflower, precision agriculture, vegetation index, NDVI, foliar application, typical chernozem, yield, economic efficiency, Avangard Complex Sunflower, spatial field heterogeneity.*

© Panchuk T.V., Bikin A.V., Kucher L.I., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Панчук Т.В., Бикін А.В., Кучер Л.І. Оптимізація живлення соняшнику за використання елементів прецизійного агровиробництва

У статті представлено результати наукових досліджень, спрямованих на вирішення проблеми неефективного використання агроресурсів за традиційної системи удобрення. Традиційний підхід часто не враховує просторову мінливість ґрунтово-кліматичних умов, що зумовлює дефіцит живлення на високопродуктивних ділянках поля та його надлишок на низькопродуктивних. Метою дослідження стало наукове обґрунтування системи диференційованого позакореневого підживлення соняшнику на основі виділення внутрішньопольових зон продуктивності. Дослідження проводили у 2025 році на території СТОВ ім. Чкалова в умовах Лівобережного Лісостепу України (Черкаська область) на чорноземах типових важкосуглинкових. Об'єкт дослідження – процес формування врожайності гібриду соняшнику Sumatra HTS. За допомогою супутникової платформи GeoPard Agriculture на етапі 6–8 листків (BBCH 16-18) дослідний масив диференційовано за індексом NDVI на три стаціонарні зони: високої (NDVI ~0,75), середньої (NDVI ~0,69) та низької (NDVI ~0,62) продуктивності. У межах виділених зон вивчали ефективність дворазового (BBCH 16-18 та BBCH 51) підживлення комплексним добривом «Авангард Комплекс Соняшник» нормами 1,5 і 2,0 л/га. Встановлено, що у фазу повного цвітіння максимальний індекс NDVI (0,97) зафіксовано у високопродуктивній зоні за норми внесення 2,0 л/га. Максимальну врожайність також отримано у цій зоні – 3,24 т/га, що забезпечило додатковий приріст на 13,7 % (0,39 т/га) порівняно з контролем. Доведено виражений компенсаторний ефект на ділянках із гіршим природним потенціалом: у зоні низької продуктивності внесення 2,0 л/га підвищило врожайність на 10,6 % (до 2,71 т/га), що дозволило повністю зрівняти її з контролем середньопродуктивної зони (2,70 т/га).

Ключові слова: *соняшник, точне землеробство, вегетаційний індекс, NDVI, позакореневе підживлення, чорнозем типовий, урожайність, економічна ефективність, Авангард Комплекс Соняшник, просторова неоднорідність поля.*

Introduction. Sunflower is one of the main oilseed crops globally and a strategically important crop for the economy of Ukraine. Obtaining stable and high sunflower yields is a priority task for the agricultural sector, especially under increasing food demand and the necessity for rational use of natural and technological resources. The application of mineral fertilizers plays a decisive role in sunflower yield formation; however, under the traditional fertilization approach based on average rates applied across the entire field area, this approach is often insufficiently effective [1]. Scientific and field studies demonstrate that almost every field has significant heterogeneity (spatial variability) in soil agrochemical parameters, topography, and moisture availability [2]. The application of uniform fertilizer rates across areas with varying fertility potentials leads to the inefficient use of agricultural resources: in low-potential areas, fertilizers are not fully absorbed, while in high-potential areas, a nutrient deficiency occurs, limiting potential yield. This not only reduces the economic efficiency of production but also poses significant environmental risks, including groundwater pollution and soil acidification.

One of the most promising approaches to resolving this issue is the implementation of precision farming elements, which rely on satellite monitoring data, geographic information systems (GIS), and variable rate technology (VRT). These technologies allow for the management of spatial variability in soil and climatic conditions within a specific field [3]. Optimizing the sunflower nutrition system using such approaches is a highly relevant scientific and practical task aimed at increasing yields, improving product quality, and raising the economic efficiency of crop cultivation while simultaneously reducing the anthropogenic load on the environment.

Literature Review. The theoretical and practical foundations of precision agricultural production, as well as the specifics of mineral nutrition in sunflower, have been studied by many leading Ukrainian and foreign scientists. Research by H. I. Demydas and O. M. Tsymbaliuk has demonstrated that incorporating elements of precision agriculture

into field crop cultivation technologies significantly optimizes the expenditure of material and technical resources [4]. O. A. Romanenko et al. in their works covered in detail the economic efficiency of precision farming systems, noting a rapid growth in profitability due to resource differentiation [5]. The use of unmanned aerial vehicles and satellite technologies for crop monitoring is of great importance, as described in detail by V. H. Mikheiev and other researchers [6]. B. Ya. Panasiuk and L. V. Hubenko highlight the important role of the economic evaluation of precision farming technologies prior to their direct implementation in production [7].

In the field of agrotechnical and engineering solutions, significant contributions were made by S. M. Moroz and V. M. Bulhakov, who researched automated guidance systems and satellite positioning of agricultural machinery [8, 9]. The study of the spatial variability of soil properties using electromagnetic scanning is addressed in the works of V. V. Dehtiarov [10]. The specifics of yield mapping as a key tool of precision farming are highlighted by B. O. Voroniuk and H. A. Holub [11]. The integration of multi-temporal spatial data into geographic information systems (GIS) has been investigated by A. V. Kokhan [12].

The principles of mineral nutrition and the physiological requirements of sunflower for nutrient elements were thoroughly developed by H. M. Hospodarenko [13], A. V. Bykin [14], and are also covered in agrochemistry textbooks by A. T. Martyniuk [15]. The influence of nitrogen and sulfur nutrition on the productivity of sunflower hybrids was studied by I. Shevchenko [16] and H. M. Hospodarenko [17], who indicated a close correlation between the nitrogen background and the photosynthetic activity of the leaf apparatus.

Despite the substantial body of scientific work in precision farming and mineral nutrition, the optimization of the sunflower nutrition system based on the integrated use of remote sensing data (NDVI index) and variable-rate foliar feeding with microelements in the specific soil and climatic zones of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine remains insufficiently studied. Most research focuses on the primary (soil-applied) variable-rate application of nitrogen, phosphorus, or potassium, whereas the adaptive application of complex microfertilizers (specifically boron and accompanying mesoelements) depending on the delineated productivity zones requires further scientific justification and practical validation.

Research Objective. The objective of this study is the scientific justification and development of methods to optimize the mineral nutrition system of sunflower by delineating intra-field productivity zones via remote sensing (NDVI index) and applying variable-rate foliar feeding with a complex fertilizer in typical chernozems of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Materials and Methods. The field experiment was established in 2025 on the land utilized by Chkalov Agricultural LLC (Zolotonoša Raion, Cherkasy Oblast, Zhovnyne village). This region belongs to the Central Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, which is characterized by favorable soil conditions, with highly fertile typical chernozems prevailing. The soil cover of the experimental plot is represented by a typical heavy-loam chernozem on loess parent materials.

The sunflower planting material was the Sumatra HTS hybrid (Syngenta), adapted for ExpressSun (HTS) technology with the use of tribenuron-methyl-based herbicides. The plant density at harvest was 55,000 plants/ha, with a row spacing of 70 cm. The preceding crop in the rotation was winter wheat.

Field zoning by productivity level was conducted at the 6–8 true leaves stage of sunflower (BBCH 16-18) using the GeoPard Agriculture satellite platform. Based on

the calculated Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the crop field was differentiated into three stationary zones: high, medium, and low productivity. Within each delineated zone, a field experiment was set up according to the scheme presented in Table 1. The plot size for each experimental treatment was 50 m², with three replications.

Table 1

Experimental design in the delineated field productivity zones

Productivity Zone (by NDVI)	Treatment	Foliar Feeding Scheme
High productivity (NDVI ~ 0.75)	1	No foliar feeding (Control)
High productivity (NDVI ~ 0.75)	2	Avangard Sunflower – 2.0 L/ha (twice: BBCH 16-18 and BBCH 51)
High productivity (NDVI ~ 0.75)	3	Avangard Sunflower – 1.5 L/ha (twice: BBCH 16-18 and BBCH 51)
Medium productivity (NDVI ~ 0.69)	4	No foliar feeding (Control)
Medium productivity (NDVI ~ 0.69)	5	Avangard Sunflower – 2.0 L/ha (twice)
Medium productivity (NDVI ~ 0.69)	6	Avangard Sunflower – 1.5 L/ha (twice)
Low productivity (NDVI ~ 0.62)	7	No foliar feeding (Control)
Low productivity (NDVI ~ 0.62)	8	Avangard Sunflower – 2.0 L/ha (twice)
Low productivity (NDVI ~ 0.62)	9	Avangard Sunflower – 1.5 L/ha (twice)

Foliar feeding was carried out using the complex concentrated fertilizer 'Avangard® Complex Sunflower', which contains a balanced set of macro- and micronutrients in an easily digestible chelated form (specifically boron, sulfur, zinc, iron, manganese, copper, molybdenum, and cobalt). Treatments were applied using a backpack sprayer at the 6–8 leaves stage (BBCH 16–18) and at the budding, or 'star' stage (BBCH 51) according to the scheme. Harvesting was done manually from each plot at full maturity, followed by conversion to 100% purity and a 10% standard seed moisture content.

Results and Discussion. Remote monitoring of sunflower crop state by NDVI. Analysis of satellite imagery using the GeoPard Agriculture platform at the initial stages of sunflower development (6–8 leaves stage, BBCH 16–18) showed a high level of crop spatial variability. In the high-productivity zone, the average NDVI index was 0.75, reflecting the intensive accumulation of vegetative biomass and high chlorophyll content. The medium-productivity zone was characterized by moderate development, with a vegetation index of 0.69. The lowest level of plant development was noted in the low-productivity zone, where the NDVI was only 0.62, indicating growth suppression and the presence of limiting soil-related factors.

Repeated satellite sensing during the full flowering stage of sunflower (BBCH 65–67) demonstrated significant changes in the optical characteristics of the crop as a result of the foliar applications. In the high-productivity zone, NDVI values for the treatment with 2.0 L/ha of fertilizer increased to the maximum level of 0.97. In the medium-productivity zone, this parameter reached 0.82. The most dynamic growth was recorded in the low-productivity zone, where the foliar feeding of 2.0 L/ha (treatment 8) increased the NDVI index to 0.80, which practically equalized the crop condition with that of the medium-productivity zone. This indicates a high compensatory capacity of

the applied fertilizer, which allowed the plants to overcome stressful conditions and maximize photosynthetic processes.

Influence of nutrition conditions on sunflower yield and structure. The final criterion for evaluating any agrotechnical practice is crop yield and its structural elements, which reflect the potential of each individual plant. Analysis of sunflower yield across the studied treatments confirmed the high efficiency of variable-rate foliar feeding against the background of soil heterogeneity (Table 2).

Table 2

Influence of nutrition conditions on the yield of the Sumatra HTS sunflower hybrid

Productivity zone	Treatment	Application rate	Yield, t/ha	Increase, t/ha	Increase, %
High	1	Control	2.85	-	-
	2	2.0 L/ha	3.24	0.39	13.7
	3	1.5 L/ha	3.08	0.23	8.1
Medium	4	Control	2.70	-	-
	5	2.0 L/ha	3.01	0.31	11.5
	6	1.5 L/ha	2.86	0.16	5.9
Low	7	Control	2.45	-	-
	8	2.0 L/ha	2.71	0.26	10.6
	9	1.5 L/ha	2.58	0.13	5.3

The data in Table 2 demonstrate that on the control plots without foliar feeding (treatments 1, 4, and 7), the sunflower yield directly depended on the natural potential of each zone, decreasing from 2.85 t/ha in the high-productivity zone to 2.45 t/ha in the low-productivity zone. The application of foliar feeding with the 'Avangard Complex Sunflower' fertilizer provided a significant and statistically reliable increase in yield in all treatments without exception.

The maximum yield in the experiment was recorded in the high-productivity zone for treatment 2, using 2.0 L/ha of fertilizer, reaching 3.24 t/ha, which provided an additional seed harvest of 0.39 t/ha (or 13.7%) compared to the control. However, the most important aspect of adaptive management is the feeding effect on less fertile plots: in the low-productivity zone, with the application of 2.0 L/ha of fertilizer (treatment 8), a yield of 2.71 t/ha was obtained, which is an increase of 10.6% compared to the control of that zone, practically equalizing productivity with the control of the medium-productivity zone (2.70 t/ha). This further confirms that variable-rate foliar nutrition serves as an effective tool for mitigating the negative impact of field spatial variability and enhancing its overall productivity.

Conclusions and Prospects for Further Research. Summarizing the results of the conducted field studies, it is worth emphasizing the shift in approaches to forming high sunflower productivity. The obtained data confirm that variable-rate nutrition management based on vegetation indices (NDVI) is no less important for optimizing growth processes and yield formation than the physical volume of applied agrochemicals. Based on this, the following conclusions are formulated:

1. Remote monitoring of sunflower crop state by NDVI at the 6–8 leaves stage (BBCH 16–18) allows for the reliable identification of spatial field heterogeneity, delineating zones with high (NDVI ~0.75), medium (NDVI ~0.69), and low (NDVI ~0.62) plant development potential.

2. The application of double foliar feeding with the complex fertilizer 'Avangard Complex Sunflower' guarantees a reliable yield increase across all delineated zones. The highest yield of the Sumatra HTS hybrid (3.24 t/ha) was obtained in the high-productivity zone at a rate of 2.0 L/ha, providing a maximum increase of 0.39 t/ha (13.7%) compared to the control.

3. Variable-rate micronutrient application demonstrates a high compensatory effect in areas with poorer soil conditions. In the low-productivity zone, the application of a 2.0 L/ha rate increased the yield to 2.71 t/ha, which practically equalized this index with the productivity of the control treatment in the medium-productivity zone (2.70 t/ha).

REFERENCES:

1. Малиновський А. С., Танчик С. П. Вплив систем удобрення на врожайність соняшнику в умовах Лісостепу України. Агроном. 2021. № 1. С. 56–60.
2. Медведєв В. В., Пліско І. В., Назаренко І. І. Просторова мінливість агрофізичних властивостей чорнозему типового. Агрохімія і ґрунтознавство. 2020. Вип. 90. С. 16–23.
3. Kovalenko V. P., Hutianskyi R. A., Hutianska N. O. Precision agriculture technologies as a factor for increasing the efficiency of plant growing. Scientific Horizons. 2022. Vol. 25, No. 5. P. 71–81.
4. Демидась Г. І., Цимбалюк О. М., Шкарівська Л. І. Елементи точного землеробства в технологіях вирощування польових культур. Науковий вісник НУБіП України. Серія : Агрономія. 2020. Вип. 315. С. 9–19.
5. Романенко О. А., Панасюк Б. Я., Танчик С. П. Економічна ефективність елементів точного землеробства в технологіях вирощування польових культур. Економіка АПК. 2020. № 6. С. 69–77.
6. Міхєєв В. Г., Бойко В. В., Кохан А. В. Використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу посівів. Таврійський науковий вісник. 2021. Вип. 118. С. 147–154.
7. Панасюк Б. Я., Губенко Л. В. Економічна оцінка впровадження систем точного землеробства. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2020. Вип. 28. С. 144–151.
8. Мороз С. М., Голуб Г. А., Смоляр В. О. Сучасні системи автоматизованого керування рухом сільськогосподарських агрегатів. Таврійський науковий вісник. 2021. Вип. 120. С. 132–140.
9. Булгаков В. М., Адамчук В. В., Пастушенко С. І. Напрями розвитку автоматизації мобільних сільськогосподарських агрегатів. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2020. Вип. 1 (110). С. 3–14.
10. Дегтярьов В. В., Мандигра М. С., Назарок П. П. Використання даних електромагнітного сканування для картування властивостей ґрунту. Агрохімія і ґрунтознавство. 2021. Вип. 92. С. 5–12.
11. Воронюк Б. О., Голуб Г. А. Картування врожайності як інструмент аналізу просторової неоднорідності полів. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 2 (106). С. 15–22.
12. Кохан А. В., Ткачук О. П., Ляшенко О. С. Застосування ГІС-технологій для аналізу факторів мінливості врожайності. Наукові доповіді НУБіП України. 2021. № 3 (91).
13. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ : НУБіП України, 2021. 506 с.
14. Бикін А. В., Свидинюк І. М., Машковська С. П. Вплив системи удобрення на формування продуктивності гібридів соняшнику. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2020. Вип. 28. С. 34–41.
15. Мартинюк А. Т. Агрохімія. Київ : ЦУЛ, 2022. 488 с.
16. Shevchenko I., Kushnir K., Shevchenko S. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and quality indicators of sunflower hybrids. Scientific Horizons. 2023. Vol. 26, No. 1. P. 66–75.
17. Господаренко Г. М., Любчич О. І., Полторецький С. П. Вплив азотного та сірчаного живлення на продуктивність соняшнику. Аграрний вісник Причорномор'я. 2020. Вип. 96. С. 12–19.

Дата першого надходження статті до видання: 08.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.15:631.84[1+2]:631.95:771.735
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.23

СПОСОБИ ОБМЕЖЕННЯ ВТРАТ ПОЖИВНИХ ФОРМ АЗОТУ У ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ ЗА УДОБРЕННЯ ЗЕРНОВОЇ КУКУРУДЗИ У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Піцик Ю.В. *– аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,*
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Ґжицького
orcid.org/0009-0005-3633-9369
Гнатів П.С. *– д.б.н., професор,*
професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
і біотехнологій імені С.З. Ґжицького,
головний науковий співробітник,
Інститут сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-2519-3235

Виробництво і внесення дорогих синтетичних азотних добрив не дає агровиробникам очікуваної віддачі урожаєм і вони схильні збільшувати норми внесення азоту в грунт. Проте це не забезпечує планованої прибавки врожаю, але додає в атмосферу і грунтові води велику кількість небезпечних для довкілля сполуг азоту, який випадає з малого біоциклу в польових агроекосистемах, переходячи у агроландшафти, водні екосистеми й атмосферу. Ми експериментально з'ясовуємо оптимальний рівень азотного удобрення зернової кукурудзи в поєднанні із застосуванням інгібіторів уреази та нітратів, як стабілізаторів азотних сполук у темно-сірому опідзоленому крупнопилуватого легкосуглинковому ґрунті Лісостепу Західного. У межах дослідного поля відділення «Вирів» ТОВ "СІЕФДЖІ ТРЕЙДИНГ" провели відповідні дослідження. Дані опрацьовані за допомогою методу дисперсійного аналізу ANOVA та STATISTICA-12. Дослідження показали, використання інгібіторів N-STAB та N-Lock™ Макс як самостійно, так і поєднанні на нормах азоту від $N_{90\text{-}120\text{-}150}$ вагомо зменшували концентрацію нітратів в орному шарі ґрунту упродовж усієї вегетації кукурудзи. Нітрапірин найбільше знижував концентрацію нітратів у фазі першого листка за використання звичайного карбаміду. Збільшення норми азоту від N_{90} до N_{120} і N_{150} збагачує орний шар ґрунту амонійною формою елемента, а інгібітор уреази N-STAB у складі карбаміду стримує уролітичну дію мікробіоти і підвищує його вміст як за мінімальної, так і за максимальної норми удобрення. Сумісне застосування нітрапірину посилює цей ефект. Розрахунок втрат азоту від звітрювання закису елемента залежно від запасу нітратів у ґрунті свідчать, що стабілізатори азотистих сполук зменшують його емісії від 1,77–1,85 кг/га на високих нормах $N_{120\text{-}150}$ до 1,63–1,67 кг/га. Розрахунок потенційного звітрювання аміаку від його запасу в ґрунті свідчить, що застосування карбаміду, збагаченого інгібітором N-STAB практично втричі зменшує газоподібні втрати цієї форми поживної речовини в атмосферу. Найкращий результат за різних систем удобрення отриманий за внесення N_{150} у формі карбаміду PULREA®+INu з обприскування ґрунту нітрапірином перед сівбою. Врожай зерна був на рівні 16,6 т/га 2024 року, та 16,3 т/га 2025 року, що на 10,8 та 10,7 т/га більше, ніж на неудобреному контролі. Інгібітори окремо та у поєднанні дієвіше впливали на рівень врожаю за підвищеної (N_{120}) та високої (N_{150}) норми азоту.

Ключові слова: *карбамід, n-бутилтіофосфортриамід, 2-хлор-6-(трихлорметил) піридин, азот, врожай кукурудзи.*

© Піцик Ю.В., Гнатів П.С., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Pitsyk Yu.V., Hnativ P.S. Methods of limiting the loss of nutrient forms of nitrogen in dark-gray pozolenized soil during grain corn fertilization in the Western Forest-Steppe

The production and application of costly synthetic nitrogen fertilisers often fail to provide agricultural producers with the expected yield response, prompting them to increase nitrogen application rates. However, this practice does not result in the anticipated yield increase but instead contributes substantial amounts of environmentally hazardous nitrogen compounds to the atmosphere and groundwater. Consequently, nitrogen is removed from the short biogeochemical cycle within field agroecosystems and transferred to agricultural landscapes, aquatic ecosystems, and the atmosphere. The present study experimentally determined the optimum nitrogen fertilisation rate for grain maize in combination with urease and nitrification inhibitors acting as nitrogen stabilisers in dark grey podzolised coarse-silty light loam soil of the Western Forest-Steppe of Ukraine. Field experiments were conducted at the Vyriv Block, CFG Trading LLC. Experimental data were analysed using analysis of variance (ANOVA) and STATISTICA 12 software. The results demonstrated that the use of the inhibitors N-STAB and N-Lock™ Max, applied either individually or in combination at nitrogen rates of N_{90}, N_{120} and N_{150}, significantly reduced nitrate concentrations in the plough layer throughout the maize growing season. Nitrapyrin was particularly effective in reducing nitrate concentrations at the first-leaf growth stage when conventional urea was applied. Increasing the nitrogen application rate from N_{90} to N_{120} and N_{150} enhanced the ammonium content of the plough layer. Furthermore, the urease inhibitor N-STAB incorporated into urea suppressed the ureolytic activity of the soil microbiota, thereby increasing ammonium retention under both the lowest and the highest nitrogen application rates. The combined application of nitrapyrin further enhanced this effect. Estimates of nitrogen losses through nitrous oxide (N_2O) emissions, calculated according to soil nitrate reserves, indicated that nitrogen stabilisers reduced N_2O emissions from 1.77–1.85 kg·ha^{-1} at the higher nitrogen rates (N120–N150) to 1.63–1.67 kg·ha^{-1}. Likewise, calculations of the potential ammonia (NH_4^+) volatilisation based on soil ammonium reserves showed that the application of urea enriched with the N-STAB inhibitor reduced gaseous ammonia losses to the atmosphere by almost threefold. The highest grain yield under the different fertilisation systems was obtained with the application of N_{150} as PULREA®+INu urea combined with pre-sowing soil application of nitrapyrin. Grain yield reached 16.6 t·ha^{-1} in 2024 and 16.3 t·ha^{-1} in 2025, exceeding the unfertilised control by 10.8 and 10.7 t ha^{1}, respectively. Both individual and combined applications of the inhibitors exerted a greater positive effect on grain yield at the elevated (N_{120}) and high (N_{150}) nitrogen application rates.

Key words: *urea, N-(n-butyl)thiophosphoric triamide, 2-chloro-6-(trichloromethyl)pyridine, nitrogen, maize grain yield.*

Постановка проблеми. За узагальненням вчених [1] аграрне виробництво і тваринництво вносять майже 60% від загального обсягу антропогенних викидів азоту у формі закису N_2O. Вироблені азотумісні добрива (особливо карбамід) є основними джерелами емісії закису азоту.

Запаси азоту у ґрунтах охоплюють вміст органічного азоту, азоту мікробів та неорганічного азоту. Доступні безпосередньо для поглинання рослинами нітрати та амоній. Найвагоміша частина ґрунтового азоту знаходиться в органічній речовині, але мікробна біомаса азоту легко переходить у доступні форми азоту для рослин. Співвідношення цих запасів значною мірою залежить від ґрунтових умов, вологості і погоди [2; 3; 11; 5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Коли аміак потрапляє в грунт, він може або перетворитися на нітрит (NO_2^-), а потім на нітрат (NO_3^- через процес нітрифікації (*Nitrosomonas spp*. та *Nitrosococcus spp*.) [6], або бути поглиненим та асимільованим рослинами чи мікроорганізмами [7; 8]. Процес нітрифікації здійснюється вузьким колом родів, тоді як практично усі бактерії та археї можуть виконувати асиміляцію аміаку [9]. Оригінальні досліди Z. M. Chen et al. [10] та L. Cheng et al. [12] моделювали високий вміст NH_4^+ у зоні удобрення, щоб з'ясувати біологічний механізм пригнічення нітрифікації за умови внесення у зону коренів високої концентрації карбаміду. Було розкрито механізм тривалої

дії високої концентрації карбаміду і встановлено, що така концентрація діє як локальний інгібітор нітрифікації, створюючи високий вміст NH_4^+ у ґрунті, який зменшує активність мікроорганізмів, що окиснюють аміак, тим самим пригнічуючи нітрифікацію.

Аналіз вирощування як пшениці, так і кукурудзи показав, що високородючі ґрунти мали дуже високі значення частки вимивання азоту добрив з нітратами – від 21% під пшеницею до 25% під кукурудзою. Проте високотехнологічні прийоми внесення добрив забезпечували середні значення втрат нітратів – лише 7% та 13% для пшениці та кукурудзи відповідно [1].

Узагальнення R. Thapa et al., [13] подають висновки, що досліджені інгібітори нітрифікації, включаючи диціандиамід (DCD), 3,4-диметилепіразолфосфат (DMPP) та 2-хлор-6-(трихлорметил)піридин (нітрапірин), збільшили врожайність зерна на 7%, за даними C. Qiao et al. [14] – на 9%, за даними J. Feng et al. [15] – на 4,4% зерна або біомаси. Застосування інгібіторів уреази та нітрифікації є ефективною стратегією зменшення втрат азоту без негативного впливу на врожайність. Але довгостроковий вплив інгібіторів та внесення азоту на його динаміку залишається незрозумілим [16].

Через екологічні та суспільні проблеми, пов'язані з випаровуванням аміаку, було встановлено міжнародні нормативи щодо обмеження викидів антропогенного аміаку. Ще від 1999 року багато країн світу узгодили Гетеборзький протокол (ЄЕК ООН, 1999), який мав на меті обмежити викиди кількох забруднюючих речовин, включаючи аміак, до 2010 року. Цей протокол став основою для Директиви 2001/81/ЄС Європейського Союзу про національні граничні значення викидів [17]. Щоби обмежити непродуктивні втрати азоту з добрив вчені активно продовжують експерименти зі стабілізації нітрифікації покриттям цими активними речовинами – інгібіторами, гранули фабричної сечовини, з'ясовують, чи на впливає інтенсивність звітрювання аміаку та обсяг утримання азоту залежно від глибини внесення карбаміду в ґрунт.

Добрива, внесені в ґрунт – це дотація біофільних елементів цілісній екосистемі загалом, де на дефіцитний у природі азот, як і фосфор та багато інших біогенних речовин, «претендують» численні мікроорганізми – природні компоненти цих екосистем. З-поміж них, археї, бактерії, гриби і навіть водорості**.**

Уникнути перехоплення як поживи, чи деструкції стабілізованих ґрунтовим вбирним комплексом азотних сполук мікробіотою до летких форм (аміак NH_3, закис азоту N_2O, інертний азот N_2), або до легкорозчинної нітратної форми – актуальне завдання аграріїв за тенденції постійного дорожчання синтетичних хімічних добрив.

З іншого боку інтеграція України у світову економічну та політичну спільноту передбачає прийняття аграріями жорстких вимог щодо забруднення довкілля парниковими газами та охорони поверхневих вод. У гумідній зоні Лісостепу Західного обсяги внесення азотних добрив і їх ефективність є високими, проте тенденція до збільшення норм удобрення зумовлює потребу науково обґрунтованого запровадження заходів щодо стабілізації азотних сполук у ґрунті та підвищення рівня їх ефективної асиміляції культурами для забезпечення максимальної віддачі з урожаєм [18; 19].

Метою нашої роботи було встановити оптимальний рівень азотного удобрення зернової кукурудзи в поєднанні із застосуванням стабілізаторів азоту – інгібіторів уреази та нітратів, за вирощування на темно-сірому опідзоленому ґрунті Лісостепу Західного.

Матеріали і методи. Основним об'єктом дослідження була система азотного мінерального удобрення зернової кукурудзи в умовах Лісостепу Західного з використанням інгібіторів уреази та нітрифікації.



Рис. 1. Локалізація дослідного поля для трирічних досліджень – скріншот супутникової світлини (Sentinel-2 L2A – платформа Copernicus browser)

Досліди організовані при кафедрі агрохімії та ґрунтознавства у Львівському національному університеті природокористування (нині ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького) впродовж 2023–2026 року. Дослідне поле, на якому на підставі угоди про філію кафедри велися трирічні дослідження, розташоване у с. Вирів в опорному пункті «Вирів» ТОВ «СІЕФДЖІ ТРЕЙДИНГ» у Буго-Стирській алювіально-зандрово-денудаційній рівнині природно-кліматичної зони Західного Лісостепу: N 49°99′41″; E 24°33′88″ (рис. 1). (Physical-geographical zoning..., Agro-soil zoning..., https://geomap.land.kiev.ua/). Ґрунт – темно-сірий лісового слабоеградований легкосуглинковий на карбонатних лесоподібних суглинках.

Польові експерименти виконали за загальноприйнятими методами в агрономії, викладеними В. О. Єщенком та ін. [19]. Розмір посівної ділянки 35 м^2 (2,8×12,5 м), облікової 15 м^2. Повторення варіантів чотириразове, розміщення ділянок систематичне зі зміщенням.

Восени внесення мінеральних фосфорно-калійних добрив виконували механізовано під основний обробіток ґрунту агрегатом Gaspardo MASCHIO ARTIGLIO 400/9. Добрива: суперфосфат потрійний (P_{46}), корн-калі (K_{40}+Mg_6+S_5) і сульфат магнію гранульований (Mg22+S14,6) становили суцільний удобрений фон. Азотні добрива: карбамід звичайний та збагачений інгібітором NBPT (n-бутилтіофосфортриамід, препарат N-STAB) карбамід PULREA®+INu внесені навесні під передпосівну культивацію за допомогою ручного механічного розкидача фірми Solo за схемою досліду (табл. 1). У спеціальних варіантах КАС 32 вносили у підживлення кукурудзи у фазі 6–8 листків (ВВСН 16-17) з міжрядною культивацією (агрегатом КРН-5.6, обладнаним системою внесення рідких добрив Record) на глибину 10–12 см. Інгібітор нітрифікації нітрапірин (2-хлор-6-(трихлорметил) піридин, препарат N-Lock™ Макс) в нормі 1,7 л/га вносили ранцевим обприскувачем під передпосівну культивацію перед внесенням карбаміду. При сівбі восьмирядною сівалкою Challenger CH9200 (обладнаною системою Precision Planting + Keeton) в рядки було внесене стартове добриво у формі РКД 5-20-5 у фізичній вазі 19,7 л/га за виключенням контрольного варіанту без добрив.

При закладанні експерименту та в ході програмних досліджень відбір зразків ґрунту виконували польовим буром БП-25-15 з кожного варіанту на глибину

0–20 см (для аналізу нітратів – пробовідбірником ґрунту L-170 на визначених варіантах – 0–20 см; 20–40 см; 40–60 см) згідно з методикою ДСТУ 4287:2004 (2004).

Таблиця 1

Схема польового експерименту

№ вар.	Норми удобрення	Простий карбамід або карбамід PULREA®+INu та N-Lock™
1	Без добрив (К)	–
2	Фон -($N_{1,25}P_{69,4}K_{81,3}Mg_{34}S_{24,6}$)[1]	–
3	Фон+N_{90}[2]	–
4	Фон+N_{90}	PULREA®+INu
5	Фон+N_{90}	N-Lock™
6	Фон+N_{120}	-
7	Фон+N_{120}	PULREA®+INu
8	Фон+N_{120}	N-Lock™
9	Фон+N_{120}	PULREA®+INu+N-Lock™
10	Фон+N_{150}	–
11	Фон+N_{150}	PULREA®+INu
12	Фон+N_{150}	N-Lock™
13	Фон+N_{150}	PULREA®+INu+N-Lock™
14	Фон+N_{150} (N_{80}+N_{70}[3])	–
15	Фон+N_{150} (N_{80}+N_{70}[3])	PULREA®+INu
16	Фон+N_{150} (N_{80}+N_{70}[3])	N-Lock™
17	Фон+N_{150} (N_{80}+N_{70}[3])	PULREA®+INu+N-Lock™

1 Сумарні норми поживних елементів фонового удобрення;

2 N_{90-150} – під передпосівну культивацію;

3 N_{70} – підживлення у формі КАС вносили у фазі 6–8 листків (ВВСН 16-17) з міжрядною культивацією N, кг/га.

Кількість відборів становила 5–6 уколів по маршруту зигзагом, який охоплював цілу ділянку варіанту. Ґрунт, за виключенням зразків а нітрати, висушували до повітряно-сухого стану, просіювали та подрібнювали згідно з ДСТУ ISO 11464:2007 (2003).

Стартова агрохімічна характеристика дослідного поля визначена наступна. У шарі ґрунту 0-20 см вміст гумусу за ДСТУ 4289:2004 (2005) становить 3,11%, гідролітична кислотність за ДСТУ 7537:2014 (2014) 2,38, кислотність за ДСТУ ISO 10390:2007 (2012) – pH_{KCl} становить 5,8, вміст рухомого фосфору (за Чириковим) за ДСТУ 4405:2005 (2005) 97 мг/кг, обмінного калію 113 мг/кг ґрунту, легкогідролізованого азоту за ДСТУ 7863:2015 (2016) 103 мг/кг ґрунту.

Вміст нітратів за схемою удобрення встановлювали потенціометрично за допомогою йонселективного нітратного електрода у соляній витяжці 1% розчину алюмокалієвого галуну при співвідношенні ґрунту до розчину 1:2,5, а також азот амонійний визначали за ДСТУ 4729:2007 (2006).

Лабораторні дослідження виконали на базі філії кафедри агрохімії та ґрунтознавства ЛНУВМБТ в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН, окремі аналізи – у Сервісно-аналітичному центрі (атестат акредитації № 202141 від 25.11.2022) ТОВ «УКРАВІТ САЙЕНС ПАРК» ВСП «Інститут здоров'я рослин» стандартними методами.

Інтенсивність звітрювання газоподібного закису азоту з ґрунту в атмосферу E_{N2O} (кг/га) обчислювали за формулою (1), запропонованою A. F. Bouwman [10]:

$$E_{N2O} = 1 + 0{,}0125 \times З_{N\text{-}NO3.}, \quad (1)$$

де: $З_{N\text{-}NO3.}$ – запаси нітратного азоту в орному пласті ґрунту.

Запаси нітратів $З_{N\text{-}NO3}$ (кг/га) вираховували за формулою (2) обчислення запасів гумусу [20] з використанням перевідних коефіцієнтів мг/кг у відсотки і тонни у кілограми:

$$З_{N\text{-}NO3} = N_{N\text{-}NO3}(мг/кг) \times 0{,}0001(\%) \times 1000(кг) \times 1{,}37(г/см^3) \times 20(см), \quad (2)$$

де: $N_{N\text{-}NO3}$ – вміст $N\text{-}NO_3$ в орному (0–20 см) шарі ґрунту у мг/кг; 0,0001 – коефіцієнт переводу у %; 1000 – коефіцієнт переводу у кг; 1,37 – щільність орного пласті темно-сірого опідзоленого крупнопилуватого легкосуглинкового ґрунту у г/см^3; 20 – товщина орного пласту в сантиметрах.

Потенційні втрати аміаку від внесення звичайного карбаміду обчислювали за формулою (https://theyieldgrid.com/urea-volatilization-calculator/) з використанням додаткового коефіцієнта 0,7 для карбаміду PULREA®+INu з інгібітором уреази (інгібітор знижує звітрювання аміаку на 30%):

$$E_N = Q_{карб.} \times C/100 \times K_{втрат.} \quad (3)$$

де: Q – загальна маса внесеного азоту з карбамідом (кг);
C – частка азоту, що виділяється у вигляді аміаку (15%);
$К_{втрат}$ – за глибокого заробляння під передпосівну культивації становить 0,35.

Для сівби використовували гібрид Pioneer P8834 з нормою висіву – 78 тис/га.

Математично-статистичну обробку і графічне моделювання отриманих результатів досліджень та врожайних даних здійснювали класичними методами [21] з використанням програм Microsoft Excel і Statistica 12.0.

Результати та обговорення. Погода вегетаційного періоду 2024 року для зернової кукурудзи за даними найближчого метеопоста (002093F9. Велике Колодно. iMetos 3.3) відрізнялися від наступного 2025 року. Сівбу 2024 року провели 30 квітня, 2025 року – на 8 діб раніше. Перший рік досліджень відрізнявся вагомо вищими середньомісячними температурами, за виключенням січня, листопада та грудня (рис. 2). Середня температура 2024 року – 11,04°С, вегетаційного періоду (квітень-жовтень) – 16,8°С. 2025 рік відрізнявся істотно холоднішими квітнем і, особливо травнем, коли середня температура місяця становила 10,1°С, що на 4,4°С менше кліматичної норми. Середня температура 2025 року – 10,5°С, вегетаційного періоду (квітень-жовтень) – 15,4°С.

Хід зростання середніх температур вегетаційного періоду 2024 року практично повторював хід менших середньобагаторічних, чим створювався додатковий стабільний тепловий ресурс для росту і розвитку кукурудзи.

Проте, перший рік вирощування культури відрізнявся вкрай нерівномірними опадами (рис. 3), відносно сухим травнем (16 мм) перезволоженим червнем (96 мм) та критично посушливим липнем (3 мм).

За 2024 рік випало 415 мм, за вегетаційний період – 347 мм за норми 487 мм. Упродовж 2025 року випало 505 мм, за квітень-жовтень 340 мм. Але нерегулярні опади не позначилися критично на формуванні врожаю.

Дія стабілізаторів мікробної активності дуже залежить від тепла й вологи в ґрунті, як і ефективність внесених мінеральних добрив. Задовільний обсяг опадів, істотно вища температура повітря і 10-тисантиметрового пласту ґрунту

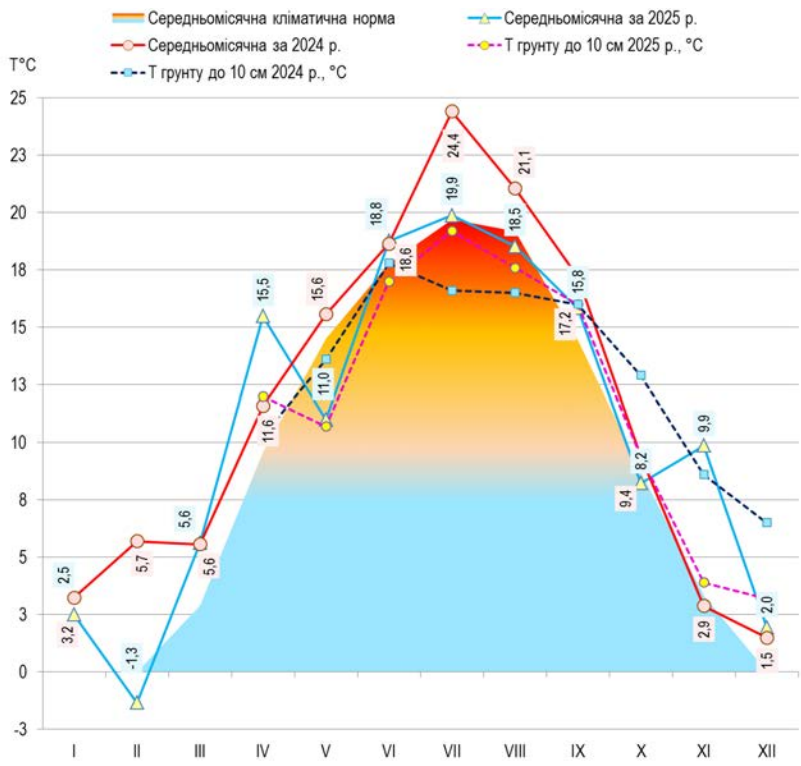


Рис. 2. Середньомісячна динаміка температури 2024–2025 рр. (метеопост 002093F9. Велике Колодно. iMetos 3.3)

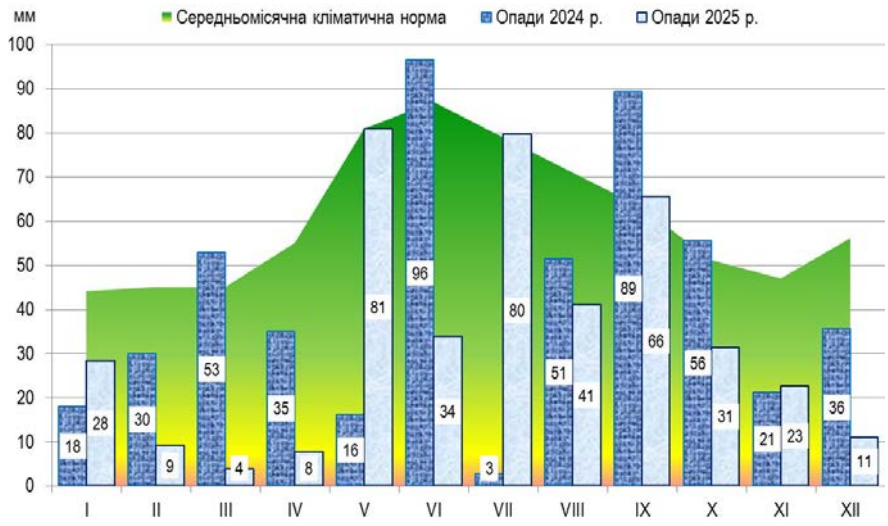


Рис. 3. Середньомісячні опади 2024–2025 років (метеопост 002093F9. Велике Колодно. iMetos 3.3)

сприяли стабілізаційній дії інгібіторів мікробних перетворень азотних сполук триваліший період.

Кукурудза потребує на утворення однієї тонни зерна 25–30 кг азоту з ґрунту. Тому ми досліджували діапазон норми азотного удобрення $N_{90\text{-}120\text{-}150}$ з урахування високої природної родючості ґрунту та гіпотетичної дії стабілізаторів перетворення азотистих сполук мікробіотою, що можуть запобігти звітрюванню та вимиванню продуктів її азотного метаболізму.

Співвідношення форм азоту у темно-сірому опідзоленому ґрунті мінливе. Легкогідролізний азот (лужногідролізний) охоплює мінеральну частку ґрунтового азоту і коливається 112 до 133 мг/кг ґрунту в межах одного поля [22]. Мінеральний азот – амонійний та нітратний, сукупно становить не більше третини від легкогідролізного, а нітратний – менше половини від амонійного [23]. Для чорноземів О. Чайка і С. Левченко [24] повідомляють такі кількості: легкогідролізного 60–150 мг/кг ґрунту, амонійного 10–30 і нітратного 5–15 мг/кг.

Нітратне живлення кукурудзи є активнішим за інші шляхи асиміляції азоту. Достатня кількість нітратів у період активного росту й розвитку культури є бажана. Проте, надмірне нітратоутворення під впливом *Nitrosomonas* spp. та *Nitrosococcus spp.* спричиняє надлишок нітратів, які не можуть бути швидко поглинуті рослинами, тому опускаються з вертикальним водотоком у підорні, а інколи і в водоносні горизонти. На рисунку 4 показано, що підвищення норми азоту від нуля до $N_{90\text{-}120\text{-}150}$ збільшує концентрацію нітратів в орному пласті від 8,2 мг/кг ґрунту більше, як утри рази (до 24,8 мг/кг – вар. 10) у фазі першого листка, у фазі викиду волоті від 5,2 до 18,9 мг/кг.

Підживлення КАС у міжряддя в дозі N_{70} за передпосівного внесення N_{80} сприяє найбільшому нагромадженню нітратів у фазі викиду волоті і навіть у фазі достигання зерна (вар. 14 і 15). Поєднання як невисоких, так і високих норм азотного удобрення з інгібітором нітрифікації нітрапірином та добривом карбамід PULREA®+INu з інгібітором уреази вагомо обмежувало накопичення нітратів на старті вегетації кукурудзи. Водночас, у фазі викиду волоті таке поєднання факторів (вар. 9–15) підтримувало такий високий вміст нітратів у ґрунті, як за мінімальної норми внесення N_{90} (вар. 3) на старті вегетації.

Обчислені за формулою (2) запаси нітратного азоту дозволили нам визначити потенційний викид закису азоту в атмосферу і його втрату з екосистеми поля (рис. 5).

Збільшення норми удобрення азотом кукурудзи від 90 до 120 і 150 кг га закономірно створювало більші запаси нітратів в орному пласті, але цим самим зумовлювало підвищення незворотних втрат азоту у формі N_2O. Інгібітор нітрифікації нітрапірин найвагоміше стримував утворення нітратів і таким чином зменшував емісії парникового газу. Інгібітор уреази у складі карбаміду, а також поєднання стабілізаторів азоту мало сильний, але менший стримувальний ефект стосовно звітрювання закису азоту.

За великих норм азотного удобрення важливим є стримування втрати нітратів у підорні горизонти ґрунту. Для темно-сірого легкосуглинкового добре дренованого ґрунту в гумідній зоні Лісостепу західного це є велика проблема. Рисунок 6 відображає закономірності утворення нітратів під впливом збільшення норм азотного удобрення від нуля до $N_{90\text{-}120\text{-}150}$ у підорному горизонті. На старті вегетації мінімальна норма азотних добрив сприяла накопиченню 10,2 мг/кг нітратного азоту. Підвищення норми азотних добрив до 150 кг/га д.р. додало 4,7 мг/кг нітратів.

Інгібітори уреази та нітрифікації як окремо, так і в поєднанні мали вагомий вплив на стабілізацію нітратоутворення і на старті вегетації, і в фазі викиду волоті

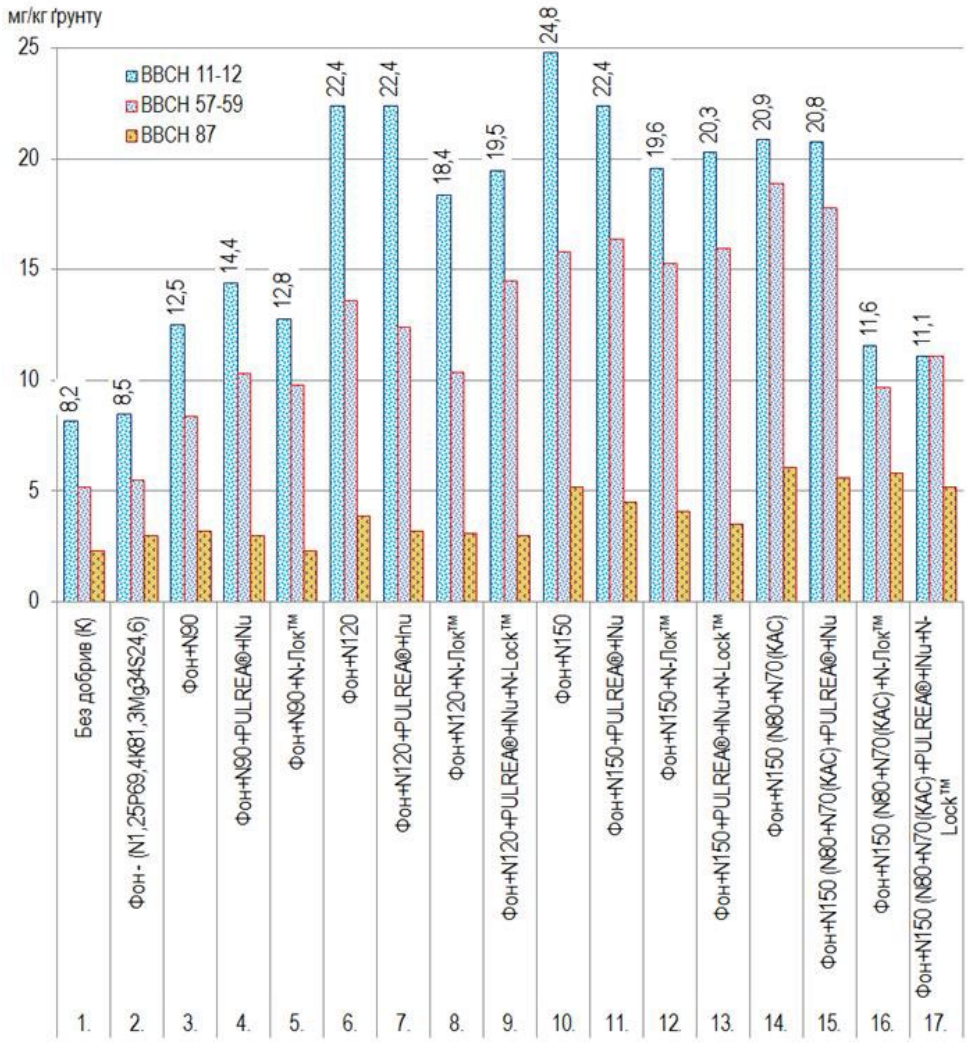


Рис. 4. Вплив норм азотного удобрення та дії інгібіторів уреази й нітрифікації на вміст нітратного азоту в орному (0–20 см) пласті ґрунту, мг/кг ґрунту (BBCH 11-12 – перший справжній листок; BBCH 57-59 – повна поява волоті; BBCH 87 – повна фізіологічна стиглість) ($p < 0,05$)

(рис. 6 А). Без інгібіторів підвищена концентрація нітратів була виявлена у фазі достигання кукурудзи (вар. 6, 10 і 14). Найвищий рівень нітратів у підорному горизонті у фазі викиду волоті виявлений у варіантів з дробленням норми удобрення та внесенням КАС 32 у міжряддя N_{70} без інгібіторів.

Ще менші ресурси нітратного азоту виявлені у горизонті 40–60 см (рис. 6 Б). Найвищий рівень на старті вегетації встановлений на варіанті разового внесення N_{150} – 8,2 мг/кг. Вплив двох інгібіторів, а також їх сумісного застосування є дуже виразним. Інгібітор уреази на малій нормі азоту N_{90} сприяв збільшенню кількості

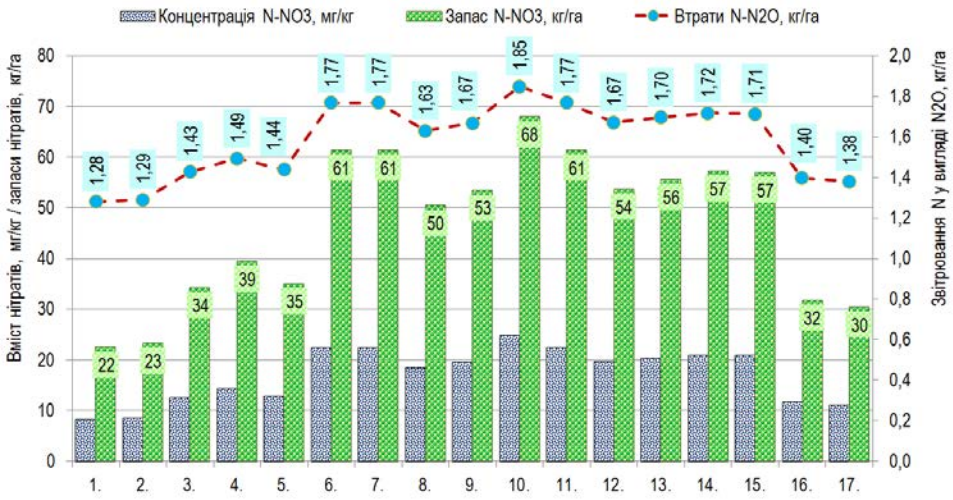


Рис. 5. Вплив запасів нітратного азоту та дії інгібіторів уреази й нітрифікації в орному (0–20 см) пласті ґрунту у фазі першого справжнього листочка (ВВСН 11-12) (p < 0,05) на потенційний річний обсяг звітрювання закису азоту (варіанти відповідають нумерації, показаній в табл. 1 і на рис. 4)

нітратів завдяки обмеженню звітрювання аміаку. Проте, поєднання добрива карбамід PULREA®+INu з нітрапірином – інгібітором нітрифікації, зменшило їх кількість до найнижчого з-поміж удобрених варіантів рівня 3,8 мг/кг ґрунту у фазі викиду волоті.

Підвищені і високі фони азотного удобрення ($N_{120-150}$) сприяли проникненню нітратів у глибинний горизонт. Отже, впевнюємося, що дія інгібіторів перетворення азоту позитивно впливає на обмеження проникнення нітратів у глибинний горизонт ґрунту.

Звітрювання аміаку від мікробного розкладання сечовини – вкрай небажаний процес, який не лише небезпечних для довкілля, а й збитковий при застосуванні азотних добрив. Інгібітор уреази, що присутній у карбаміді PULREA®+INu (вар. 4, 7, 11 і 15) зменшував звітрювання аміаку на старті вегетації на 12%, 7, 6 і 10% (рис. 7). Поєднання його з нітрапірином ще додатково заощаджувало аміак карбаміду в орному шарі. У фазі викиду волоті дія інгібіторів тривала і сприяла його найвищому у умісту 6,9 мг/кг ґрунту, зокрема, на варіантів 13 – фон+N_{150} PULREA®+INu+N-Lock™.

Розраховані за формулою (3) запаси амонійного азоту в ґрунті дозволили визначити потенційне звітрювання азоту у вигляді аміаку в атмосферу і його втрату для кукурудзи (рис. 8).

Збільшення норми удобрення азотом від 90 до 120 і 150 кг га поступово створювало більші запас УМОВИ и амонію в орному пласті, але цим самим спричиняло більші незворотні втрат азоту у формі NH_3. Інгібітор уреази в карбаміді PULREA®+INu стримував звітрювання аміаку на усіх трьох рівнях удобрення кукурудзи. Інгібітор уреази у складі карбаміду у поєднання зі стабілізатором нітратів сильний, але не більший стримувальний ефект стосовно звітрювання аміаку.

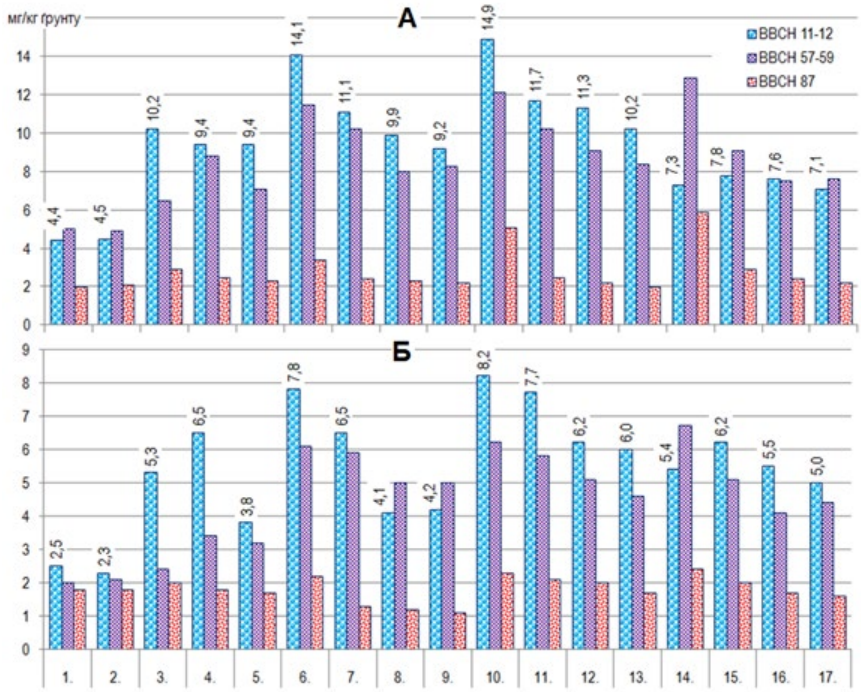


Рис. 6. Вплив норм азотного удобрення та дії інгібіторів уреази й нітрифікації на вміст нітратного азоту під орним (А – 20–40 см) та глибоким (Б – 40–60 см) пластом ґрунту, мг/кг ґрунту (BBCH 11-12 – перший справжній листок; BBCH 57-59 – повна поява волоті; BBCH 87 – повна фізіологічна стиглість) ($p < 0,05$) (варіанти відповідають нумерації, показаній в табл. 1 і на рис. 4)

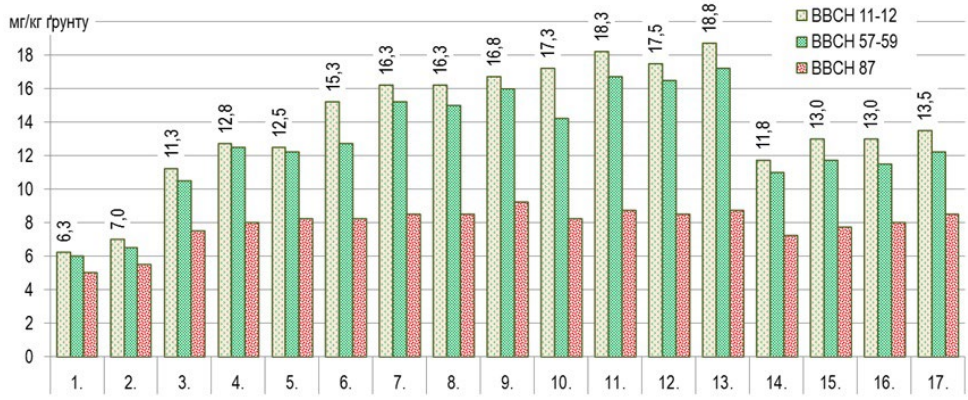


Рис. 7. Вплив норм азотного удобрення та дії інгібіторів уреази й нітрифікації на вміст амонійного азоту в орному (0–20 см) пласті ґрунту, мг/кг ґрунту (BBCH 11-12 – перший листок; BBCH 57-59 – повна поява волоті; BBCH 87 – фізіологічна стиглість) ($p < 0,05$) (варіанти відповідають нумерації, показаній в табл. 1 і на рис. 4)

Ґрунтові процеси амоніфікації та нітрифікації – інтегральна екологічна функція агроекосистем удобреного поля. Тому важливим є з'ясування зв'язків між перебігом закономірностей перетворення азотних сполук, привнесених з добривами у природних умовах погоди і властивостей ґрунту. Матриця кореляцій усіх досліджених змінних представлена у таблиці 2. Оскільки вибірка була достатньо великою (n = 17), мінімальний достовірний ($p < 0,05$) коефіцієнт кореляції був r = 0,50. Зауважимо, що достовірних обернених зв'язків у досліді не було. Отже, усі зміни показників мали позитивний прямий характер.

За застосування двох різних інгібіторів вони функціонують у поетапному регуляторному механізмі для регулювання запасів азоту. Спочатку інгібування уреази запобігає швидкому гідролізу сечовини на аміак, стримуючи швидкі зміни pH та запобігаючи втратам леткого аміаку.

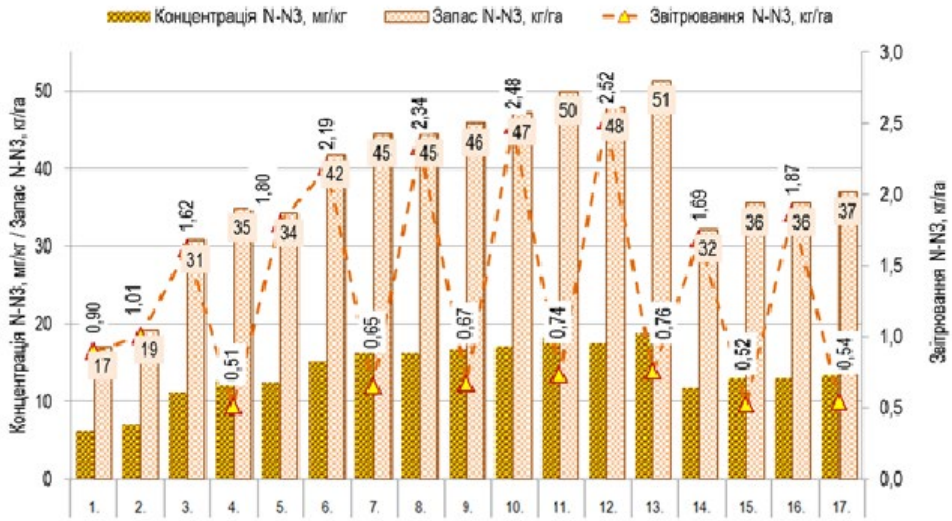


Рис. 8. Вплив запасів амонійного азоту та дії інгібіторів уреази й нітрифікації в орному (0–20 см) пласті ґрунту у фазі першого справжнього листочка (BBCH 11-12) ($p < 0,05$) на потенційний річний обсяг звітрювання аміаку (варіанти відповідають нумерації, показаній в табл. 1 і на рис. 4)

Інгібування нітрифікації тимчасово пригнічує біотичне окиснення амонію (NH^{4+}) до нітратів (NO^{3-}). Синергія у тому, що одночасно утримується азоту у різних формах, уповільнюється початкове перетворення сечовини, стабілізується загальний запас доступного азоту, гальмується його перетворенню на нітрати, які схильні до вимивання в ґрунтові води та звітрювання газоподібних форм у вигляді газів (N_2O, NH_3, N_2).

Поєднання двох інгібіторів може зменшувати загальне вимивання азоту на 20–45% та обмежити емісію газоподібного закису азоту більш, ніж на 50% порівняно з використанням простої сечовини або застосування одного інгібітора нітратів [25; 26].

Вміст доступних форм азоту залежить від мікробної активності ґрунту у сприятливих умовах і є визначальним для накопичення нітратів та збереження амонію у ризосфері упродовж усієї вегетації. Нітрати та амоній у ґрунті циркулюють

практично паралельно. Нітрати в орному шарі фактично визначають їх концентрації у підорному (20–40 см) та глибинному (40–60 см) горизонтах упродовж всієї вегетації. Встановлена лінійна регресія (рис. 9) вмісту нітратів на глибині 40–60 см (r = 0,70) під впливом запасу амонійного азоту в орному шарі ґрунту у фазі викиду волоті (ВВСН 57-59).

Збільшення доступних форм азоту в орному шарі спричинене внесенням азотних добрив (рис. 10) і описується цей зв'язок лінійною регресією, де коефіцієнти кореляції є високими (у фазі першого листка r = 0,72 на глибині 0–20 см – рис 10 А; у фазі викиду волоті r = 0,81 – рис. 10 Б). Підвищення ресурсів азоту в ґрунті завдяки збільшенню норм внесення азотних добрив $N_{0\text{-}1,2\text{-}90\text{-}120\text{-}150}$ дуже позитивно відображається на врожайності зерна кукурудзи (рис. 11).

Таблиця 2

Кореляції показників вмісту нітратної та амонійної форм азоту в ґрунті у фази першого листочка, викиду волоті, дозрівання зерна та рівня врожаю кукурудзи зернової, ±r (n = 17; r = 0,48 – найменший достовірний коефіцієнт кореляції)

Показники / Показник		$N_{нітр.}$ – 0-20 см			$N_{нітр.}$ – 20-40 см			$N_{нітр.}$ – 40-60 см			$N_{ам.}$ – 0-20 см		
		ВВСН 11-12	**ВВСН 57-59**	**ВВСН 87**	**ВВСН 11-12**	**ВВСН 57-59**	**ВВСН 87**	**ВВСН 11-12**	**ВВСН 57-59**	**ВВСН 87**	**ВВСН 11-12**	**ВВСН 57-59**	**ВВСН 87**
$N_{нітр.}$ – 0-20 см	ВВСН 57-59	**0,86**	X	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	ВВСН 87	0,26	**0,59**	X	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$N_{нітр.}$ – 20-40 см	ВВСН 11-12	**0,77**	**0,50**	0,02	X	–	–	–	–	–	–	–	–
	ВВСН 57-59	**0,87**	**0,83**	0,41	**0,67**	X	–	–	–	–	–	–	–
	ВВСН 87	0,47	**0,52**	0,31	0,30	**0,75**	X	–	–	–	–	–	–
$N_{нітр.}$ – 40-60 см	ВВСН 11-12	**0,77**	**0,68**	0,40	**0,83**	**0,80**	0,42	X	–	–	–	–	–
	ВВСН 57-59	**0,90**	**0,86**	**0,48**	**0,62**	**0,93**	**0,56**	**0,71**	X	–	–	–	–
	ВВСН 87	**0,59**	0,40	-0,05	**0,53**	**0,72**	**0,69**	**0,51**	**0,53**	X	–	–	–
$N_{ам.}$ – 0-20 см	ВВСН 11-12	**0,79**	**0,69**	0,28	**0,78**	**0,59**	0,05	**0,69**	**0,72**	0,17	X	–	–
	ВВСН 57-59	**0,74**	**0,66**	0,24	**0,70**	**0,52**	-0,04	**0,60**	**0,65**	0,14	**0,98**	X	–
	ВВСН 87	0,62	0,60	0,40	**0,68**	**0,50**	-0,02	**0,59**	**0,62**	0,08	**0,91**	**0,92**	X
Урожай 2024 р.		**0,70**	**0,80**	**0,70**	**0,57**	**0,67**	0,24	0,68	0,77	0,17	0,86	0,84	0,90

Лінійна кореляція з коефіцієнтом r = 0,97 підтверджує дуже сильну залежність продуктивності культури від підвищення норм внесення карбаміду, які своєю чергою, збагачуючи ґрунт як загалом азотом, так і його поживними формами – нітратною та амонійною у ті ж фази (рис. 12 А – r = 0,70 рис. 12 Б – r = 0,80).

Створення графічних 3В-моделей регресії за допомогою Statistica 12.0 на підставі тісних парних зв'язків та реалізація математичних поліноміальних рівнянь

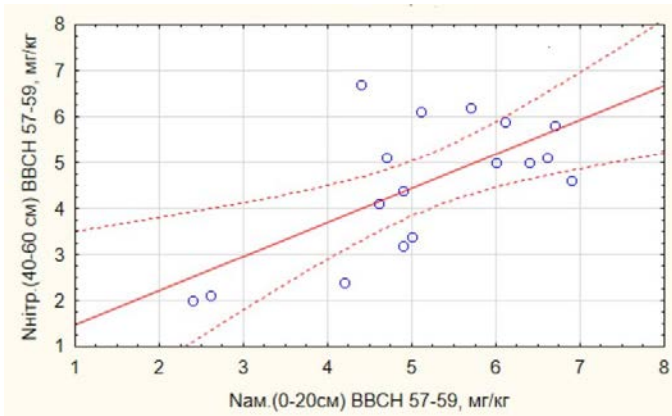
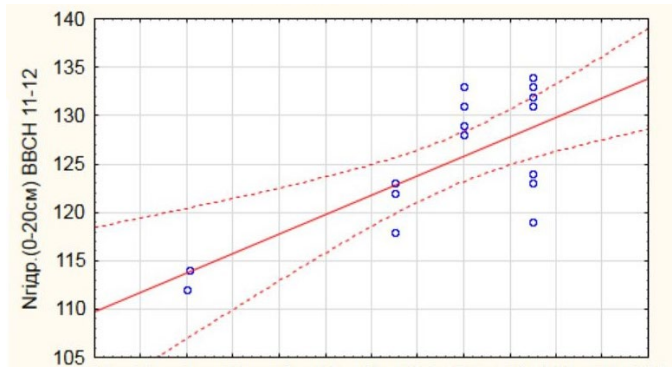
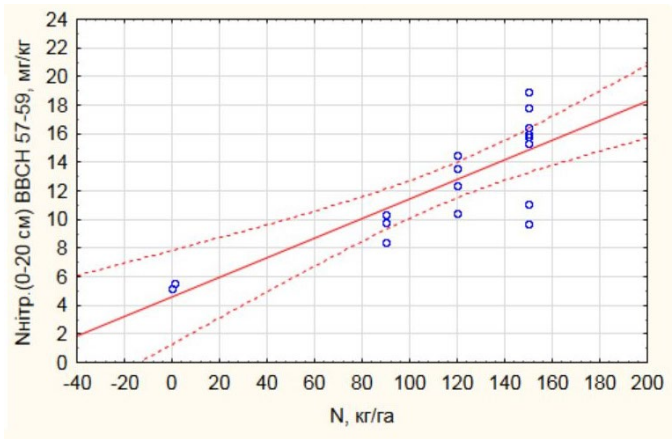


Рис. 9. Регресія вмісту нітратів на глибині 40–60 см (r = 0,70) під впливом запасу амонійного азоту в орному шарі ґрунту у фазі викиду волоті (BBCH 57-59)



А



Б

Рис. 10. Регресія вмісту легкогідролізного азоту в орному шарі ґрунту у фазі першого листочка (А: r = 0,72, BBCH 11-12) та нітратного у фазі викиду волоті у кукурудзи (Б: r = 0,81, BBCH 57-59) під впливом збільшення норми азотних добрив $N_{0\text{-}1,2\text{-}90\text{-}120\text{-}150}$

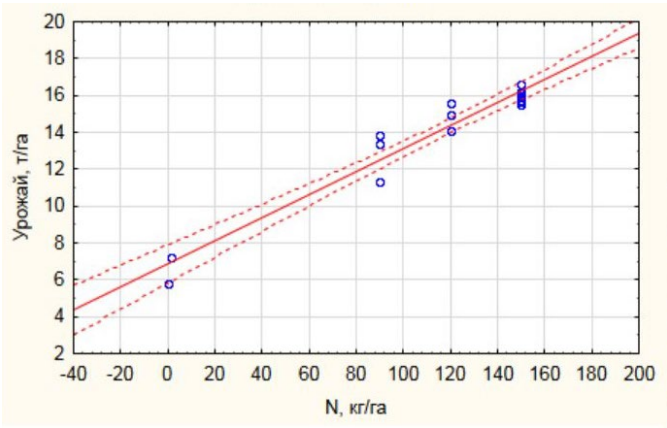


Рис. 11. Регресія урожайності зерна кукурудзи 2024 року залежно від збільшення норми внесеного з добривами азоту $N_{0\text{-}1,2\text{-}90\text{-}120\text{-}150}$

дає уяву про синергію впливів двох важливих факторів врожаю. На рисунку 13 представлена лінійна (А) та нелінійна (Б) теоретичні площини підвищення врожаю під впливом ресурсів нітратного азоту та амонійного азоту у фазі викиду волоті. Що підказують коефіцієнти лінійної математичної моделі (рис. 13 А):

$$\text{Урожай, т/га} = 3{,}068+0{,}330\times x+1{,}341\times y, \quad (4)$$

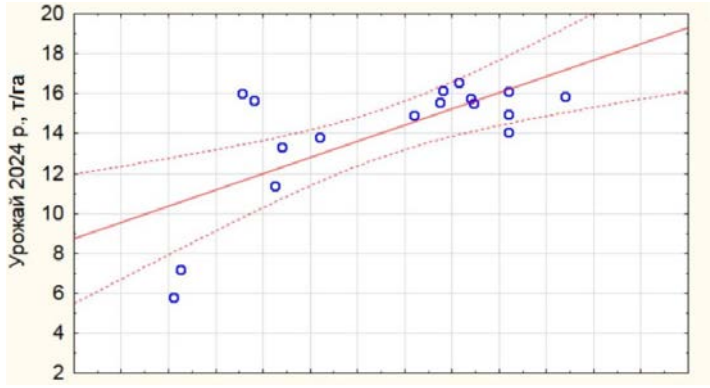
де: x – вміст нітратного азоту, мг/кг ґрунту;
y – вміст амонійного азоту, мг/кг ґрунту.

Коефіцієнт регресії при нітратному азоті (0,330) свідчить, що зі збільшенням його вмісту на 1 мг/кг урожай зростає в середньому на 0,33 т/га за незмінного рівня іншого фактора. Коефіцієнт при амонійному азоті (1,341) є майже у 4 рази більшим, ніж для нітратного азоту. Це означає, що збільшення вмісту цієї форми азоту на 1 мг/кг супроводжується підвищенням урожайності приблизно на 1,34 т/га, тобто цей показник має значно сильніший вплив на формування врожаю. Проте, взаємодія форм азоту у впливі на врожайність кукурудзи має складний – нелінійний характер, який точніше показаний на рисунку 13 Б.

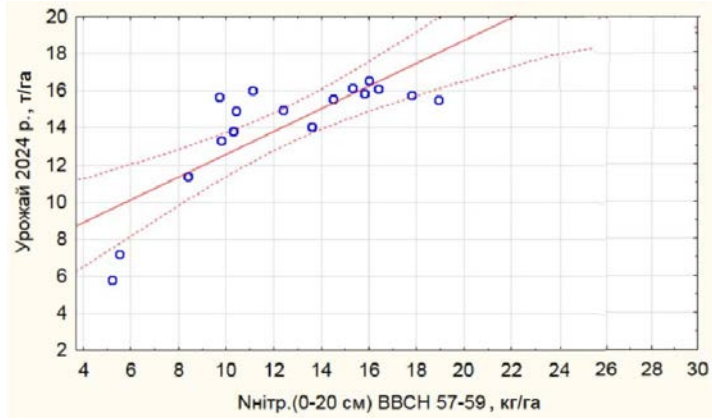
Урожай зерна гібриду Pioneer P8834 2024 року був вищим, ніж 2025 року, оскільки погода більше сприяла росту й розвитку рослин (табл. 3). На контролі він становив 5,8 і 5,6 т/га, що підтверджує високу родючість ґрунту дослідному полі та потужний потенціал гібрида. Фосфорно-калійний фон і рядкове удобрення під час сівби $N_{1,25}P_{69,4}K_{81,3}Mg_{34}S_{24,6}$ позитивно вплинули на врожай: 2024 та 2025 року прибавка становила 1,4 т.

Мала норма азоту N_{90} сприяла підвищенню врожаю на 5,6–5,5 т/га. Використання збагаченого інгібітором уреази карбаміду в обидва роки забезпечило додаткових 2,4 т/га зерна, а стабілізатор нітрифікації дещо поступався в ефективності. Нітрапірин для максимальної дії потребує більше тепла і вологи, ніж були в квітні в обидва роки. Вагомо додало урожаєм зерна збільшення норми азоту до N_{120} – 2,7–2,8 т/га.

Застосування карбаміду PULREA®+INu, або звичайного карбаміду в комплексі з нітрапірином дало однаково позитивний результат – прибавка зерна становила



А



Б

Рис. 12. Залежність врожаю зерна кукурудзи від нітратного азоту в орному шарі ґрунту у фазі першого листочка (А: r = 0,70, ВВСН 11-12) та у фазі викиду волоті (Б: r = 0,80, ВВСН 57-59)

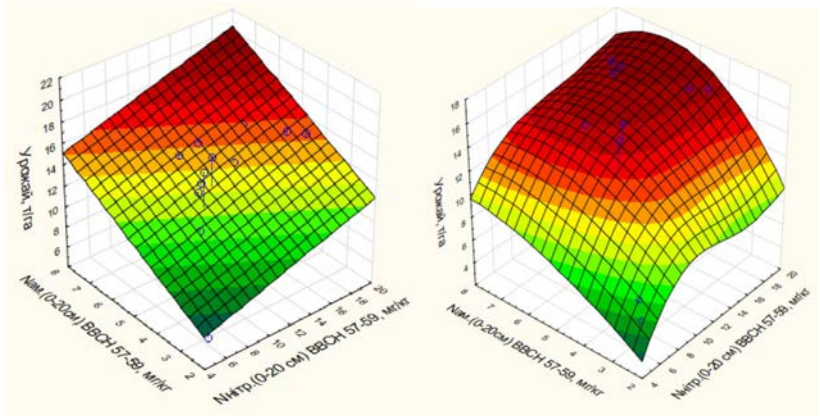


Рис. 13. Теоретичні площини регресії врожаю від основних форм доступного азоту у темно-сірому опідзоленому ґрунті за різних систем удобрення кукурудзи: А – спрощена лінійна регресія; Б – складна поліноміальна регресія

3,5–3,6 т/га порівняно з нормою N_{90}. Проте, поєднання карбаміду з інгібітором уреази та нітрапірином забезпечили 4,1–4,2 т/га прибавки зерна.

Таблиця 3

Вплив систем регулювання азотного живлення кукурудзи мінеральним добривом і стабілізаторами мікробної активності ґрунту на відхилення урожаю зерна відносно норм удобрення N_{90-120} без використання інгібіторів

№ вар.	Зміст варіанту	2024 р.	± до N_{90}	± до N_{120}	2025 р.	± до N_{90}	± до N_{120}
1	Без добрив (К)	5,8	-5,6	-8,3	5,6	-5,5	-8,3
2	Фон - (N1,25P69,4K81,3 Mg34S24,6)	7,2	-4,2	-6,9	7,0	-4,1	-6,9
3	Фон+N90	11,4	0,0	-2,7	11,1	0,0	-2,9
4	Фон+N90+PULREA®+INu	13,8	2,4	-0,3	13,5	2,4	-0,4
5	Фон+N90+ N-Lock™	13,3	1,9	-0,8	12,7	1,6	-1,2
6	Фон+N120	14,1	2,7	0,0	13,9	2,8	0,0
7	Фон+N120+PULREA®+Inu	15,0	3,6	0,9	14,7	3,6	0,8
8	Фон+N120+ N-Lock™	14,9	3,5	0,8	14,7	3,6	0,8
9	Фон+N120+PULREA® +INu+N-Lock™	15,6	4,2	1,5	15,2	4,1	1,3
10	Фон+N150	15,9	4,5	1,8	15,3	4,2	1,4
11	Фон+N150+PULREA®+INu	16,1	4,7	2,0	15,8	4,7	1,9
12	Фон+N150+ N-Lock™	16,2	4,8	2,1	16,0	4,9	2,1
13	Фон+N150+PULREA® +INu+N-Lock™	16,6	5,2	2,5	16,3	5,2	2,4
14	Фон+N150 (N80+N70(КАС)	13,8	2,7	-0,2	15,5	4,1	1,4
15	Фон+N150 (N80+N70(КАС)+PULREA®+INu	14,6	3,5	0,7	15,8	4,4	1,7
16	Фон+N150 (N80+N70(КАС) + N-Lock™	14,5	3,4	0,6	15,7	4,3	1,6
17	Фон+N150 (N80+N70(КАС)+PULREA® +INu+N-Lock™	14,9	3,8	0,9	16,0	4,6	1,9
$НІР_{05}$ абс. (т/га) / відн. (%)		0,43 / 3,05			0,39 / 2,90		

За внесення під кукурудзу N_{150} було зібрано на 1,8 (2024 р.) та 1,4 (2025 р.) т/га зерна більше, ніж за норми N_{90}. За найвищої норми удобрення азотом поєднання інгібіторів N-STAB та N-Lock™ забезпечило найвищий врожай зерна в досліді – 16,6 т/га 2024 року та 16,3 т/га 2025 року. На дерново-карбонатному піщанисто-легкосуглинковому ґрунті Малого Полісся гібрид кукурудзи Pioneer P9071 за внесення $N_{150}P_{40}K_{40}$ забезпечив врожайність зерна 13,3 т/га, але без стабілізаторів азоту [27].

Поділ норми азотного добрива на N_{80} на основне внесення та прикореневе підживлення N_{70} у фазі 6–8 листків у формі КАС 32 поступався в ефективності одноразовому внесенню азоту та дії інгібіторів 2024 року. 2025 рік виявився сприятливішим для міжрядного підживлення, вірогідно, через інтенсивніше зволожений

та холодніший червень і липень порівняно з 2024 роком. Дія інгібіторів 2025 року за підживлення КАС 32 була помітно ефективнішою, порівняно з посушливим упродовж червня 2024 роком. Міжрядне розпушування 2024 року вкрай негативно позначилося на подальшому рості й розвитку кукурудзи.

Збільшення норми азотного удобрення до N_{120} не дало стрімкого підвищення врожаю, але застосування карбаміду з уреазою забезпечило кращого 2024 року його рівень 15,0 т/га, поєднання простого карбаміду з нітрапірином забезпечило практично рівний результат. Проте на нормі N_{120} бачимо синергічну позитивну дію поєднання карбаміду з уреазою та додатковим внесення нітрапірину під передпосівну культивацію. Отримано врожай 15,6 т/га, що приблизно рівний врожаю за подальшого збільшення норми внесення азоту до N_{150} – 15,9 т/га.

Найбільший позитивний ефект від стабілізації амонійної та нітратної форм азоту бачимо на нормі удобрення кукурудзи на рівні N_{150}. Кращого 2024 року інгібітори сприяли максимальній врожайності як кожен окрема, так і в поєднанні, де досягнуто рівня 16,6 т/га зерна. Дроблення норми азоту на дві дози з метою підживлення КАС у міжрядну культивацію не дало значного позитивного ефекту 2024 року, хоча стабілізація азоту відразу обома інгібіторами все ж забезпечило 16,0 т зерна з гектара 2025 року.

За висновками G. Sneha et al. [28] вплив поєднання застосування інгібіторів уреази та інгібіторів нітрифікації значно покращувало запаси азоту в ґрунті. У той час як інгібітори уреази стримують гідроліз сечовини, інгібітори нітрифікації запобігають перетворенню амонію на високомобільні нітрати. Разом вони подовжують доступність азоту, зменшують вимивання та газоподібні викиди його сполук, а також збільшують поглинання ключового поживного елемента рослинами [29].

Висновки. Застосування інгібіторів N-STAB (NBPT – n-бутилтіофосфортриамід) та N-Lock™ Макс (нітрапірин – 2-хлор-6-(трихлорметил) піридин) як самостійно, так і поєднанні на фонах азоту від N_{90}, до N_{120} і N_{150} вагомо зменшували концентрацію нітратів в орному шарі ґрунту у фазах як першого справжнього листка кукурудзи (BBCH 11-12), так і за повної появи волоті (BBCH 57-59). Сам нітрапірин найбільше зменшував концентрацію нітратів у фазі першого листка (на 4,0–5,2 мг/кг ґрунту).

У підорному (20–40 см) пласті максимальні рівні нітратів виявлені за систем удобрення N_{90}, N_{120} та N_{150} без використання стабілізаторів азоту – 10,2, 14,1 і 14,9 мг/кг відповідно. Але нітратів було відповідно на 2,3, 10,3 і 9,9 мг/кг ґрунту менше, ніж в орному (0–20 см). На глибі 40–60 см нітратів виявлено дуже мало, але в цьому пласті найвиразніше видно дію стабілізаторів азоту на усіх фонах азотного удобрення, особливо у фазі стиглості зерна.

Збільшення норми азоту від N_{90} до N_{120} і N_{150} збагачує орний шар ґрунту амонійною формою елемента на 5,0–12,5 мг/кг. Інгібітор уреази N-STAB у складі карбаміду стримує уролітичну дію мікробіоти і підвищує його вміст від 1,5 за мінімальної норми 5,5 мг/кг на максимальній нормі удобрення. Сумісне застосування нітрапірину посилює цей ефект.

Розрахунок втрат азоту від звітрювання закису елемента залежно від запасу нітратів у ґрунті свідчать, що стабілізатори азотистих сполук зменшують його емісії від 1,77–1,85 кг/га на високих нормах $N_{120\text{-}150}$ до 1,63–1,67 кг/га.

Розрахунок потенційного звітрювання аміаку від його запасу в ґрунті свідчить, що застосування карбаміду, збагаченого інгібітором N-STAB практично втричі зменшує газоподібні втрати цієї форми поживної речовини в атмосферу.

Статистичне і графічне моделювання закономірностей впливу мінеральних сполук азоту підтвердило однаково вагомий вплив нітратів та амонійного азоту на рівень врожаю зерна кукурудзи. Лінійна модель регресії показала, що зі збільшенням вмісту нітратів на 1 мг/кг урожай зростає в середньому на 0,33 т/га.

Збільшення вмісту амонійної форми азоту на 1 мг/кг супроводжується підвищенням урожайності приблизно на 1,34 т/га. Проте, взаємодія форм азоту у впливі на врожайність кукурудзи має складний нелінійний характер за позитивної синергії.

Найкращий результат за різних систем удобрення отриманий за внесення N_{150} у формі карбаміду PULREA®+INu з обприскування ґрунту нітрапірином перед сівбою. Врожай зерна був на рівні 16,6 т/га 2024 року, та 16,3 т/га 2025 року, що на 10,8 та 10,7 т/га більше, ніж на неудобреному контролі. Інгібітори окремо та у поєднанні дієвіше впливали на рівень врожаю за підвищеної (N_{120}) та високої (N_{150}) норми азоту.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Авторський внесок: **Ю.В. Піцик** – забезпечення ресурсами та обладнанням; проведення експерименту та збирання даних; аналіз даних; графічне представлення результатів; підготовка рукопису; **П.С. Гнатів –** наукове керівництво; визначення концепції дослідження; підбір методів дослідження; розробка програмного забезпечення; перегляд і редагування рукопису.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Zhou M. & Butterbach-Bahl K. Assessment of nitrate leaching loss on a yield-scaled basis from maize and wheat cropping systems. *Plant Soil.* 2014. 374: 977–991. doi.org/10.1007/s11104-013-1876-9
2. Anthropogenic Global Shifts in Biospheric N and P Concentrations and Ratios and Their Impacts on Biodiversity, Ecosystem Productivity, Food Security, and Human Health / Peñuelas J. et al., Hoboken, Wiley. 2020. 24 p. doi.org/10.1111/GCB.14981
3. Wolt J. D. A meta-evaluation of nitrapyrin agronomic and environmental effectiveness with emphasis on corn production in the Midwestern USA. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 2004. 69: 23-41
4. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив кукурудзою. *Збірник наукових праць Уманського НУС.* 2019. Вип. 95, ч. 1. С. 76–89. DOI: 10.31395/2415-8240-2019-95-1-76-89
5. Li C., Hu H., Chen Q., Chen D. & He J. Comammox *Nitrospira* play an active role in nitrification of agricultural soils amended with nitrogen fertilizers. *Soil Biol Biochem*. 2019. 138:107609. doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107609
6. Шестак В. Г., Гнатів П. С., Іванюк В. Я. Азотне удобрення і стабілізація нітрифікації : наукова монографія. Львів, 2006, 2023. 172 с.
7. Lei J., Fan Q., Yu J., Ma Y., Yin J. & Liu R. A meta-analysis to examine whether nitrification inhibitors work through selectively inhibiting ammonia-oxidizing bacteria. *Front Microbiol*. 2022. 13: 962146. doi.org/10.3389/fmicb.2022.962146
8. Sigurdarson J. J., Svane S. & Karring H. The molecular processes of urea hydrolysis in relation to ammonia emissions from agriculture. *Rev Environ Sci Biotechnol.* 2018. 17: 241–258. doi.org/10.1007/s11157-018-9466-1
9. Bouwman A. F., Bouwman L. J. M. & Batjes N. H. Emissions of N_2O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data. *Global Biogeochem Cycles*, 2002. 16(4): 1058. doi: 10.1029/2001GB001811.
10. Chen Z. M., Wang Q., Zhao J., Chen Y. D., Wang H. Y., Ma J. W., Zou P. & Bao L. Restricted nitrous oxide emissions by ammonia oxidizers in two agricultural soils following excessive urea fertilization. J. Soil Sediment, 2020. 20(3): 1502-1512. doi:10.1007/s11368-019-02479-0.
11. Cheng L., Chen X., Lu D. & Wang H. Long-acting mechanisms of concentrated urea application — High urea concentrations are biological inhibitors. *Applied Soil Ecology.* 2023. V. 182, February 2023, 104723. doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104723
12. Thapa R., Chatterjee A., Awale R., McGranahan D. A. & Daigh A. Effect of enhanced efficiency fertilizers on nitrous oxide emissions and crop yields: a meta-analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2016. 80: 1121-1134. doi.org/10.2136/sssaj2016.06.0179
13. Qiao C., Liu L., Hu S., Compton J. E., Greaver T. L. & Li Q. How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. Glob Change Biol. 2014. 21: 1249–1257. doi.org/10.1111/gcb.12802

14. Feng J., Li F., Deng A., Feng X., Fang F. & Zhang W. Integrated assessment of the impact of enhanced-efficiency nitrogen fertilizer on N_2O emission and crop yield. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2016. 231: 218-228.

15. Farming the Future: Agriculture and climate change on the Canadian Prairies / Laforge J, Corkal V, Cosbey A. Winnipeg, Manitoba, Canada. The International Institute for Sustainable Development. 2021 : веб-сайт. URL: https://www.iisd.org/system/files/2021-11/farming-future-agriculture-climate-change-canadian-prairies.pdf. (дата звернення: 12.07.2026).

16. Nature & Agriculture. 28 May 2026. Commission's Nitrates Directive weakening draws EU watchdog scrutiny in broader maladministration case. : веб-сайт. URL: https://eeb.org/en/commissions-nitrates-directive-weakening-draws-eu-watchdog-scrutiny-in-broader-maladministration-case/ (дата звернення: 05.06.2026).

17. Zhang Y. Y., Wang W. J. & Yao H. Y. Urea-based nitrogen fertilization in agriculture: a key source of N_2O emissions and recent development in mitigating strategies. *Arch. Agron. Soil Sci.* 2022. Doi:10.1080/03650340.2022.2025588

18. Основи наукових досліджень в агрономії / Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Вінниця, 2014. 332 с.

19. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення : керівний нормативний документ / Яцук І. П., Балюк С. А. Київ, 2019. 108 с.

20. Гнатів П. С., Стасів О. Ф. Системний аналіз та агроекосистеми: наукова монографія. Оброшине: ІСГ КР НААН, 2025. 412 с.

21. Гнатів П. С., Піцик Ю. В., Іванюк В. Я., Качмар О. Й., Щерба М. М. Властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту і точне рільництво. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2025. Вип. 78(2): 7-19. Doi: 10.32636/01308521. 2025-(78)-2-1

22. Короткова І. В., Біднина В. Ю. Вплив азотних добрив та інгібіторів нітрифікації на вміст азоту в ґрунті при вирощуванні кукурудзи. Таврійський науковий вісник. *Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво.* 2024. 135(1): 98-105. Doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.13

23. Чайка О. В., Левченко С. О. Вплив інгібітора нітрифікації DMPP на процеси розподілу азоту в ґрунті. *Вісник аграрної науки.* 2024, № 4(853): 53-59. Том 102, № 4. Doi.org/10.31073/agrovisnyk202404-08

24. Kemmann B., Brokötter J., Götze H., Kelsch A., Frößl J., Riesch S., Heinemann P., Kukowski S., Pacholski A., & Flessa H. Ammonia emissions from urea fertilization – Multi-annual micrometeorological measurements across Germany. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2025, Vol. 381, 109416. https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109416

25. Pacholski K. N. A. & Kage A. H. 2014. Ammonia volatilization after application of urea to winter wheat over 3 years affected by novel urease and nitrification inhibitors. Agric. Ecosyst. Environ., 197 (2014), pp. 184-194, Doi:10.1016/j.agee.2014.08.007.

26. Іванюк В., Гнатів П., Оліфір Ю. Вплив азотних добрив на формування врожаю зерна кукурудзи й ефективність використання азоту. *Вісник ЛНУП. Агрономія* 2022, 26: 170-176. Doi.org/10.31734/agronomy2022.26.170

27. Sneha G., Sibel Y., Benjamin A., Uta W. & Ute R. Deciphering the Interactions in the Root–Soil Nexus Caused by Urease and Nitrification Inhibitors. *Agronomy*. 2023, 13(6): 1603. doi.org/10.3390/agronomy13061603

28. Jiang R., Yang J. & Drury C. F et al. Modelling the impacts of inhibitors and fertilizer placement on maize yield and ammonia, nitrous oxide and nitrate leaching losses in southwestern Ontario, Canada. *Journal of Cleaner Production*. 2023. 384, 135511. Doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135511

Дата першого надходження статті до видання: 04.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.174:631.5
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.24

ВПЛИВ АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА РОЗВИТОК ХВОРОБ У ПОСІВАХ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО

Правдива Л.А. *– д.с.-г.н., доцент,*
професор кафедри рослинництва та цифрових технологій в агрономії,
Білоцерківський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-5510-3934
Вахній С.П. *– д.с.-г.н., професор,*
професор кафедри рослинництва та цифрових технологій в агрономії,
Білоцерківський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-3460-9493
Атаманюк О.М. *– к.с.-г.н., ст. дослідник,*
завідувач лабораторії технологій вирощування біоенергетичних культур,
агроекомоніторингу, проблем землеробства та агрохімічних досліджень
в зоні Центрального Лісостепу України,
Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур
і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-8327-3298

В умовах змін клімату в Правобережному Лісостепу України зростає роль адаптивних і посухостійких культур, зокрема сорго звичайного двокольорового (Sorghum bicolor (L.) Moench). Проте реалізація його високого потенціалу продуктивності суттєво обмежується патогенним комплексом, розвиток якого тісно пов'язаний із гідротермічним фактором та елементами технології вирощування. У досліді вивчали впливу абіотичних факторів (температури, вологості за ГТК) та елементів технології вирощування (строків сівби й глибини загортання насіння) на динамікум прояву, поширення та розвитку хвороб у посівах сорго.

Польові дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. на Білоцерківській дослідно-селекційній станції ІБКіЦБ НААН на чорноземах типових. Схема досліду передбачала вивчення трьох строків сівби і чотирьох варіантів глибини загортання насіння Встановлено, що переважаючими мікозами в посівах культури було пліснявіння насіння, антракноз, летюча сажка та іржа. Визначено, що погодні умови вегетації (за показником ГТК) виступають домінуючим фактором формування видового спектра патогенів. В умовах слабкої посухи (2023, 2025 рр.) рослини сорго сильніше уражувалися антракнозом, летючою сажкою та іржою. Доведено, що ранні строки сівби у непрогрітий ґрунт (5–6°С) та надмірне заглиблення насіння (6–8 см) призводять до подовження періоду сходів і збільшують розвиток пліснявіння насіння до 20 %, а також стимулюють розвиток антракнозу й іржі через початковий стресовий стан рослин. Оптимізація строків сівби (прогрівання ґрунту до 12–16°С) та загортання насіння на глибину 4–6 см істотно покращує фітосанітарний стан посівів.

Узагальнено закономірності розвитку інфекційних патологій сорго під дією кліматичних та технологічних факторів в умовах Правобережного Лісостепу. Результати є основою для вдосконалення екологічно безпечних інтегрованих систем захисту культури від комплексу хвороб.

Ключові слова: *сорго звичайне двокольорове, абіотичні фактори, строки сівби, глибина загортання насіння, грибні хвороби.*

© Правдива Л.А., Вахній С.П., Атаманюк О.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Pravdyva L.A., Vakhnii S.P., Atamanyuk O.M. Influence of abiotic factors and elements of growing technology on the development of diseases in sorghum bicolor crops

In the conditions of climate change in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, the role of adaptive and drought-resistant crops is increasing, in particular, common bicolor sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench). However, the pathogenic complex, the development of which is closely related to the hydrothermal factor and elements of cultivation technology, significantly limits the realization of its high productivity potential. The experiment studied the influence of abiotic factors (temperature, humidity according to the Selyaninov hydrothermal coefficient) and elements of cultivation technology (sowing time and seed wrapping depth) on the dynamics of the manifestation, spread and development of diseases in sorghum crops.

Field studies were conducted during 2023–2025 at the Bila Tserkva Research and Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Sciences of Ukraine on typical chernozems. The experimental design involved the study of three sowing dates and four options for the depth of seed embedding. It was found that the predominant mycoses in the crop were seed mold, anthracnose, sooty mold, and rust. It was determined that the weather conditions of the vegetation (according to the Selyaninov hydrothermal coefficient) are the dominant factor in the formation of the species spectrum of pathogens. In conditions of mild drought (2023, 2025), sorghum plants were more severely affected by anthracnose, sooty mold, and rust. It was proven that early sowing dates in unheated soil (5–6°C) and excessive seed deepening (6–8 cm) lead to a prolongation of the germination period and increase the development of seed mold by up to 20%, and also stimulate the development of anthracnose and rust due to the initial stress state of the plants. Optimization of sowing dates (soil warming to 12–16°C) and seed wrapping to a depth of 4–6 cm significantly improves the phytosanitary condition of crops.

The patterns of development of infectious pathologies of sorghum under the influence of climatic and technological factors in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe are summarized. The results are the basis for improving environmentally safe integrated systems for protecting crops from a complex of diseases.

Key words: *sorghum bicolor, abiotic factors, sowing dates, seed wrapping depth, fungal diseases.*

Постановка проблеми. В умовах екологізації землеробства та змін клімату, а саме зростання середньорічних температур, тривалі періоди посух й нерівномірне випадання опадів змушує виробничників переглядати структуру посівних площ на користь посухостійких культур [1].

Сорго звичайне двокольорове (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) є однією з найбільш посухостійких та жаростійких перспективних культур та має виняткову адаптивність до природних стресів. Однак реалізація його потенціалу продуктивності значно обмежується фітопатогенним комплексом. Відповідно інтенсифікація вирощування сорго звичайного двокольорового, порушення чергування культур в сівозміні та мінімізація обробітку ґрунту призводять до погіршення фітосанітарного стану посівів [2, 3].

Абіотичні фактори є потужними регуляторами епіфітотійного процесу, визначаючи характер розвитку інфекцій та темпи поширення. Вони можуть пригнічувати або стимулювати життєдіяльність патогенів, а також змінювати структурно-функціональні бар'єрні властивості рослин-живителів, підвищуючи їхню стійкість до інфекції – від стану підвищеної сприйнятливості до формування ефективної системи захисту. При цьому характер такого впливу не підпорядковується густоті або чисельності популяцій організмів у біоценозі [4].

Тому враховуючи цінність сорго звичайного двокольорового актуальним є вивчення абіотичних чинників та елементів технології вирощування на динаміку розвитку хвороб у посівах, що впливатиме формування врожайності та якості зерна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ґрунтово-кліматичні умови мають істотний вплив на всіх етапах розвитку хвороб рослин: поширення збудника,

зараження, перебіг захворювання тощо. Найбільше впливає температура та вологість повітря, роса, опади, найменший вплив має світло [5].

Досліджено, що для виробництва сорго в світі грибкові хвороби становлять значну проблему. Вони спричиняють значні втрати врожаю, а також негативно впливають на якість зібраного зерна. Втрати врожаю внаслідок грибкових інфекцій можуть коливатися від 10 до 30 %, з деякими випадками повної втрати врожаю під впливом сильного захворювання [6, 7]. Характер і ступінь пошкодження, спричиненого грибковими хворобами, залежать від певних факторів, включаючи конкретний грибковий патоген, сприйнятливість сорту сорго, умови навколишнього середовища, а також період і ступінь ураження та початку захворювання [8].

Деякі з найбільш шкідливих грибкових хвороб сорго включають антракноз, зернову плісняву, сажкові хвороби, несправжню борошнисту росу та іржу [9].

Антракноз, спричинений *Colletotrichum spp*., особливо *Colletotrichum sublineolum*, може спричинити значні втрати врожаю. Пліснява зерна, спричинена комплексом грибів, включаючи *Fusarium spp*., та фітофтороз, спричинений *Curvularia spp*., в першу чергу впливають на якість зерна, знижуючи як його харчову цінність, так і товарність, а також призводить до зрідження посівів, спостерігається за ранніх строків сівби в непрогрітий грунт у період з холодною затяжною весною [10]. Збудник *Macrophomina phaseolina*, призводить до стеблової гнилі. Кореневі і стеблові гнилі – уражуються корені і основа стебла набуваючи темно-коричневого або бурого кольору. Відбувається полягання і відмирання рослин, що може значно знизити врожайність, особливо в умовах посухи та високих температур [11].

Летюча сажка (збудник *Sporisorium sorghi*) – уражує на волоті не лише зерно, а й плівки та інші частини. Замість гарно сформованої волоті в рослин сорго зернового з'являється маса спор, які спочатку вкриті сіруватою оболонкою, потім вона розтріскується і спори розлітаються. Тверда сажка уражує лише зав'язі квіток сорго, плівки та решта волоті залишаються не ураженими. Уражене зерно має вигляд подовжених брудно-сірих мішечків, які легко роздавлюються і замість ендосперму маємо чорну масу – спори сажки [9].

Таким чином негативний вплив грибкових захворювань підкреслює необхідність ефективного контролю за хворобами. Контроль грибкових захворювань сорго ускладнюється через різноманітність патогенів, мінливість умов навколишнього середовища та обмеженість доступних ресурсів. Незважаючи на прогрес у селекції стійких до хвороб сортів та наявність фунгіцидів, ці проблеми зберігаються, що робить грибкові захворювання актуальною проблемою у виробництві сорго.

Постановка завдання. Мета досліджень вивчити вплив абіотичних факторів та елементів технології вирощування на розвиток хвороб у посівах сорго зернового у Правобережному Лісостепу України.

Дослідження проводились впродовж 2023–2025 рр. в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України, Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

Схема досліду передбачала вивчення строку сівби (фактор А): сівба за температури ґрунту 5–6°С (ІІІ декада квітня), сівба за температури ґрунту 12–14°С (І декада травня), сівба за температури ґрунту 16–18°С (ІІ декада травня) на глибині 10 см та глибини загортання насіння (фактор В): 2 см, 4 см, 6 см, 8 см.

Площа посівної ділянки 50 м^2, облікової – 30 м^2, повторність досліду – чотириразова. Дослід закладається за методом систематичних повторювань: в кожному повторенні варіанти досліду розміщуються по ділянках послідовно. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий.

Погодні умови (за ГТК) виявились, у період вегетації, домінуючим фактором у формуванні видового спектра патогенів сорго, водночас фактор сорту не впливав на характер їх взаємодії. Так, у 2023 та у 2025 році ГТК становив 0,94 та 0,81, що характеризує умови слабкої посухи, у 2024 році 0,62 – помірна посуха.

Обліки хвороб здійснювали в основні періоди росту і розвитку культури шляхом маршрутних обстежень. Основними показниками фітосанітарного стану є поширеність і ступінь розвитку хвороби.

Результати досліджень аналізували використовуючи статистичні методи за допомогою програми Statistica [24].

Виклад основного матеріалу. За результатами проведених досліджень були виявлені хвороби, що викликаються фітопатогенними грибними мікроорганізмами. За спостереженнями посівів впродовж років досліджень та вегетації спостерігали наявність пліснявіння насіння, антракноз, летючу сажку, іржу (рис. 1). Залежно від умов року, бачимо що в умовах слабкої посухи 2023 та 2025 роки найбільш уражувались рослини сорго антакнозом (12,6 та 14,5 %), летючою сажкою (20,4 та 16,3 %) та іржою (14,3 та 11,6 %). Пліснявіння насіння залежало здебільш від елементів технології вирощування.

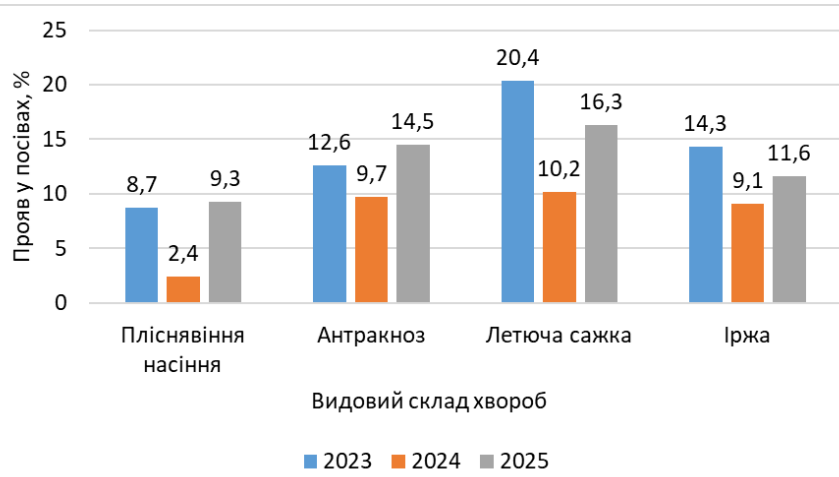


Рис. 1. Видовий склад хвороб у посівах сорго звичайного двокольорового

Залежно від періодів росту і розвитку рослин сорго звичайного двокольорового поширеність хвороб у посівах варіювала (табл. 1). Так пліснявіння насіння відмічалось у період від сівби до появи сходів, під час проростання насіння.

Антракноз з'являвся на ранніх періодах росту рослин і значно поширювався у другій половині вегетації до 20 %. У період цвітіння хвороба інтенсивно поширюється на листках, стеблах і волотях, максимальна шкодочинність спостерігається у період наливу зерна.

Летюча сажка сорго найбільш помітно спостерігалась у період викидання волоті та цвітіння. Проте зараження рослин відбувалось значно раніше. У період масового поширення замість звичайних квіток і зернівок формувались чорні порошисті маси теліоспор, які вкриті тонкою оболонкою, а після розриву оболонки спори легко розносились вітром, заражаючи насіння в період збирання та поширювались на нові посіви.

Іржа поширювалась ще з появи 6–8 листів сорго, у період викидання волоті – цвітіння розвиток хвороби прогресував і максимального розвитку досягав у період наливу зерна – 30 %, спостерігалась значна кількість пустул на листках.

Таблиця 1

Поширеність хвороб у посівах сорго звичайного двокольорового, залежно від періоду росту та розвитку рослин, %, за 2023–2025 рр.

Фаза росту і розвитку	Поширеність хвороби, %			
	Пліснявіння насіння	Антракноз	Летюча сажка	Іржа
Сівба – сходи	20	–	–	–
Вихід в трубку	–	10	5	5
Викидання волоті-цвітіння	–	15	25	20
Достигання	–	20	5	30

Досліджувані елементи технології вирощування також мали вплив на прояв та поширеність хвороб у посівах сорго звичайного двокольорового (табл. 2).

За раннього строку сівби насіння, у менш прогрітий грунт, поширеність пліснявіння насіння була найвищою особливо на глибині загортання 6–8 см до 20 %, це пояснюється довшим періодом проростання і більшим часом перебування під впливом грунтової інфекції. За сівби при температурі 12–14°С поширеність плісняви значно зменшується і за пізнього строку хвороба проявляється поодиноко, тому що сходи з'являються швидко.

Прояв та поширення антракнозу і іржі сильніше проявляється у досліді з глибиною загортання насіння 6 та 8 см так як рослини довше перебувають у стані стресу на початку розвитку.

Незначний вплив на летючу сажку мають строки сівби та глибина загортання насіння, так як основним джерелом інфекції є заражене насіння, а не досліджувані елементи технології вирощування.

Таблиця 2

Динаміка розвитку хвороб у посівах сорго звичайного двокольорового, залежно від строків сівби та глибини загортання насіння, %, за 2023–2025 рр.

Строк сівби	Глибина загортання насіння, см	Динаміка розвитку хвороби, %			
Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см		Пліснявіння насіння	Антракноз	Летюча сажка	Іржа
5–6°С	2	7	12	4	10
	4	15	14	5	12
	6	20	16	6	14
	8	20	18	7	16
12–14°С	2	2	10	3	8
	4	3	11	3	9
	6	5	13	4	10
	8	7	15	5	12
16–18°С	2	1	9	2	7
	4	1	10	2	8
	6	2	11	3	9
	8	2	13	4	10
$НІР_{0,05}$		1,8	2,1	0,9	1,9

Отже, отримані результати фітосанітарних спостережень підтверджують належність збудників досліджуваних хвороб до волого- та теплолюбивих патогенів.

Висновки. Встановлено, що у посівах сорго звичайного двокольорового найбільш поширеними грибними хворобами були пліснявіння насіння, антракноз, летюча сажка та іржа. Їх прояв і ступінь поширення визначалися як погодними умовами вегетаційного періоду, так і досліджуваними елементами технології вирощування. Досліджено, що за умов слабкої посухи найбільшого поширення набували антракноз, летюча сажка та іржа, тоді як розвиток пліснявіння насіння переважно залежав від температури ґрунту під час сівби та глибини загортання насіння.

Оптимізація строків сівби та глибини загортання насіння є важливим елементом інтегрованої системи захисту сорго звичайного двокольорового від комплексу грибних хвороб. Сівба у добре прогрітий ґрунт (12–16°С) із загортанням насіння на оптимальну глибину 4–6 см забезпечує зниження фітопатологічного навантаження, покращує фітосанітарний стан посівів та створює передумови для формування високої продуктивності культури.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення ефективних засобів захисту посівів сорго звичайного двокольорового в умовах Правобережного Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Столяр С.Г. Ключевич М.М. Вплив абіотичних факторів на розвиток грибних хвороб сорго в Поліссі України. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 123. С. 130–136. doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.18

2. Середа В.І. Сорго – стратегічна культура степу України. *Аграрник.* 2021. URL: https://agrarnik.com/stati/item/8463-sorgo-strategichnakultura-stepu-ukrajini

3. Овсієнко І.А. Особливості формування урожайності зерна сорго залежно від строків сівби. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 1. С. 1–8.

4. Zayneb C, Lamia K, Olfa E, Naïma J, Grubb CD, Bassem K, Hafedh M, Amine E. Morphological, Physiological and Biochemical Impact of Ink Industry Effluent on Germination of Maize (Zea mays), Barley (Hordeum vulgare) and Sorghum (Sorghum bicolor). *Bull Environ Contam Toxicol*. 2015. 95(5): 687–693. doi: 10.1007/s00128-015-1600-y

5. Oliveira S., Aparecida Costa K., Severiano E., Da Silva A., Dias M., Oliveira G., Victor Costa João. Performance of Grain Sorghum and Forage of the Genus Brachiaria in Integrated Agricultural Production Systems. *Agronomy.* 2020. Vol. 10. 1714. P. doi: 10.3390/agronomy10111714.

6. Laidig, F., Feike, T., Klocke, B. *et al.* Yield reduction due to diseases and lodging and impact of input intensity on yield in variety trials in five cereal crops. *Euphytica*. 2022. 218, 150. doi.org/10.1007/s10681-022-03094-w

7. Benjamin, J., Idowu, O., Babalola, O.K. et al. Cereal production in Africa: the threat of certain pests and weeds in a changing climate a review. *Agric & Food Secur*. 2024. 13, 18. doi.org/10.1186/s40066-024-00470-8

8. Pérez-Pizá, M. C., Sautua, F. J., Szparaga, A., Bohata, A., Kocira, S., & Carmona, M. A. New Tools for the Management of Fungal Pathogens in Extensive

Cropping Systems for Friendly Environments. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 2024. 43(2), 63–93. https://doi.org/10.1080/07352689.2023.2268921

9. Правдива Л. А., Ганженко О. М., Кравчук В. І., Фучило Я. Д., Квак В. М., Хіврич О. Б., Гончарук Г. С., Атаманюк О. М. Визначення енергетичної ефективності вирощування сорго зернового як сировини для виробництва біопалива : науково-методичні рекомендації/ НААН України, Ін-т біоенергет. культ. і цукр. буряків. Електрон. вид. Київ : ІБКіЦБ НААН, 2025. 17 с. doi.org/10.47414/978-617-8706-3

10. Anthony Wenndt, Richard Boyles, Arlyn Ackerman, Sirjan Sapkota, Ace Repka, and Rebecca Nelson. Host Determinants of Fungal Species Composition and Symptom Manifestation in the Sorghum Grain Mold Disease Complex. *Plant Disease* 2023. 107:2, 315–325 https://doi.org/10.1094/PDIS-03-22-0675-RE

11. Singh, S.; Prashad, H.; Gautam, H. Management of Macrophomina phaseolina by cultural practices. In Macrophomina phaseolina; *Elsevier: Amsterdam, The Netherlands*. 2023. pp. 241–250. doi.org/10.1016/B978-0-443-15443-0.00013-9

12. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.34:579.64:631.847
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.25

ВПЛИВ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ОСНОВІ БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ НА ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОГО АПАРАТУ СОЇ

Пулик Н.В. *– аспірант кафедри екології,*
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0006-8158-4272

У статті наведено результати трирічного дослідження ефективності передпосівної інокуляції насіння сої мікробними біопрепаратами на основі бульбочкових бактерій щодо формування симбіотичного апарату культури. Актуальність дослідження зумовлено необхідністю оптимізації азотного живлення сої, підвищення ефективності біологічної фіксації молекулярного азоту та стабілізації продукційного процесу культури за умов дефіциту водно-температурного режиму. Дослідження виконували впродовж 2024–2026 рр., оцінювався вплив мікробних препаратів на основі бульбочкових бактерій Різолік, Ризоактив, Різофікс та Оптімайз 400 на утворення бобово-ризобіального комплексу сої. Основними критеріями ефективності інокуляції визначали утворення кількості бульбочок на рослину та їх загальну масу.

Встановлено залежність інтенсивності нодуляції від гідротермічних умов року. У 2024 р. відповідні показники становили 20 шт./рослину та 0,61 г/рослину. Найнижчі показники формування симбіотичного апарату зафіксовано у 2025 р., який характеризувався найбільш несприятливими умовами вегетаційного періоду. У контрольному варіанті кількість бульбочок становила 15 шт./рослину, а їх маса – 0,45 г/рослину. Найсприятливіші умови для формування симбіотичного апарату склалися у 2026 р., коли в контролі сформувалося 23 бульбочки масою 0,70 г/рослину.

Передпосівна інокуляція досліджуваними препаратами за роки забезпечувала зростання кількості та маси бульбочок порівняно з контролем. За умов найбільш сприятливого 2026 року за проведення передпосівної інокуляції насіння препаратом Різолік кількість бульбочок на одній рослині становила 30 шт, Ризоактив – 35 шт, Різофікс – 40 шт, а Оптімайз 400 – 42 шт. Маса бульбочок у цих варіантах досліду сягала відповідно 0,90; 1,03; 1,10 та 1,14 г/рослину. Отримані дані свідчать про найбільш повну реалізацію симбіотичного потенціалу сої за сприятливих гідротермічних умов. Водночас у несприятливі роки застосування препаратів сприяло збереженню вищого рівня нодуляції порівняно з необробленим контролем. Отримані результати підтверджують доцільність передпосівної інокуляції як ефективного технологічного прийому оптимізації симбіотичної азотфіксації, підтримання розвитку бобово-ризобіального симбіозу та підвищення адаптивності сої до мінливих гідротермічних умов вирощування.

Ключові слова: *соя, передпосівна інокуляція, мікробні біопрепарати, бульбочкові бактерії, симбіотичний апарат, нодуляція, азотфіксація, гідротермічні умови.*

Pulyk N.V. The influence of microbiological preparations based on nodule-forming bacteria on the formation of the symbiotic system of soybeans

This article presents the results of a three-year study on the effectiveness of pre-sowing inoculation of soybean seeds with microbial biopreparations based on nodule-forming bacteria in terms of the formation of the crop's symbiotic system. The relevance of this study stems from the need to optimize nitrogen nutrition in soybeans, increase the efficiency of biological nitrogen fixation, and stabilize crop production under conditions of water and temperature stress. The study was conducted from 2024 to 2026, and the effect of microbial preparations based on nodule-forming bacteria –Rizolik, Rizoaktiv, Rizofix, and Optimize 400 – on the formation of the soybean-rhizobial complex was evaluated. The main criteria for assessing inoculation effectiveness were the number of nodules per plant and their total mass.

© Пулик Н.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

A relationship between nodulation intensity and the hydrothermal conditions of the year has been established. In 2024, the corresponding figures were 20 nodules per plant and 0,61 g per plant. The lowest rates of symbiotic nodule formation were recorded in 2025, which was characterized by the most unfavorable conditions during the growing season. In the control treatment, the number of nodules was 15 per plant, and their mass was 0,45 g per plant. The most favorable conditions for symbiotic nodule formation occurred in 2026, when the control treatment produced 23 nodules with a mass of 0,70 g per plant.

Over the years, pre-sowing inoculation with the tested preparations has resulted in an increase in the number and weight of tubercles compared to the control. Under the most favorable conditions in 2026, when seeds were pre-sowing inoculated with Rizolik, the number of tubercles per plant was 30; with Rizoactive, 35; with Rizofix, 40; and with Optimize 400, 42. The nodule mass in these experimental treatments reached 0,90, 1,03, 1,10, and 1,14 g/plant, respectively. The data obtained indicate the fullest realization of soybean's symbiotic potential under favorable hydrothermal conditions. At the same time, in unfavorable years, the application of these preparations helped maintain a higher level of nodulation compared to the untreated control. The results confirm the feasibility of pre-sowing inoculation as an effective agronomic practice for optimizing symbiotic nitrogen fixation, supporting the development of legume-rhizobial symbiosis, and enhancing soybean adaptability to variable hydrothermal growing conditions.

Key words: *soybeans, pre-sowing inoculation, microbial bio-preparations, nodule-forming bacteria, symbiotic system, nodulation, nitrogen fixation, hydrothermal conditions.*

Постановка проблеми. Сучасне аграрне виробництво інтенсивного типу та тривале нераціональне використання земельних ресурсів здатне викликати дегуміфікацію та руйнування структури ґрунту та пригнічення його біологічної активності [1]. Також відомо, що надмірне застосування мінеральних азотних добрив може викликати дисбаланс елементів живлення та деградацію ключових ґрунтових функцій. Ці процеси здатні порушити функціонування агроценозів, знижуючи природний потенціал ґрунту. Тому нині виникає нагальна потреба у створенні та впровадженні технологій вирощування сільськогосподарських культур, здатних знизити хімічний тиск на посіви [2]. У вирішенні цього питання особливе місце посідає соя (*Glycine max* (L.) Merr.), яка є природним чинником відновлення агроценозів, є критично важливою для подолання наслідків інтенсивного використання сільськогосподарських земель та відновлення мікробної біомаси ґрунту [3–6].

Перехід до сталого розвитку агровиробництва потребує зниження надлишкового внесення мінеральних добрив та агрохімікатів, що пригнічують корисну мікробіоту. Застосування сучасних мікробних біопрепаратів у технології вирощування сої є актуальним напрямом досліджень, оскільки дає змогу активізувати природний потенціал азотфіксації та оптимізувати мінеральне живлення культури без додаткового техногенного впливу. Природна здатність сої утворювати симбіоз з бульбочковими бактеріями дає змогу не лише забезпечити власні потреби в азоті, а й накопичувати його значні обсяги в ґрунті для наступних культур у сівозміні, що кардинально знижує загальну потребу в мінеральних азотних добривах. Тому вирощування сої знижує потребу у масштабному внесенні аміачної селітри чи карбаміду, виробництво та застосування яких призводить до значних викидів парникових газів і нітратного забруднення ґрунтів.

Як стверджують І. Ю. Борецька зі співавторами [7], в умовах воєнного стану та стрімкого здорожчання ресурсів, економічна рентабельність вирощування залежить від використання мікробіологічних комплексів, які також виступають дієвим способом відновлення мікробіологічної активності ґрунтів та збереження їх родючості [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню вивчення ролі бобових культур в біологізації агросфери присвячено значну кількість наукових досліджень.

Зокрема, Т. А. Забарна та В. В. Черешнюк [4] наголошують, що соя посідає ключове місце серед польових культур завдяки безпосередній участі в регуляції азотного балансу, оптимізації властивостей ґрунтів і покращенні їхнього водного та поживного режимів.

Дослідженнями Ю. В. Козак з співавторами [6] підтверджено, що інокуляція насіння чистими штамами ризобій є набагато дієвішим способом підвищення ефективності симбіотичної взаємодії, ніж опора на аборигенну мікрофлору. Поряд з цим, ефективність бобово-ризобіального симбіозу може бути суттєво підсилена шляхом комплексної інокуляції.

З іноземного досвіду сумісної інокуляції відомо, що ко-інокуляція штамів *Bradyrhizobium* разом із азоспірилами (*Azospirillum*) створює яскравий адитивний ефект, помітно стимулюючи розвиток кореневої системи та підвищуючи загальну продуктивність посівів [9].

Стосовно мобілізації елементів живлення з виснажених ґрунтів, J. C. Mishra з співавторами [10] вказує на високу ефективність синергічної взаємодії ризобій із фосфатмобілізуючими та цинк-сидерофорними бактеріями, що оптимізує винос мікроелементів рослинами сої.

Відомо, що мікробіологічні препарати відіграють важливу роль також у стабілізації продуктивності посівів в умовах кліматичних змін. Так, в умовах нестачі застосування бактеріальних і мікоризних препаратів виступає дієвим чинником підвищення адаптивних властивостей сої [11]. Також ряд досліджень підтверджують, що ризосферні бактерії, які стимулюють ріст рослин, пригнічувати розвиток фітопатогенів [12].

Важливим доповненням вищенаведеного стали результати комплексних досліджень, які виявили, що використання мікробіологічних препаратів сприяє зростанню чисельності корисної ґрунтової мікробіоти на 150–170% за одночасного зниження присутність фітопатогенів [13]. Доповненням наведеного стали результати досліджень, які виявили, що застосування мікробних і рістстимулювальних препаратів забезпечує стабільне пригнічення розвитку і розмноження фітопатогенів, тим самим покращуючи стан ризосфери [14, 15].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Не зважаючи на значну кількість фундаментальних досліджень, присвячених механізмам бобово-ризобіального симбіозу, вивчення ефективності дії передпосівної інокуляції насіння сої препаратами бульбочкових бактерій, зокрема на ефективність формування бобово-ризобіального комплексу в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, залишається актуальним.

Формулювання цілей статті. Мета дослідження полягала у встановленні ефективності впливу досліджуваних препаратів бульбочкових бактерій на формування бобово-ризобіального комплексу рослин сої в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методи. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2024–2026 рр. на базі лабораторій та дослідних ділянок кафедри агробіології та біохімії і кафедри екології Уманського національного університету. Предметом вивчення обрано сорт сої Медея. Дослід закладали у чотириразовій повторності із систематичним розташуванням ділянок за такою схемою: Контроль (передпосівне замочування насіння водою); Різолік (3,0 л/т); Ризоактив (1,0 л/т); Різофікс (4,0 кг/т); Оптімайз 400 (1,8 л/т).

Польові досліди закладено на чорноземі опідзоленому з умістом гумусу 3,5% та pH 6,2. За результатами аналізів ґрунт характеризувався такими показниками:

уміст рухомих сполук фосфору – 88 мг/кг, калію – 132 мг/кг (за Чириковим), легкогідролізованого азоту – 103 мг/кг (за Корнфілдом).

Ефективність формування бобово-ризобіального комплексу, а саме визначання кількості та маси бульбочкових бактерій, виконували у відповідності до методики, описаної В. В. Волкогоном [16].

З метою статистичної обробки впливу препаратів мікробного походження на формування бобово-ризобіального комплексу використано однофакторний дисперсійний аналіз. Статистичні обрахунки виконувалися за допомогою пакету статистичного аналізу програмного забезпечення MS Excel.

Виклад основного матеріалу дослідження. Отримані результативні дані завсвідчують, що проведення передпосівної бактеризації насіння сої мікробними препаратами у роки досліджень сприяла активізації формування показників нодуляції порівняно з контролем, де обробка насіння не проводилася. Поряд з цим, формуваввння кількості та маси бульбочок на рослині залежало як від властивостей конкретного препарату, так і від погодних умов відповідного року.

Так, зокрема, виконаними дослідженнями встановлено, що у 2024 році за проведення обліків у фазі цвітіння культури, у контрольному варіанті досліду кількість бульбочок складала 20 шт./рослину за їх маси у 0,61 г/рослину. Порівняно з показниками контрольного варіанту досліду, застосування передпосівної бактеризації мікробними препаратами сприяло зростанню показників нодуляції, а їх величина залежала від препарату.

Так, зокрема, за використання з метою передпосівної обробки насіння мікробного препарату Різолік кількість бульбочок порівняно з контрольним варіантом зростала до 24 шт./рослину, а їх маса – до 0,76 г/рослину (рис. 1, 2).

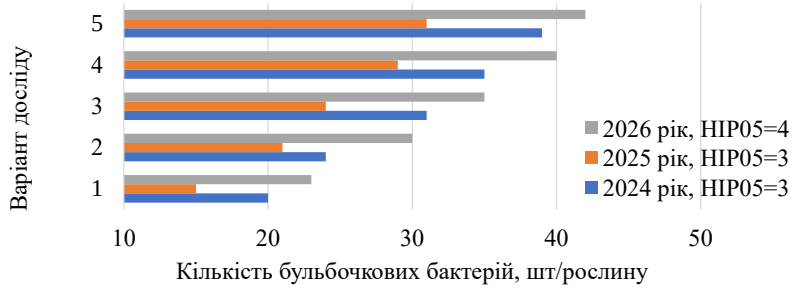


Рис. 1. Вплив інокуляції насіння сої мікробними препаратами на утворення бульбочкових бактерій, фаза цвітіння культури

1. Обробка насіння водою (контроль); 2. Різолік; 3. Ризоактив; 4. Різофікс; 5. Оптімайз 400.

За використання Ризоактиву ці показники становили відповідно 31 шт./рослину та 0,89 г/рослину. Застосування Різофіксу забезпечувало формування на одній рослині 35 бульбочок масою 0,94 г, а найвищі показники зафіксовано за обробки насіння Оптімайзом 400 – 39 шт./рослину при масі бульбочок 0,97 г/рослину.

Результативні дані, отримані у фазі цвітіння 2025 року, засвідчили певне зниження показників нодуляції в усіх варіантах досліду, що зумовлено менш сприятливими кліматичними умовами вегетаційного періоду культури. Так, у контрольному варіанті досліду кількість бульбочок становила лише 15 шт./рослину за їх маси у 0,45 г/рослину. У разі обробки насіння Різоліком досліджувані показники

складали відповідно 21 шт./рослину та 0,56 г/рослину, а у варіанті досліду з Ризоактивом та Різофіксом – відповідно 24 і 29 шт./рослину та 0,66 і 0,70 г/рослину. Найвищі значення кількості та маси бульбочок також отримано за виконання передпосівної бактеризації насіння препаратом Оптімайз 400. У цьому варіанті досліду кількість бульбочок складала 31 шт./рослину за їх маси у 0,71 г/рослину.

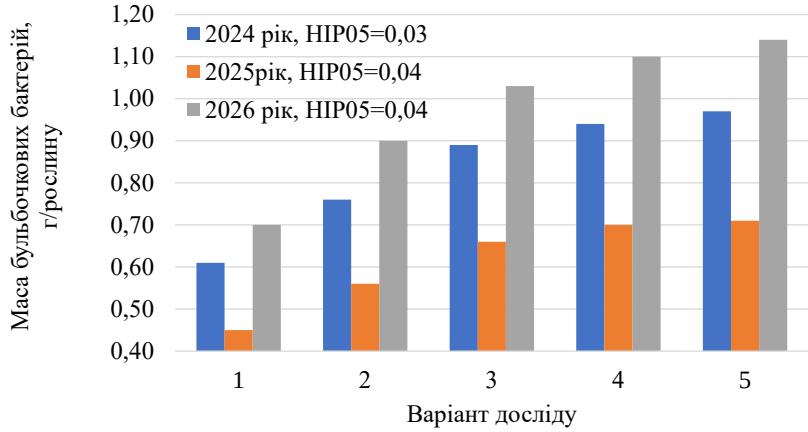


Рис. 2. Вплив інокуляції насіння сої мікробними препаратами на формування маси бульбочкових бактерій, фаза цвітіння культури

1. Обробка насіння водою (контроль); 2. Різолік; 3. Ризоактив; 4. Різофікс; 5. Оптімайз 400.

Отримані дані дають можливість розглядати мікробні препарати чинником підтримання розвитку симбіотичного апарату за несприятливого водно-температурного режиму. Подібний ефект збереження вищої нодуляції за інокуляції за умов водного дефіциту описано й у сучасних дослідженнях комерційних ризобіальних препаратів.

Найбільш ефективним щодо формування бобово-ризобіального комплексу за проведення передпосівної обробки насіння сої препаратами бульбочкових бактерій виявився 2026 р., так як саме цього року сформувалися найсприятливіші погодні умови для реалізації симбіотичного потенціалу сої. Так, у контрольному варіанті досліду кількість бульбочок становила 23 шт./рослину, а їх маса – 0,70 г/рослину.

Найбільш позитивний вплив сприятливих умов вегетаційного періоду виявився помітно варіантах із використанням обробки насіння мікробними препаратами. Так, зокрема, за обробки насіння Різоліком кількість бульбочок складала 30 шт./рослину, за їх маси у 0,90 г/рослину, що перевищувало контроль кількість відповідно на 30,4 та 28,6%. При цьому відносно даних 2025 р. зростання досліджуваних показників складало 42,9% за кількістю та 60,7% за масою бульбочок.

У варіанті з Ризоактивом сформувалося 35 бульбочки на рослину загальною масою 1,03 г, що на 52,2 та 47,1% перевищувало контроль.

Більш активний розвиток симбіотичного апарату забезпечувало застосування мікробного препарату Різофікс, де на одній рослині формувалося 40 шт бульбочок за їх загальної маса в 1,10 г.

Максимальні показники у всі роки досліджень серед усіх варіантів досліду отримано за передпосівної бактеризації насіння сої препаратом Оптімайз 400. У цьому варіанті досліду кількість бульбочок становила 42 шт./рослину, а їх

маса – 1,14 г/рослину. Порівняно з необробленим варіантом досліду кількість бульбочок зросла на 19 шт, або на 82,6%, а їх маса – на 0,44 г/рослину, або на 62,9%.

Показовим є й те, що у 2026 р. з порівняно з 2025 р. за використання препарату Оптімайз 400 кількість бульбочок збільшилася з 31 до 42 шт./рослину, тобто на 35,5%, а їх маса з 0,71 до 1,14 г/рослину, або на 60,6%. Тобто, за сприятливих умов препарат не лише зберігав високий рівень нодуляції, а й забезпечував суттєве нарощування маси сформованих бульбочок.

Отримані закономірності узгоджуються з результатами інших досліджень, у яких показано позитивний вплив ефективних ризобіальних штамів на функціонування симбіозу сої за умов дефіциту вологи. Зокрема, використання адаптованих ризобіальних штамів розглядається як перспективний напрям підвищення стабільності біологічної фіксації азоту за несприятливих умов вирощування [17–20].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, проведення передпосівної інокуляції насіння сої препаратами бульбочкових бактерій забезпечувало зростання ефективності формування бобово-ризобіального комплексу культури, що відображалося у зростанні кількості та маси бульбочок у дослідних варіантах порівняно з контрольним варіантом у всі роки досліджень. Найвищі показники нодуляції отримано за умов вегетаційного пердіоду 2026 року за використання препарату Оптімайз 400, де на рослині сформувалося 42 бульбочки масою 1,14 г. Найнижчі показники зафіксовано у несприятливому 2025 р., що підтверджує залежність формування симбіотичного апарату від гідротермічних умов. Проте у всі роки досліджень стабільну ефективність демонстрував препарат Оптімайз 400.

Отримані результати можуть сприяти розробці низьковитратних біологізованих технологій вирощування сої в Правобережному Лісостепу України, що дають змогу знизити дози використання мінеральних азотних добрив на 30–50% зі збереженням рівня врожайності культури. Подальший розвиток цього напряму полягає у вивченні синергічної взаємодії штамів ризобій із фосфатмобілізуючими бактеріями та мікоризними грибами для створення поліфункціональних мікробних консорціумів нового покоління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ящук Л. Б., Бурлака В. С., Пащенко Г. В. Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття. *Екологічні науки*. 2026. № 1(64). С. 221–225. https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.1-64.31

2. Wang H., Wang X., Zhang J., Li Y., Yin B., Zhang R. Soil physicochemical properties differentially drive rice and maize yields across northeast China's black soil region. *Agriculture*. 2026. Vol. 16. № 12. P. 1267. https://doi.org/10.3390/agriculture16121267

3. Lupwayi N. Z., Khanal N., Richards M., Ortega Polo R. Soil microbial communities shift in response to cropping sequence diversification with perennial seed crops. *Frontiers in Microbiomes*. 2026. Vol. 5. 1808609. https://doi.org/10.3389/frmbi.2026.1808609

4. Забарна Т. А., Черешнюк В. В. Агроекологічні аспекти вирощування сої (*Glycine max* L.) в Україні. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 1. С. 108–116. https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945

5. Козирський Д. В., Сидорак І. Я. Симбіотична активність та врожайність сої в умовах Лісостепу Західного. *Новітні агротехнології*. 2024. Том 12. № 2. https://doi.org/10.47414/na.12.2.2024.306411

6. Воробей Н. А., Кукол К. П., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я. Комплексна інокуляція сої бульбочковими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum* як засіб оптимізації симбіотичної азотфіксації. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2023. Вип. 38. С. 29–39. https://doi.org/10.35868/1997-3004.38.29-39

7. Борецька І. Ю., Джура Н. М., Романюк О. І. Фіторемедіація техногенно забруднених ґрунтів з використанням енергетичних культур. *Екологічні науки*. 2021. № 6(39). С. 72–76. https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.11

8. Khan R., Faisal M., Amjid M., Hussain N. I., Ismail M., Malik M., Farooq M. Comparative evaluation of organic and inorganic fertilizers on soil health and productivity of maize (*Zea Mays* L.). *Annual methodological archive research review*. 2025. Vol. 3 № 10. https://doi.org/10.63075/n2s8v172

9. Galindo F. S., Pagliari P. H., Silva E. C., Silva V. M., Fernandes G. C., Rodrigues W. L., Céu E. G. O., Lima B. H., Jalal A., Muraoka T., Buzetti S., Lavres J., Teixeira Filho M. C. M. Co-inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium sp*. enhances nitrogen uptake and yield in field-grown cowpea and did not change N-fertilizer recovery. *Plants*. 2022. №11(14).1847. https://doi.org/10.3390/plants11141847

10. Mishra P., Mishra J., Arora N. K. Biofortification revisited: Addressing the role of beneficial soil microbes for enhancing trace elements concentration in staple crops. *Microbiological Research*. 2023. № 275(2). 127442. https://doi.org/10.1016/j.micres.2023.127442

11. Chaika, T., Lotysh, I.. The effect of biopreparations on the adaptive properties of soybean in organic farming under hydrothermal stress. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science.* 2025. 29(2). 34–49. https://doi.org/10.56407/ bs.agrarian/2.2025.34.

12. Nabti E.-H., Saci S., Bensidhoum L., Mokrani S., Basher N. S., Ibrahim N. A., Derguini A., Aleissa M. S., Idres T., Houali K. Plant growth-promoting bacteria as biological controls for sustainable crop protection against agricultural biodeterioration. *Discover Sustainability*. 2026. 7(1). 669. https://doi.org/10.1007/s43621-026-02778-w

13. Pei B., Liu T., Xue Z., Cao J., Zhang Y., Yu M., Liu E., Xing J., Wang F., Ren X., Zhang Z. Effects of biofertilizer on yield and quality of crops and properties of soil under field conditions in china: a meta-analysis. *Agriculture*. 2025. 15(10). 1066. https://doi.org/10.3390/agriculture15101066

14. Болоховський В. В., Бородай В. В., Косовська Н. А., Болоховська В. А., Нагорна О. В., Яковенко Д. О., Кузьмич В. І. Вплив біопрепаратів Граундфікс та Екостерн на мікробіоту ґрунту за вирощування сої (*Glycine max* L.). *Агроекологічний журнал*. 2024. №3. С. 156–163 https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2024.311190

15. Shahzad M., Hayat R., Mujtaba G., Rahman W. U., Nadeem M. Biofertilizers in sustainable agriculture: mechanisms, applications, and future prospects. *Discover Agriculture*. 2025. 3(1). 224. https://doi.org/10.1007/s44279-025-00318-0

16. Волкогон, В. В., Надкернична, О. В., Токмакова, Л. М. Експериментальна ґрунтова мікробіологія. За редакцією В. В. Волкогона. К: Аграрна наука. 2010. 464 с.

17. Gumeniuk I., Symochko L., Mostoviak I., Demyanyuk O., Sherstoboeva O., Boroday V., Symochko V. The role of bradyrhizobium japonicum exopolysaccharides in the formation of an effective symbiotic apparatus of soybean. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2022. 12(4). P. 1–8. https://doi.org/10.31407/ijees12.401

18. del-Canto A., Sanz-Saez A., Sillero-Martínez A., Mintegi E., Lacuesta M. Selected indigenous drought tolerant rhizobium strains as promising biostimulants for common bean in Northern Spain. *Frontiers in Plant Science*. 2023. № 14. 1046397. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1046397

19. Thilakarathna M. S., Watts S., Thompson M. E. H., Goron T., De Silva C., Chu G., Szczyglowski K., Morrison M. J., Raizada M. N. Effective rhizobia relieve negative effects of drought stress during the vegetative stage in soybean under field conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2025. № 211(4). 70073. https://doi.org/10.1111/jac.70073

20. Tytova, L., Dubynska, O., Shevchuk, N., Iutynska, G. Enhancing soybean adaptive potential and productivity with endophyte-rhizobial inoculation. *Biological Systems: Theory and Innovation*. 2026. № 17(2). P. 92–105. https://doi.org/10.31548/biologiya/2.2026.92

Дата першого надходження статті до видання: 08.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 632.937.14:632.4:712.41
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.26

ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ НА ОСНОВІ ГРИБІВ РОДУ TRICHODERMA У ЛІКУВАННІ ТА ПРОФІЛАКТИЦІ ФУЗАРІОЗУ І ПРИКОРЕНЕВИХ ГНИЛЕЙ ГАЗОННИХ ФІТОЦЕНОЗІВ[1]

Пустова З.В. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0003-3511-5054
Крушевська Й. *– PhD, DSc,*
професор лабораторії грибної біології,
Інститут біохімії та біофізики Польської академії наук, Варшава, Польща
orcid.org/0000-0003-2012-7781
Ярошук-Щісель Й. *– PhD,*
професор кафедри промислової та екологічної мікробіології,
Університет Марії Кюрі-Склодовської, Люблін, Польща
orcid.org/0000-0001-9861-5772

Стаття присвячена актуальній проблемі захисту газонних покриттів (Poa pratensis, L olium perenne, Festuca rubra) у садово-парковому господарстві від деструктивних мікозів. В умовах міських екосистем традиційні хімічні фунгіциди викликають резистентність патогенів та забруднюють довкілля, що обумовлює необхідність впровадження екологічно безпечних біологічних агентів. У роботі представлено результати лабораторних та польових досліджень ефективності штамів Trichoderma harzianum та T. viride проти збудників фузаріозу (Fusarium nivale, F. oxysporum) та прикореневих гнилей (Rhizoctonia solani, Pythium spp.). Висвітлено історичний екскурс вивчення триходерми від перших робіт Р. Вейндлінга до сучасної геноміки. Описано чотири фундаментальні механізми дії антагоніста: мікопаразитизм, антибіоз, конкуренція за екологічну нішу та індукція системної стійкості рослин. Шляхом лабораторного тестування in vitro (метод зустрічних культур) зафіксовано етапи лізису міцелію патогенів та наступного конідієгенезу триходерми. Польові досліди довели високу супресивну здатність біопрепарату: індекс розвитку фузаріозу в критичні періоди знижувався до 4.8–5.9 %, що перевершує дію хімічного еталону (флудіоксонілу). Встановлено ефект довготривалої післядії біоагента, який знижує інфекційний потенціал ґрунту до мінімальних значень (1.1 × 10³ КУО/г) наприкінці вегетації. Окрім фунгіцидної дії, доведено ростостимулюючий ефект Trichoderma: проективне покриття газону досягло 96.4 %, щільність травостою зросла до 185 шт./дм², а суха біомаса дернини збільшилась на 40–55 %. Сформовано чіткий технологічний регламент застосування біопрепаратів для інтегрованого захисту паркових насаджень.

Ключові слова: *садово-паркове господарство, газонні трави, захист рослин, Trichoderma harzianum, фузаріоз, прикореневі гнилі, мікопаразитизм, біофунгіциди, ризосфера.*

[1] Дослідження фінансовані Польським Комітетом UNESCO 2025, 2026 роки.

© Пустова З.В., Крушевська Й., Ярошук-Щісель Й., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Pustova Z.V., Kruszewska J., Jaroszuk-Ściseł J. Application of biological preparations based on Trichoderma fungi in the treatment and prevention of Fusarium wilt and root rot in turfgrass phytocoenoses

The article addresses an urgent issue in urban landscape management: protecting turfgrass covers (Poa pratensis, Lolium perenne, Festuca rubra) from destructive mycoses. In urban ecosystems, traditional chemical fungicides induce pathogen resistance and contaminate the environment, highlighting the need for ecologically safe biological control agents. This paper presents the results of long-term laboratory and field trials evaluating the efficacy of Trichoderma harzianum and T. viride strains against agents of fusarium wilt (Fusarium nivale, F. oxysporum) and root rot (Rhizoctonia solani, Pythium spp.). The study provides a historical review of Trichoderma research, spanning from the pioneering works of R. Weindling to modern genomics. Four fundamental mechanisms of the antagonist's action are elucidated: mycoparasitism, antibiosis, competition for ecological niches, and induction of systemic plant resistance. Through in vitro laboratory testing via the dual culture method, the stages of pathogen mycelium lysis followed by Trichoderma conidiogenesis were documented. Field experiments proved the bioagent's high suppressive capability: the fusarium disease index dropped to 4.8–5.9% during critical periods, outperforming the chemical standard (fludioxonil). A prolonged residual effect was established, with the bioagent reducing the soil infection potential to minimum values (1.1×10^3 CFU/g) by the end of the vegetative season. Beyond its fungicidal properties, a robust plant growth-stimulating effect of Trichoderma was demonstrated: turfgrass projective cover reached 96.4%, sward density increased to 185 shoots/dm², and dry root mass expanded by 40–55%. Finally, a clear technological protocol for applying biopreparations within integrated park management systems was formulated.

Key words: *urban landscape management, turfgrass, plant protection, Trichoderma harzianum, fusarium wilt, root rot, mycoparasitism, biofungicides, rhizosphere.*

Актуальність теми дослідження зумовлена стрімким розвитком ландшафтної індустрії та підвищенням екологічних стандартів утримання міських зелених насаджень. Газонні фітоценози у садово-паркових комплексах виконують не лише естетичну, а й важливу санітарно-гігієнічну роль: затримують пил, знижують рівень шуму та оптимізують мікроклімат урбанізованих територій. Проте створення стійкого та високодекоративного газону супроводжується значними труднощами через постійний тиск інфекційного фону. Монокультура або обмежений видовий склад злакових сумішей у поєднанні з антропогенним пресингом (витоптування, стрижка, ущільнення ґрунту) створюють ідеальні умови для розвитку патогенної мікрофлори, серед якої найнебезпечнішими є збудники родів Fusarium, Rhizoctonia та Pythium.

Постановка проблеми. Традиційні підходи до захисту газонів базуються на інтенсивному застосуванні хімічних фунгіцидів, що в умовах сучасного міського середовища є неприпустимим з кількох причин. По-перше, регулярне використання хімічних діючих речовин призводить до швидкої появи резистентних штамів патогенів, що змушує збільшувати дози та кратність обробок. По-друге, пестициди мають високу токсичність для нецільових об'єктів – людей, домашніх тварин, корисних комах та ґрунтової фауни, що руйнує природний біоценоз парку. З огляду на це, виникає гостра науково-практична потреба у розробці та впровадженні інтегрованих систем захисту рослин, де базовим елементом є біологічний метод, зокрема використання антагоністичного потенціалу мікроміцетів роду Trichoderma.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у комплексному підході до оцінки функціонування штамів Trichoderma harzianum та T. viride безпосередньо у специфічних умовах міських газонних екосистем. Уперше в умовах урбанізованого середовища було детально простежено та математично обґрунтовано ефект довготривалої післядії біоагента, який не просто локалізує спалахи хвороб,

а радикально перебудовує структуру мікробного угруповання ризосфери. Встановлено часові та температурні межі, за яких супресивність ґрунту щодо фузаріозу залишається стабільною навіть після припинення активних вегетаційних обробок, що спростовує раніше існуючі уявлення про низьку конкурентоспроможність інтродукованих біоагентів перед аборигенною мікрофлорою [1].

Крім того, суттєвим елементом новизни є розкриття синергетичного ефекту між фунгіцидною дією гриба-антагоніста та його еліситорною й ростостимулюючою активністю на злакових травостоях. Доведено, що колонізація прикореневої зони триходермою запускає каскад фізіолого-біохімічних реакцій у рослині-хазяїні, активуючи експресію генів системної стійкості (ISR) та інтенсифікуючи синтез фотосинтетичних пігментів. Отримано нові дані щодо морфометричних змін підземної архітектоніки газону: зафіксовано збільшення щільності кореневих волосків та загальної глибини залягання дернини, що безпосередньо підвищує стійкість паркових насаджень до посухи та механічних навантажень [2, 3, 4].

Практична значущість досліджень полягає у створенні чіткого, адаптованого до умов виробництва технологічного регламенту застосування біопрепаратів на основі Trichoderma протягом усього вегетаційного періоду. Розроблені рекомендації дозволяють фахівцям садово-паркового господарства повністю відмовитися від токсичних хімічних засобів або суттєво мінімізувати їхнє використання під час весняно-осіннього догляду за газонами різних типів (від партерних до спортивних). Впровадження запропонованої технології забезпечує не лише надійний захист від снігової плісняви та гнилей, а й дає значний економічний та екологічний ефект завдяки зниженню витрат на регенерацію пошкодженого травостою та покращенню біологічного здоров'я міських ґрунтів [5, 6, 7].

Методика досліджень. Експериментальні дослідження проводилися на базі паркових зон та дослідних ділянок газонних покриттів у місті Кам'янець-Подільський протягом 2023–2025 років. Головними об'єктами науково-практичного аналізу виступав рослинний матеріал у вигляді трьохкомпонентної газонної суміші, що містила Poa pratensis (40 %), Festuca rubra (45 %) та Lolium perenne (15 %). Для моделювання та оцінки захисних заходів було виділено чисті ізоляти фітопатогенних грибів Fusarium oxysporum та Rhizoctonia solani, безпосередньо екстраговані з уражених ділянок паркової дернини. Роль агентів біологічного контролю виконували комерційні та лабораторні штами мікроміцетів Trichoderma harzianum із вихідним титром не менше 1×10^9 КУО/г, а також культури Trichoderma viride.

Для комплексної оцінки ефективності розроблених схем захисту на території дослідного об'єкта було закладено три варіанти експериментальних ділянок площею 25 м² кожна у чотирикратній повторності. Перший варіант – контроль (К) – представляв ділянки з природним фоном інфекції, які піддавалися обробці виключно водою. Другий варіант слугував хімічним еталоном (ХЕ) і передбачав дрібнокрапельне обприскування посівів хімічним фунгіцидом на основі діючої речовини флудіоксоніл із нормою витрати 200 мл/га. У третьому, біологічному варіанті (БВ), здійснювали систематичне внесення робочої суспензії Trichoderma harzianum комбінованим методом поливу та обприскування з розрахунку 5 л розчину на 100 м² за робочої концентрації 10^7 спор/мл.

Результати досліджень. Сучасна концепція сталого озеленення вимагає переходу від хімічних фунгіцидів до біологічних методів захисту газонних екосистем від фузаріозу та прикореневих гнилей в умовах антропогенного навантаження [8, 9, 10].

Історія вивчення мікроміцетів роду Trichoderma охоплює шлях від опису у 1794 році до відкриття Річардом Вейндлінгом у 1932 році явищ мікопаразитизму

та антибіотичної активності гриба. У середині XX століття виявлення штамів T. reesei як потужних продуцентів целюлолітичних ферментів започаткувало їх використання у промисловості, зокрема для розщеплення рослинних полімерів. Розробки Ігаля Чета у 1980-х роках розкрили молекулярні механізми дії гриба, заклавши основу для реєстрації перших біофунгіцидів та інтегрованого захисту рослин. На межі століть дослідження Гарі Хармана довели роль Trichoderma як ендофітного колонізатора ризосфери, здатного індукувати системну резистентність та стимулювати ріст рослин. Сучасний етап характеризується молекулярно-генетичним аналізом, систематизацією понад 350 видів та розшифруванням геномів, що пояснило різноманіття функцій цих мікроміцетів. Подальші роботи спрямовані на використання технології CRISPR/Cas9 для створення суперштамів та оптимізацію екологічно безпечних біопрепаратів нового покоління [1, 2, 9, 12, 13].

Гриби роду Trichoderma (переважно штами Trichoderma harzianum, T. viride, T. asperellum) є анаморфними гіпокрейними мікроміцетами, які колонізують ризосферу рослин. Вони характеризуються високою швидкістю росту, невибагливістю до субстрату та здатністю виживати при широких діапазонах pH (від 4.5 до 7.5) і температур (+5°C…+35°C).

Прямий та опосередкований захисний вплив мікроміцетів роду Trichoderma на збудників фузаріозу та комплексів прикореневих гнилей базується на чотирьох фундаментальних, генетично детермінованих механізмах взаємодії. Первинну деструктивну роль відіграє прямий гіперпаразитизм (мікопаразитизм), під час якого гіфи антагоніста за допомогою лектинового розпізнавання ідентифікують клітинні рецептори на поверхні патогенів Fusarium або Pythium. Після цього Trichoderma щільно обплітає нитки гриба-хазяїна та здійснює спрямований біосинтез комплексу літичних екзоферментів – хітиназ, β-1,3-глюканаз і протеаз. Ці ферменти гідролізують структурні полімери клітинної стінки шкідливого мікроміцета, призводять до її перфорації, наступного плазмолізису та використання внутрішньоклітинного вмісту патогена як трофічного субстрату. Цей процес підсилюється антибіозом, що полягає в активній секреції вторинних метаболітів (гліотоксину, віридину, триходерміну та пептаіболів), які дифундують у ґрунтовому розчині та інгібують проростання репродуктивних спор і ріст міцелію фітопатогенів.

Паралельно з прямим пригніченням біоагент реалізує опосередковані стратегії захисту через висококонкурентне домінування за життєвий простір та трофічні ресурси в екологічній ніші ризосфери. Завдяки високій швидкості латеральної експансії міцелію, Trichoderma випереджає фузаріум у колонізації кореневої зони злакових трав і активно зв'язує доступне тривалентне залізо за допомогою виділення потужних низькомолекулярних хелаторів – сидерофорів, викликаючи трофічне голодування патогенних ізолятів. Одночасно довготривала ендофітна колонізація кореневих тканин злаків викликає індукування системної резистентності (ISR) рослинного організму. Дана колонізація виступає еліситором, який запускає експресію захисних генів рослини та стимулює інтенсивний синтез ендогенних фітоалексинів, пероксидаз і поліфенолів, що кардинально підвищує загальний імунітет газонного травостою до подальших повторних хвиль інфекції [10, 11, 12, 13].

Експериментальні дослідження, проведені протягом вегетаційного періоду, дозволили встановити чітку закономірність між гідротермічними умовами, фазою розвитку злакових трав та ефективністю застосування біоагента Trichoderma harzianum у порівнянні з хімічним еталоном (флудіоксоніл) та контрольними ділянками. Розрахунок Індексу розвитку хвороби (ІРХ, %) здійснювали за стандартною методикою.

Таблиця 1

Динаміка розвитку фузаріозу газону (снігової плісняви та плямистостей, збудники Fusarium nivale, F. oxysporum) протягом вегетаційного періоду (середнє за роки досліджень), % ураженої площі

Варіант досліду	Квітень (після танення)	Травень (активний ріст)	Червень (спека/полив)	Липень (екстрем. температури)	Серпень (повторний відріст)	Вересень (підготовка до зими)
Контроль (без обробок)	34.2	18.5	22.4	28.9	15.3	24.7
Хімічний еталон (флудіоксоніл)	5.1	2.1	4.3	6.8	3.1	5.4
Біопрепарат (*Trichoderma harzianum*)	6.8	3.4	5.1	5.9	4.0	4.8
LSD_{05} (HIP_{05})	2.3	1.1	1.6	2.1	1.2	1.7

Помітно, що у липневий період біологічна ефективність Trichoderma harzianum виявилася вищою за хімічний стандарт (ІРХ 5.9 % проти 6.8 %). Це пояснюється температурним оптимумом для росту міцелію триходерми (+22°C...+28°C) та швидкою деградацією хімічної діючої речовини під впливом сонячної інсоляції та режимів штучного зрошення (табл. 1).

У весняний період (після танення снігу) на контрольних ділянках спостерігалося вогнищеве ураження сніговою пліснявою (Fusarium nivale) з індексом розвитку хвороби (ІРХ) на рівні 34.2 %. На ділянках, де восени превентивно вносили Trichoderma viride, ІРХ не перевищував 6.8 %, що корелювало з показниками хімічного еталону (5.1 %). Це доводить високу кріотолерантність окремих штамів триходерми, здатних працювати за низьких позитивних температур під сніговим покривом.

Таблиця 2

Інтенсивність розвитку прикореневих гнилей газонного травостою (збудники Rhizoctonia solani, Pythium spp.) за варіантами досліду, %

Варіант досліду	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
Контроль (без обробок)	11.4	14.8	29.6	41.3	35.1	19.4
Хімічний еталон (флудіоксоніл)	2.0	3.1	8.4	12.1	10.5	4.2
Біопрепарат (*Trichoderma harzianum*)	3.5	4.0	7.1	9.3	8.1	3.9
LSD_{05} (HIP_{05})	*0.9*	*1.2*	*2.4*	*3.1*	*2.8*	1.4

Аналіз таблиці 2 демонструє, що прикореневі гнилі газонних трав досягають піку ураження (до 41.3 % у липні) під час високих температур та інтенсивного поливу. Використання біопрепарату на основі Trichoderma harzianum виявилося

ефективнішим за хімічний еталон, знижуючи ураження до 9.3 % у критичний літній період завдяки експресії літичних генів та сидерофорному контролю.

Особливу наукову цінність має аналіз динаміки розвитку патогенезу в перехідні періоди (червень–серпень). У червні на контрольних ділянках фіксується стрімкий стрибок інтенсивності прикореневих гнилей – з 14,8 % до 29,6 %, що безпосередньо пов'язано з початком системного штучного зрошення газону на тлі підвищення середньодобових температур. Хімічний фунгіцид у цей період стримує інфекцію на рівні 8,4 %, тоді як Trichoderma harzianum демонструє кращий результат (7,1 %). Це підтверджує гіпотезу про те, що вологе середовище верхнього шару дернини та прикореневої зони є оптимальним для проростання спор біоагента, який випереджає патогени Rhizoctonia solani та Pythium spp. у швидкості колонізації екологічних ніш.

У серпні та вересні чітко простежується затухання захисної дії хімічного стандарту через природну деградацію діючої речовини під впливом ґрунтової мікрофлори та вимивання в глибші горизонти. Показник ураженості на хімічному еталоні у серпні становить 10,5 %, тоді як у варіанті з біопрепаратом він залишається стабільно низьким – 8,1 % з подальшим зниженням до 3,9 % у вересні. Такий пролонгований ефект зумовлений життєздатністю популяції триходерми, яка не просто разово знищує міцелій шкідливих мікроміцетів, а формує стійкий довготривалий супресивний фон у ризосфері злакових трав.

Таблиця 3

Щільність популяції фітопатогенних грибів роду Fusarium у ризосферному ґрунті газону, × 10³ КУО/г сухого ґруну

Варіант досліду	Вихідний фон (березень)	Травень	Липень	Вересень	Післявегетаційний облік (листопад)
Контроль	8.5	9.2	14.6	12.1	10.8
Хімічний еталон	8.4	1.2	4.1	5.3	7.9
Біопрепарат	8.6	2.4	1.8	1.5	1.1
LSD_{05} (HIP_{05})	*н.с.*	*0.6*	*0.9*	*0.8*	0.7

Статистичні дані таблиці 3 демонструють ефект довготривалої післядії біопрепарату. На відміну від хімічного стандарту, де до листопада спостерігається відновлення популяції патогена (до 7.9 тис. КУО/г) за рахунок вимивання фунгіциду, варіант із Trichoderma забезпечує стабільне зниження інфекційного потенціалу ґрунту до мінімальних значень (1.1 тис. КУО/г). Біоагент успішно пройшов екологічну адаптацію та зайняв домінуючу нішу в ризосфері.

Таблиця 4

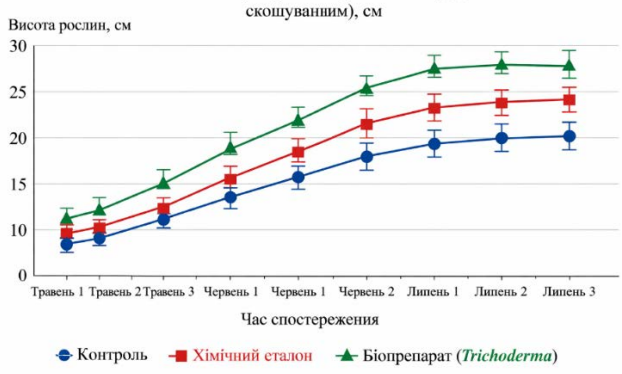
Комплексний вплив схем захисту на декоративні та біометричні показники газону (фінальний інтегральний облік, кінець вересня)

Варіант досліду	Проективне покриття, %	Щільність травостою, шт./дм²	Загальна декоративність, бали (1–5)	Хлорофіл соку листя (індекс SPAD)	Суха біомаса дернини, г/дм²
Контроль	64.5 ± 4.2	112 ± 9	2.8 ± 0.2	31.4 ± 2.2	42.1 ± 3.1
Хімічний еталон	92.1 ± 6.1	168 ± 12	4.5 ± 0.3	44.8 ± 3.1	58.4 ± 4.2
Біопрепарат	96.4 ± 6.9	185 ± 14	4.9 ± 0.3	51.2 ± 3.6	74.6 ± 5.3
LSD_{05} (HIP_{05})	5.1	11	0.3	3.4	4.8

Аналіз Таблиці 4 демонструє, що використання біопрепарату на основі Trichoderma harzianum забезпечує найвищі показники якості газонних фітоценозів, суттєво переважаючи як контроль (64,5 % покриття, 2,8 бала), так і хімічний стандарт (4,5 бала). Біоагент стимулює фізіологічні процеси, підвищуючи індекс SPAD до 51,2 та суху біомасу дернини до 74,6 г/дм², що забезпечує насичений колір та розвинену підземну архітектоніку. Ефективність Trichoderma як комплексного еліситора та стимулятора дозволяє сформувати стійке покриття з проективним покриттям 96,4 %, що робить цей метод пріоритетним для ландшафтного будівництва.

Розвиток прикореневої гнилі, зумовленої життєдіяльністю патогена Rhizoctonia solani, у літній період призводить до вогнищевого відмирання травостою та формування виражених «лисин» на газонному покритті. Систематичне застосування мікроміцета Trichoderma harzianum методом фертигації шляхом внесення з поливною водою з інтервалом кожні 21 день дозволило ефективно локалізувати плями ураження та зупинити експансію мікозу. Проведений морфометричний аналіз кореневої системи злакових трав чітко підтвердив високу терапевтичну та фітотонічну дію біоагента порівняно з контрольними ділянками. У контрольному варіанті середня довжина коренів становила лише 8,4 см при сирій масі 100 рослин на рівні 12,4 г, що супроводжувалося масовим утворенням некротичних плям і глибоким деструктивним відмиранням кореневих волосків. Натомість у біологічному варіанті з використанням триходерми середня довжина кореневої системи досягла 14,2 см, а сира маса 100 рослин збільшилася до 21,8 г; при цьому підземні органи злаків мали світле забарвлення, розгалужену архітектоніку та повну відсутність патогенних некрозів. Такий виражений приріст біомаси та покращення морфологічних параметрів свідчать про те, що інтродукований гриб додатково спрацював як потужний ендогенний ростостимулятор за рахунок активного виділення в ризосферу фітогормонів ауксинового ряду.

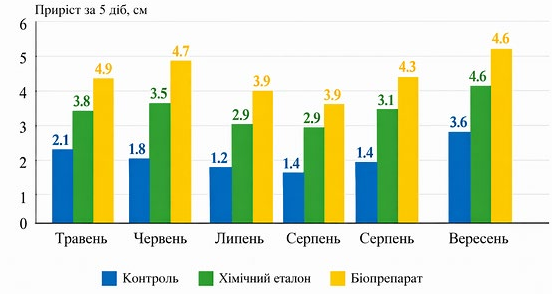
Рисунок 1. Динаміка лінійного приросту вегетативної маси злакових трав (висота травостою перед скошуванням), см



Динаміка лінійного приросту вегетативної маси злакових трав (рис. 1) демонструє достовірні відмінності між варіантами досліду ($p < 0,05$). У контрольному варіанті висота травостою зростала повільно, досягаючи максимуму 11,2 см у третій декаді липня, що свідчить про пригнічення росту внаслідок ураження кореневої системи. Хімічний еталон забезпечив стабільне наростання до 17,9 см, проте приріст залишався помірним. Найвищі показники зафіксовано у варіанті з біопрепаратом Trichoderma – висота травостою досягала 25,1 см, що на 30–35 %

перевищує контроль. Такий ефект пояснюється стимуляцією ростових процесів під впливом фітогормонів (ауксинів), синтезованих грибом, що сприяє активнішому формуванню вегетативної маси.

Рисунок 2. Швидкість регенерацій після регулярного скошування (5-й день після укосу)



Стовпчикова діаграма відображає (рис. 2) швидкість регенерації травостою після укосу на п’ятий день у різні місяці вегетаційного періоду. У контрольному варіанті приріст залишався найнижчим (1,2–2,1 см), що свідчить про слабку відновлюваність рослин після механічного пошкодження. Хімічний еталон забезпечував помірне відростання (2,9–3,8 см), проте його ефективність знижувалася в літні місяці, коли спостерігалися несприятливі температурні умови.

Найвищі показники регенерації зафіксовано у варіанті з біопрепаратом Trichoderma – приріст становив 4,1–4,9 см, що на 30–40 % перевищує контроль. Це свідчить про активізацію ростових процесів під впливом фітогормонів (ауксинів), синтезованих грибом, які стимулюють клітинне ділення та формування нових пагонів. Отже, застосування біопрепарату сприяє швидшому відновленню травостою після укосу, забезпечуючи стабільність продуктивності протягом усього періоду вегетації.

Фундаментальне дослідження механізмів біологічного контролю фітопатогенів передбачає обов'язковий етап безпосередньої візуалізації міжвидової конкуренції мікроміцетів in vitro. Лабораторне моделювання взаємодії системи «біоагент–патоген» дозволяє не лише оцінити швидкість колонізації простору, а й зафіксувати первинні ознаки мікопаразитизму, що відбуваються на клітинному рівні. Експериментальна оцінка просторового та субстратного домінування штамів-продуцентів є ключовим індикатором їхньої майбутньої супресивної активності в природних фітоценозах. Найбільш наочно динаміка цих процесів відображається під час сумісного культивування організмів на щільних штучних субстратах.

Зокрема, на поживному середовищі сусло-агару представлено зустрічний ріст колоній Trichoderma harzianum (зліва) та Fusarium oxysporum (справа) (фото 1). Біоагент утворює пухку, білу колонію з вираженим радіальним розростанням, тоді як патоген характеризується щільною, біло-рожевою колонією з компактним центром. У зоні контакту спостерігається чітка межа, що свідчить про активну конкуренцію за субстрат і простір. Випереджаючий ріст міцелію Trichoderma демонструє її високу конкурентну здатність – швидкість латеральної експансії перевищує показники Fusarium у 2,4 раза. Така динаміка свідчить про ефективне використання джерел вуглецевого живлення та просторове домінування біоагента. Візуально підтверджується початок антагоністичної взаємодії, що може бути пов’язано з виділеннм антибіотичних метаболітів і ферментів, які пригнічують розвиток патогена.

На п’яту добу культивування у чашці Петрі спостерігається формування чіткої зони демаркації між колоніями Trichoderma harzianum (зліва) та Fusarium oxysporum (справа). Біоагент повністю зупинив ріст патогена, утворивши вузьку лінію контакту з ознаками лізису. Міцелій Fusarium у цій зоні набуває напівпрозорого вигляду, втрачає рожевий пігмент і структуру, а на поверхні з’являються дрібні краплі екссудату – характерна ознака деградації клітинних стінок. Візуально фіксується прояв ферментативної активності Trichoderma, що виділяє комплекс екзоферментів – екзо- та ендохітинази, β-1,3-глюканази. Ці ферменти здійснюють перфорацію гіф Fusarium, спричиняючи плазмолізис і вихід цитоплазми у міжклітинний простір. Такий процес підтверджує прямий механізм антагонізму – ферментативне руйнування міцелію фітопатогена**,** яке є ключовим етапом біоконтролю в системі «біоагент – патоген».

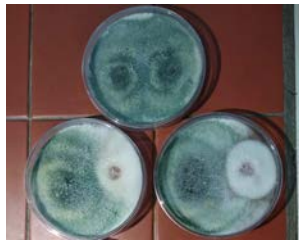


Фото 1. Ріст колоній Trichoderma harzianum (зліва) та Fusarium oxysporum (справа) на п’яту добу

Мікрофотографія, отримана методом світлової мікроскопії (фото 2), демонструє явище гіперпаразитизму Trichoderma harzianum щодо Fusarium oxysporum. На зображенні чітко видно товсті, прямолінійні гіфи фузаріуму, які щільно обплетені тонкими, розгалуженими гіфами триходерми. У місцях інтенсивного контакту спостерігаються характерні здуття – аппресорії паразита, що утворюють спіралеподібні структури навколо гіф хазяїна. Світлова мікроскопія підтверджує прямий механізм мікопаразитизму. Аппресорії Trichoderma фіксуються на клітинній оболонці Fusarium і забезпечують локальне впорскування літичних ферментів та антибіотичних метаболітів. Це призводить до порушення метаболізму патогена, руйнування клітинних стінок і зупинки росту міцелію. Таким чином, фото є морфологічним доказом гіперпаразитизму, що підтверджує ефективність біоконтрольного механізму триходерми.

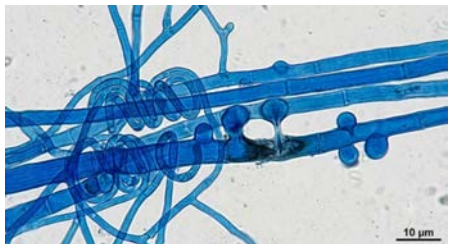


Фото 2. Світлова мікроскопія (×400). Гіперпаразитизм Trichoderma harzianum щодо Fusarium oxysporum: тонкі гіфи триходерми обплітають товсті гіфи фузаріуму з утворенням аппресоріїв

Висновки та перспективи подальших досліджень. Узагальнення результатів проведених досліджень дозволяє констатувати, що мікроміцети роду Trichoderma виявляють себе як високоефективні та екологічно безпечні агенти біологічного контролю фузаріозу та комплексу прикореневих гнилей на газонних покриттях у садово-парковому господарстві.

Встановлено, що реальна біологічна ефективність застосування штамів Trichoderma harzianum проти агресивних ізолятів Fusarium oxysporum досягає стабільно високих показників у межах 78–85 %, що за своїми терапевтичними та профілактичними наслідками повністю співставно з дією сучасних хімічних еталонів. Така висока фунгіцидна здатність дозволяє суттєво знизити хімічний пресинг на міські екосистеми або повністю виключити використання токсичних пестицидів на основі флудіоксонілу під час догляду за газонними фітоценозами. Важливою перевагою біологічного методу є запобігання виникненню резистентних форм патогенів та пролонгована післядія препарату, яка, на відміну від хімічних засобів, не послаблюється під впливом регулярного штучного зрошення та сонячної інсоляції, а зберігається до кінця вегетаційного періоду.

Експериментально доведено, що окрім безпосередньої фунгіцидної та захисної дії, гриб-антагоніст виявляє виражений рістрегулюючий та фітотонічний ефект на досліджувані компоненти газонних сумішей. За рахунок активного біосинтезу та виділення в ризосферу ендогенних фітогормонів ауксинового ряду, Trichoderma harzianum стимулює розвиток підземної архітектоніки рослин, збільшуючи загальну біомасу кореневої системи злаків на 40–55 %. Це призводить до інтенсивного розгалуження кореневих волосків, оптимізації водного та фосфорного живлення, а також суттєвого підвищення загальної стійкості газонного травостою до критичних літніх антропогенних та кліматичних факторів – інтенсивного рекреаційного витоптування, регулярного скошування та тривалої повітряно-ґрунтової посухи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Weindling R. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. *Phytopathology*. 1932. Vol. 22, no. 10. P. 837–845. DOI: 10.5555/19331100368 *(ідентифікатор CABI)*

2. Weindling R. Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. *Phytopathology*. 1934. Vol. 24. P. 1157–1179. DOI: 10.1016/S0007-1536(71)80077-3 *(архівний серійний індекс)*

3. Reese E. T. A microbiological progress report: enzymatic hydrolysis of cellulose. *Applied Microbiology*. 1956. Vol. 4, no. 1. P. 39–45. DOI: 10.1128/am.4.1.39-45.1956

4. Biological control of soil-borne plant pathogens by *Trichoderma harzianum* / I. Chet et al. *Soil Biology and Biochemistry*. 1981. Vol. 13, no. 4. P. 312–321. DOI: 10.1016/0038-0717(81)90014-0

5. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts / G. E. Harman et al. *Nature Reviews Microbiology*. 2004. Vol. 2, no. 1. P. 43–56. DOI: 10.1038/nrmicro797

7. Schuster A., Schmoll M. Biology and biotechnology of *Trichoderma*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2010. Vol. 87, no. 3. P. 787–799. DOI: 10.1007/s00253-010-2632-1

8. Tyśkiewicz R., Nowak A., Ozimek E., Jaroszuk-Ściseł J. 2022.Trichoderma: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. International Journal of Molecular Sciences 23, 2329. https:// doi.org/10.3390/ijms23042329

9. Jaroszuk-Ściseł J., Tyśkiewicz R., Nowak A., Ozimek E., Majewska M., Hanaka A., Tyśkiewicz K., Pawlik A. Janusz G. 2019. Phytohormones (auxin, gibberellin) and ACC deaminase in vitro synthesized by the mycoparasitic Trichoderma DEMTkZ3A0 strain and changes in the level of auxin and plant resistance markers in wheat seedlings inoculated with this strain conidia. International Journal of Molecular Sciences 20: 4923; doi:10.3390/ijms20194923

10. Harman G. E. Myths and dogmas of *Trichoderma* biocontrol: Changes in our perceptions. *Phytopathology*. 2006. Vol. 96, no. 2. P. 190–194. DOI: 10.1094/PHYTO-96-0190

11. Chet I., Inbar J. Biological control of fungal pathogens. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 1994. Vol. 48, no. 1. P. 37–43. DOI: 10.1007/BF02825358

12. Волкогон В. В. Мікробні препарати у землеробстві: теорія і практика. Київ : Аграрна наука, 2010. 512 с. ISBN: 966-540-042-8.

13. Patrycja Zembek, Urszula Perlińska-Lenart, Kurt Brunner, Barbara Reithner, Grażyna Palamarczyk, Robert L. Mach, and Joanna S. Kruszewska *Elevated activity of dolichyl phosphate mannose synthase enhances biocontrol abilities of Trichoderma atroviride.* Molecular Plant – Microbe Interactions (2011) 24(12): 1522–1529 IF 4.010 https://doi.org/10.1094/MPMI-02-11-00

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

UDC 633.844:632.7
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.27

SPECIES COMPOSITION OF MUSTARD PESTS

Ratushnyi Ye.V. *– Postgraduate student at the Department of Zoology, Entomology, Phytopathology, Integrated Plant Protection and Quarantine named after B.M. Litvinov, State Biotechnological University*
orcid.org/0009-0006-4282-1116
Stankevych S.V. *– Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Zoology, Entomology, Phytopathology, Integrated Plant Protection and Quarantine named after B.M. Litvinov, State Biotechnological University*
orcid.org/0000-0002-8300-2591
Zabrodina I.V. *– Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Zoology, Entomology, Phytopathology, Integrated Plant Protection and Quarantine named after B.M. Litvinov, State Biotechnological University*
orcid.org/0000-0001-8122-9250

Mustard is an important oilseed crop and has significant economic importance due to its high nutritional, technical and feed value. Four main types of mustard are cultivated in world agriculture: white (English), gray (Sareptian), black (French) and Abyssinian (Krambe). The total area of their cultivation in the world is about 3.0 million hectares, which indicates the important role of this crop in the structure of crop production.

One of the factors that significantly limits the realization of the productivity potential of mustard is the harmful entomocomplex. The mass development of phytophages leads to significant crop losses, which under favorable conditions for pests can exceed 30–40%, and also negatively affects the quality indicators of seeds. In this regard, the study of the species composition of harmful entomofauna and the identification of the most economically dangerous species is one of the priority areas of modern entomological research.

The aim of the work was to carry out a critical analysis of domestic and foreign scientific publications devoted to the species composition and features of the formation of the entomocomplex of mustard agrocenoses. To achieve this goal, more than 50 scientific literary sources were analyzed, which highlighted the structure of the entomofauna of oilseed cabbage crops, the features of the biology of individual species of phytophagous insects, the level of their harmfulness and economic significance. The results of the analysis show that in all regions of the world where mustard is grown, a fairly diverse complex of harmful insects is formed, the species composition of which depends on natural and climatic conditions, crop cultivation technology and features of agrolandscapes. More than 50 species of phytophagous insects associated with mustard crops have been registered in Ukraine. The most economically important among them are cruciferous fleas, rapeseed flower borers, cruciferous bugs, cabbage stem cryptic predators, rapeseed sawflies and cabbage aphids, which can significantly reduce yields and deteriorate the quality of the resulting products.

In European countries, the entomological complex of mustard agrocenoses is characterized by even greater species diversity and includes about 100 species of harmful insects. The dominant position is occupied by cruciferous fleas, various species of cryptic predators, rapeseed flower borers, as well as other specialized phytophagous insects of the Brassicaceae family, which, when massively multiplying, can cause significant economic damage to crops.

In the countries of Central Asia, more than 80 species of pests have been found on mustard crops. The most dangerous include cruciferous flea beetles, rapeseed sawfly, cabbage moth,

© Ratushnyi Ye.V., Stankevych S.V., Zabrodina I.V., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

mustard whitefly, mustard leafhopper, as well as alfalfa and beet bugs. High air temperatures and a long growing season in this region create favorable conditions for the intensive development of many species of phytophagous insects and an increase in the number of their generations during the year.

The insect complex of oilseed cabbage crops in China is represented by 39 species of phytophagous insects, while about 25 species have been registered in Mongolia. For the agrocenoses of North America, the mustard whitefly and cabbage moth are of greatest economic importance, which, under favorable weather conditions, are capable of forming large populations and causing significant crop losses. The data presented indicate significant regional specificity in the formation of mustard entomocomplexes, however, regardless of geographical location, specialized phytophages of cabbage crops play a dominant role in the structure of harmful entomofauna, which requires constant phytosanitary monitoring and the use of integrated plant protection systems.

Key words: *mustard, pests, phytophagous, species composition, entomofauna, range.*

Ратушний Є.В., Станкевич С.В., Забродіна І.В. Видовий склад шкідників гірчиці

Гірчиця належить до важливих олійних культур і має вагоме господарське значення завдяки високій харчовій, технічній та кормовій цінності. У світовому землеробстві культивують чотири основні види гірчиці: білу (англійську), сизу (сарептську), чорну (французьку) та абіссінську (крамбе). Загальна площа їх вирощування у світі становить близько 3,0 млн га, що свідчить про важливу роль цієї культури в структурі виробництва рослинницької продукції.

Одним із чинників, що істотно обмежують реалізацію потенціалу продуктивності гірчиці, є шкідливий ентомокомплекс. Масовий розвиток фітофагів призводить до значних втрат урожаю, які за сприятливих для шкідників умов можуть перевищувати 30–40 %, а також негативно впливає на якісні показники насіння. У зв'язку з цим вивчення видового складу шкідливої ентомофауни та визначення найбільш економічно небезпечних видів є одним із пріоритетних напрямів сучасних ентомологічних досліджень.

Метою роботи було здійснення критичного аналізу вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій, присвячених видовому складу та особливостям формування ентомокомплексу агроценозів гірчиці. Для досягнення поставленої мети проаналізовано понад 50 наукових літературних джерел, у яких висвітлено структуру ентомофауни олійних капустяних культур, особливості біології окремих видів фітофагів, рівень їхньої шкодочинності та економічне значення.

Результати проведеного аналізу свідчать, що в усіх регіонах світу, де вирощують гірчицю, формується досить різноманітний комплекс шкідливих комах, видовий склад якого залежить від природно-кліматичних умов, технології вирощування культури та особливостей агроландшафтів. На території України зареєстровано понад 50 видів фітофагів, пов'язаних із посівами гірчиці. Найбільше економічне значення серед них мають хрестоцвіті блішки, ріпаковий квіткоїд, хрестоцвіті клопи, капустяний стебловий прихованохоботник, ріпаковий пильщик і капустяна попелиця, які здатні істотно знижувати врожайність та погіршувати якість отриманої продукції.

У країнах Європи ентомокомплекс гірчичних агроценозів характеризується ще більшою видовою різноманітністю й налічує близько 100 видів шкідливих комах. Домінуюче положення займають хрестоцвіті блішки, різні види прихованохоботників, ріпаковий квіткоїд, а також інші спеціалізовані фітофаги родини Капустяних (Brassicaceae), які за масового розмноження можуть завдавати значної економічної шкоди посівам.

У країнах Середньої Азії на посівах гірчиці виявлено понад 80 видів шкідників. До найбільш небезпечних належать хрестоцвіті блішки, ріпаковий пильщик, капустяна міль, гірчичний білан, гірчичний листоїд, а також люцерновий і буряковий клопи. Високі температури повітря та тривалий вегетаційний період у цьому регіоні створюють сприятливі умови для інтенсивного розвитку багатьох видів фітофагів і збільшення кількості їхніх поколінь протягом року.

Ентомокомплекс олійних капустяних культур у Китаї представлений 39 видами фітофагів, тоді як у Монголії зареєстровано близько 25 видів. Для агроценозів Північної Америки найбільше економічне значення мають гірчичний білан і капустяна міль, які за сприятливих погодних умов здатні формувати чисельні популяції та спричиняти істотні втрати врожаю. Наведені дані свідчать про значну регіональну специфіку формування ентомокомплексів гірчиці, однак незалежно від географічного положення домінуючу роль

у структурі шкідливої ентомофауни відіграють спеціалізовані фітофаги капустяних культур, що потребує постійного фітосанітарного моніторингу та застосування інтегрованих систем захисту рослин.

Ключові слова: *гірчиця, шкідники, фітофаги, видовий склад, ентомофауна, ареал.*

Relevance of the research topic. Mustard is of great economic importance as an oil crop. Its seeds produce oil that is not inferior in quality to sunflower. Four types of mustard are grown in the world: white, or English (*Sinapis alba* L.), gray, or Sarepta (*Brassica juncea* (L) Czern), black, or French (*Brassica nigra* (L.) W. D. J. Koch) and Abyssinian, or Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex. R.E.Fr.). The world area occupied by mustard is about 3.0 million hectares. In Ukraine, mustard is grown in all regions and the Autonomous Republic of Crimea. The area of gray mustard in Ukraine is about 85 thousand hectares with a grain yield of 0.8–1.2 t/ha. The area occupied by white mustard in Ukraine is small. The average yield is 1.2–1.5 t/ha. Black mustard is almost not grown in Ukraine. The average yield is up to 1.5 t/ha. Abyssinian mustard is not yet grown in Ukraine, but in neighboring countries the yield is up to 3.0 t/ha, and the sown areas reach over 50 thousand ha. On the way to obtaining high mustard yields, a number of obstacles arise, the main of which is a complex of pests that reduce the potential yield by 30–40% or more every year [1, 2, 23, 52].

The goal is to conduct a critical analysis of domestic and foreign scientific literature sources on harmful entomofauna of mustard agrocenoses.

Research methodology. In order to establish the dominant species of mustard pests that may be of economic importance, we analyzed more than 50 domestic and foreign literary sources on the structure of the entomocomplex of oilseed cabbage agrocenoses.

Research results. In Ukraine and neighboring countries, the complex of pests of cabbage crops is characterized by species diversity, more than 300 species have been described. The most complete faunal description of pests of cabbage crops, including mustard, in the conditions of the Forest-Steppe and Polissya of Ukraine is given in the work of A. P. Kryshtal [10], who described 211 species of insects, or 14% of all harmful to agricultural crops insects, among which 56 species are specialized. Domestic scientists M. P. Sekun [16], M. Krut [11, 12], Yu. G. Krasylovets [9], L. I. Kava [7] and Laba Yu. R. [13, 14] indicate that oilseed cabbage crops in Ukraine are damaged by about 50 species of pests. Z. I. Gurova [2] and L. I. Kolesnik [8] name 40 species each, while V. S. Zhuravsky [5, 6] lists only 27 species of harmful insects. According to R. V. Yakovlev [20, 21, 22], mustard is damaged by 32 species of phytophagous insects in the Forest-Steppe of Ukraine. The most harmful species in the Forest-Steppe of Ukraine are the cruciferous flea (*Phyllotreta spp*.), the rapeseed flower beetle (*Meligethes aeneus* F.), the cruciferous bugs (*Eurydema spp*.), the cabbage stem borer (*Ceuthorrhynchus quadridens* Panz.), the rapeseed sawfly (*Athalia rosae* L.) and the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). Tsybulko V. I. [3] notes that in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine, cabbage crops are damaged by about 60 species of polyphagous and specialized insects.

According to our data, oilseed cabbage crops in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine are damaged by 54 species of specialized and polyphagous pests belonging to 8 orders and 22 families. Of these, 29 species are specialized pests, and 25 are polyphagous. The most dangerous species are cruciferous fleas, rapeseed flower beetles, cruciferous bugs and cabbage aphids [1, 2, 3, 52].

According to O. A. Ivantsova [52], 103 species of pests were registered on Sarepta mustard in the Volga region. And V. V. Velichko [3] indicates that in the non-chernozem

zone mustard is damaged by 86 species of insects. According to L. O. Kanter [3], 45 species of insects harmful to mustard have been registered in Western Transbaikalia. Antsupova T. E. [52] names 19 species of harmful in the Kuban, and Amosov Yu. M. [3] describes 25 species that are harmful in Yakutia. Semakov V. V. [52] names 22 species of harmful in Kamchatka. In Uzbekistan [3, 52] mustard is damaged by 82 species of insects. In the Chui Valley of Kyrgyzstan, cabbage crops are inhabited by 6 species of aphids, 2 of which damage the root system [23]. In Kazakhstan, 66 species of pests have been described for mustard. The most dangerous are the cruciferous flea beetle, the rapeseed sawfly, the cabbage moth, the mustard whitefly, the mustard leafhopper, the alfalfa and beet bugs [23].

The entomological complex of oilseed cabbage crops in China includes 39 species of phytophagous insects [25], and Zh. Lkhagva [52] lists 25 species of insects that cause damage to cabbage crops in Mongolia.

In Latvia, 94 harmful species were identified, 15 of which were recorded for the first time [23]. In the Czech Republic and Slovakia, the most common pests are the rapeseed flower beetle, the hidden beetle, the cabbage whitefly and the cabbage scoop [23]. In Bulgaria, Belgium, Germany, and France, the most harmful species are the cruciferous flea beetle, the hidden beetle, the rapeseed flower beetle, the rapeseed sawfly, the cabbage midge, and the cabbage aphid [31, 32, 33, 34, 54]. Spanish entomologists list the cabbage whitefly, the cabbage moth, the mustard bug, and the rapeseed sawfly among the most harmful insects on mustard [27]. D. Spaar [52] indicates that the rapeseed flower beetle is the most dangerous pest of all oilseed cabbage crops in Germany, Poland, and France. In Norway, one of the main pests is the rapeseed flower beetle [24]. In Switzerland [26], the main pests are the rapeseed flower beetle, the hidden beetle, and the cruciferous flea beetle. In Hungary, the most harmful are the rapeseed flower borer and the hidden hornworm [36]. In Poland, the greatest losses are caused by the rapeseed flower borer, the hidden hornworm, the rapeseed midge, the cruciferous flea beetle, the spring cabbage fly and the rapeseed sawfly, and recently the cabbage moth and the cabbage aphid have received special attention [37, 38, 39, 40, 41, 53, 54]. In Moldova, mustard crops are massively colonized by aphids: cabbage, melon, green peach and large potato [23]. In Romania, mustard plants are damaged by the white-legged and black flea beetle, the cabbage moth, the cabbage scoop and the whitefly. In addition, damage is caused by the rapeseed sawfly, rapeseed leafworm, and mustard leafworm, as well as the rapeseed (seed) and rapeseed flower beetle [23].

Entomologists in the United States report that the mustard whitefly caused losses of $200,000 in 2006, whose caterpillars skeletonized leaves, resulting in a yield reduction of more than 50% [28]. Canada, the world leader in mustard cultivation, suffers losses every year from the cabbage moth, whose caterpillars, by gnawing out “windows” in the leaves, reduce the potential mustard yield by almost 2 times [29, 30, 35].

Conclusions and prospects for further research.

1. From the conducted critical analysis of scientific literature, we can see that in all countries where mustard is grown, a fairly diverse species composition of harmful insects can be observed.
2. In Ukraine, more than 50 species of pests have been described. The dominant ones are cruciferous fleas, rapeseed mealybugs, cruciferous bugs, cabbage stem hoppers, rapeseed sawfly and cabbage aphids.
3. In Europe, the species composition of mustard pests is quite diverse, numbering about 100 species. The most harmful species include cruciferous fleas, rapeseed mealybugs, rapeseed sawfly, cabbage midge and cabbage aphids.

4. In Central Asia, mustard is damaged by more than 80 species of pests. The most dangerous are cruciferous flea beetles, rapeseed sawfly, cabbage moth, mustard whitefly, mustard leafhopper, alfalfa and beet bugs.

5. The entomological complex of oilseed cabbage crops in China includes 39 species of phytophagous insects, and in Mongolia – 25 species.

6. In North America, the most economically important species are mustard whitefly and cabbage moth.

REFERENCES:

1. Вільна В.В., Станкевич С.В. Хрестоцвіті клопи та ріпаковий квіткоїд – головні шкідники генеративних органів олійних капустяних культур у Східному Лісостепу України. *Вісті Харк. ентомол. т-ва*. 2014. Т. 22. Вып. 1–2. С. 5–11.

2. Євтушенко М.Д., Станкевич С.В., Вільна В.В. Хрестоцвіті блішки, ріпаковий квіткоїд на ріпаку ярому й гірчиці у Східному Лісостепу України: монографія. Харків: Майдан, 2014.170 с.

3. Євтушенко М.Д., Вільна В.В., Станкевич С. В. Хрестоцвіті клопи на ріпаку ярому й гірчиці у Східному Лісостепу України: монографія. Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. 184 с.

4. Євтушенко М.Д., Федоренко Н.В., Станкевич С.В. Видовий склад та динаміка чисельності основних шкідників олійно-капустяних культур у Харківській області. *Вісн. Харк. нац. аграр. ун-ту ім. В. В. Докучаєва. Серія "Ентомологія та фітопатологія"*. 2008. № 8. С. 47–54.

5. Журавський В. С., Секун М. П. Хімічний метод обмеження чисельності основних шкідників ярого ріпаку. *Наук.-техн. бюл. Ін-ту олійних культур УААН.* 2007. Вип. 12. С. 188–192.

6. Журавський В. С., Секун М. П., Скрипник О. В. Інсектициди проти хрестоцвітих блішок на ярому ріпаку. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* 2007. Вип. 53. С. 59–63.

7. Кава Л., Станкевич С. Шкідники ріпаку готуються до нового сезону. *Пропозиція.* 2013. №3 (218). С. 120–122.

8. Колеснік Л. І. Основні шкідники капусти білоголової у східному лісостепу України. Екологія і прогноз розвитку: автореф. дис. канд. біол. наук. Харків, 2007. 20 с.

9. Красиловець Ю. Г. Наукові основи фітосанітарної безпеки польових культур. Харків: Магда LTD, 2010. 416 с.

10. Кришталь О. П. Комахи-шкідники сільськогосподарських рослин в умовах Лісостепу та Полісся України. Київ: Вид. Київ. ун-ту, 1959. 358 с.

11. Круть М. Комплексний захист ріпаку від шкідників. *Пропозиція*. 2003. № 10. С 70–71.

12. Круть М. На озимому та ярому ріпаку мешкає близько 50 видів шкідників. *Зерно і хліб.* 2011. № 3. С. 60–61.

13. Лаба Ю. Р. Шкідники ріпаку. Видовий склад в умовах центрального та західного Лісостепу України. *Насінництво*. 2009. № 2. С. 11–13.

14. Лаба Ю Р. Обґрунтування захисту ріпаку від шкідників у Центральному Лісостепу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук. Київ, 2012. 20 с.

15. Ратушний Є.В., Станкевич С.В., Забродіна І.В., Меленті В.О., Немерицька Л.В. Шкідники гірчиці в Україні та Світі: розширений огляд. *Аграрні інновації*. 2025. №30. С. 135–140. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.20

16. Секун М. П. Захист посівів ярого ріпаку від шкідників. *Агроном.* 2009. № 2. С. 80–84.

17. Станкевич С.В., Кава Л.П. Шкідники ріпаків озимого і ярого у східному та центральному Лісостепу України. *Наук. Доп. НУБіП України*. 2014. № 4. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2014_4_11.pdf

18. Станкевич С.В., Кава Л.П. Видовий склад шкідників ріпаків озимого і ярого у Східному Лісостепу України. *Наук. огляд*. 2014. Т. 8. Вип. 9. С. 79–86.

19. Яковлєв Р. В. Особливості формування структури ентомофауни агроценозу гірчиці у Південно-Східному Лісостепу України. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат.зб*. 2008. Вип. 54. С. 376–380.

20. Яковлєв Р. В. Шкідливість фітофагів на посівах гірчиці в умовах Лісостепу України. *Зб. тез міжнар. конф. «Сучасні наукові проблеми створення сортів та гібридів олійних культур та технології їх вирощування».* Запоріжжя: Диво, 2009. С. 89–90.

21. Яковлєв Р. В., Рубан М. Б. Основні фітофаги гірчиці та їх шкідливість у Лісостепу України. *Наук. вісник НУБіП України*. 2010. Вип. 145. С. 154–161.

22. Яковлєв Р В. Ентомокомплекс гірчичного агроценозу та заходи регулювання його чисельності в Лісостепу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук. Київ, 2012. 20 с.

23. Яковлєв Р.В. Ентомокомплекс гірчичного агроценозу: монографія. Київ: Компринт, 2016. 192 с.

24. Andersen A. Kjos Ø., Nordhus E., Johansen N. S. Resistens mot pyretroider hos rapsglansbille — hva nå? *Plantemotet*. 2008. № 3 (1). S. 94–95.

25. Buchs W. Tierische schadlinge unol Ihre Antogonisten in Rapsculturen. [Arbeiten Zu Biologie, Epidemiologie, naturlicher Regulation and chemischer Bekampfung in der 100-Janrigen Geschichte der Biologischen Bundesantalt fur Land – und Forstwireschaft]. *Mitt. Biol. Bundesanst*. 1998. №340. P. 86–106.

26. Carrel K., Schmid J. E., Stamp P. Bedeutung gentechnisch veränderter Krankheits- und schädlingsresistenter Kulturpflanzen für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Zürich: Institut für Pflanzenwissenschaften Bereich Ackerbau, 1995. 95 s.

27. Castro A. R. „Oruga“ o „coqullo“ de la alfalfa (Colaspidema atrum.) *Estacion de fitopatologia agricola de Almeria*. 1934. P. 259.

28. Evenden M. L., Keddie B. A. L. Body size, age, and disease influence female reproductive performance in *Synchloe daplidice* L. (Lepidoptera: Pieridae). *Annals of the Entomological Society of America.* 2006. № 5. P. 837–844.

29. Harcourt D. G. Biology of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae), in eastern Ontario. II. Life-history, behaviour, and host relationship. *The Canadian Entomologist*. 1957. № 12. P. 554–564.

30. Hillyer R. J., Thorsteinson A. J. The influence of the host plant or males on ovarian development or oviposition in the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curt.). *Canadian Journal of Zoology*. 1969. №47. P. 805–816.

31. Hoffman G. M., Schmutterer H. Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landirtschaftlichen Kulturpflancen. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 1983. 488 s.

32. Johnen A. Der Rapserdfloh ist wieder ein Thema! *Raps*. 2006. № 1. S. 10–15.

33. Johnen A. Klingenhagen G. Schedlingskontrolle im Raps. Bekämpfungsstrategien und Entscheidungshifiten. *Raps*. 2006. № 1. S. 18–23.

34. Knoll D. Pflanzenschutz im Raps Erfahrungen und Empfehlungen aus schleswigholstcinischer Sicht. *Raps*. 1997. № 1. S. 36–38.

35. Löhr B., Gathu R. Evidence of adaptation of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), to pea, *Pisum sativum* L. *Insect Science and its Application*. 2002. №22. P. 161–174.

36. Marczali Z. A termesztett keresztesvirágú növényeken élő Meligethes és Ceutorhynchus fajok elterjedése és ökológiája: doktori (phd) értekezés. Marczali – keszthely, 2006. 129 s.

37. Mrówczyński M. Uszkadzanie typów i odmian rzepaku ozimego przez szkodniki. *Część III. Szkodniki kwiatostanów i łuszczyn. Prace Nauk. Inst. Ochr. Roślin*. 1992. № 34 (1/2). S. 45–62.

38. Mrówczyński M. Studium nad doskonaleniem ochrony rzepaku ozimego przed szkodnikamiю *Rozpr. Nauk. Inst. Ochr. Roślin*. 2003. №. 10. 61 s.

39. Mrówczyński M., Praczyk, H. Wachowiak, M. Korbas, R. Gwiazdowski Integrovaná ochrana řepky před škůdci, chorobami a plevely v Polsku. *Sborník konference s mezinárodní účastí «Řepka, mák, hořčice 2006»*. Praha, 2006. S. 103–116.

40. Mrówczyński M. Pruszyński G., Wachowiak H., Bereś P. Nowe zagrożenia upraw rolniczych przez szkodniki ze szczególnym uwzględnieniem kukurydzy. *Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin*. 2007. № 47 (1). S. 323–330.

41. Mrówczyński M., Pruszyński G. Metodyka integrowanej produkcji rzepaku ozimego i jarego. Warszawa, 2007. 96 s.

42. Plagas del campo. Memoria del Servicio fitopatologico Agricola. Ministerio de agriculture. Madrid, 1933. 250p.

43. Stankevych, S.V., Yevtushenko, M.D., Vilna, V.V. et al. Integrated pest management of flea beetles (Phyllotreta spp.) in spring oilseed rape (Brassica napus L.). *Ukrainian Journal of Ecology*, 2019. 9(3), 198–207. DOI: 10.15421/2019_730

44. Stankevych, S.V., Yevtushenko, M.D., Vilna, V.V. et al. Efficiency of chemical protection of spring rape and mustard from rape blossom beetle. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2019. 9(4), 584–598. DOI: 10.15421/2019_794

45. Stankevych, S.V., Yevtushenko, M.D., Zabrodina, I.V. et al. Pests of oil producing cabbage crops in the eastern forest–steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. 10(5), 223–232. DOI: 10.15421/2020_234

46. Stankevych S.V., Yevtushenko M.D., Zabrodina I.V. et al. Species ratio in the complex of the cruciferous bugs and seasonal dynamics of the population number. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021. 10 (6), 243–248. DOI: 10.15421/2020_289

47. Stankevych, S.V., Yevtushenko, M.D., Vilna, V.V. et al. Species ratio in the complex of the cruciferous bugs and seasonal dynamics of the population number. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021. 11 (1), 38-45. DOI: 10.15421/2021_6

48. Stankevych, S.V., Vilna, V.V., Zabrodina, I.V. et al. Harmfulness of cruciferous bugs. *Ukrainian Journal of Ecology,* 2021. 11 (2), 417-428. DOI: 10.15421/2021_131

49. Stankevych, S.V., Vilna, V.V., Zabrodina, I.V. et al. Efficiency of chemical protection of spring rape and mustard from cruciferous bugs. *Ukrainian Journal of Ecology,* 2021. 11 (3), 52-59. DOI: 10.15421/2021_141

50. Stankevych S., Zabrodina I., Filatov M. et al. Flea beetles (*Phyllotreta spp*.): species composition, range, bioecological features, harmfulness and protection measures. Review. *Ukrainian journal of ecology*. 2021. 2021. 11 (7) P. 154–168. DOI: 10.15421/2021_253

51. Stankevych S., Zabrodina I., Yushchuk D. et al. Eurydema bugs: Review of distribution, ecology, harmfulness, and control. *Ukrainian journal of ecology*. 2021. 11 (9) P. 131–149. DOI: 10.15421/2021_307

52. Stankevych S.V., Yevtushenko M.D., Vilna V.V. Dominant pests of spring rape and mustard in the eastern Forest-Steppe of Ukraine and ecologic protection from them: monograph. Kharkiv: Publishing House I.Ivanchenko, 2020. 140 p.

53. Vilinskiy T. V. Zasady jarrneho osetro vania repky Ozimnej. *Poda Uroda*, 1974. R. 21. № 1. S. 16–18.

54. Volker H. P. Raps. Krankheiten, Schädlinge, Schadpflanyen. Gelsenkirchen-Buer: Verlag Th. Mann, 2003. 200 s.

55. Walkowski T. Rzepak jary. Poznan, 2002. 67 p.

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.854.78:631.559:631.526.3(477.51)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.28

ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТИПІВ У ПІВНІЧНІЙ ЧАСТИНІ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Риженко А.С. *– д.філос. (PhD),*
старший викладач кафедри агрономії,
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів
і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»
orcid.org/0000-0001-7850-9171
Царук І.В. *– д.філос.(PhD),*
старший викладач кафедри агрономії,
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів
і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»
orcid.org/0000-0002-7383-1919

В умовах посилення міжрічної мінливості температурного режиму та вологозабезпечення добір соняшникових гібридів лише за декларованою групою стиглості або гербіцидною технологією не гарантує стабільного виробничого результату. Метою дослідження було встановити особливості формування врожайності гібридів соняшнику різних груп стиглості та технологічних типів у північній частині Лівобережного Лісостепу України за результатами виробничо-демонстраційного масиву 2023–2025 рр. Проаналізовано 198 валідних облікових записів урожайності, скоригованої до стандартної вологості насіння 8 %. Для усунення впливу неоднакового загального фону років урожайність кожного запису нормували відносно середнього значення відповідного року. Для груп визначали чисельність, середнє, медіану, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, мінімум, максимум і частку результатів понад річний фон. Відмінності оцінювали за критерієм Краскела–Волліса; для окремих річних зрізів додатково використовували однофакторний дисперсійний аналіз. За сукупністю років найвищу середню відносну врожайність сформували середньоранні та середньостиглі гібриди – 102,68 і 102,30 % річного фону; частка спостережень понад 100 % становила відповідно 70,15 і 66,10 %. Ранньостиглі гібриди забезпечили 94,87 %, а середньопізні – 92,40 %, однак остання група була малочисельною і характеризувалася високою варіабельністю. У 2023–2024 рр. найвищу абсолютну врожайність мали середньоранні гібриди, тоді як у 2025 р. перевага належала середньостиглим. Серед технологічних типів класичні гібриди в середньому сформували 102,87 % річного фону, SU – 98,71 %, Clearfield Plus – 97,56 %, Clearfield – 92,42 %. Статистично виражену диференціацію технологічних груп виявлено лише у 2024 р., тому її не можна трактувати як самостійний ефект гербіцидної системи через незбалансований генотиповий склад вибірки. Практичне значення результатів полягає в обґрунтуванні диверсифікованого портфеля, основу якого доцільно формувати із перевірених середньоранніх і середньостиглих генотипів, доповнюючи їх ранньостиглими формами для розподілу строків цвітіння, наливу та збирання. Остаточне рішення має ґрунтуватися на багаторічній продуктивності й стабільності конкретного гібриду, а технологічний тип – на фітосанітарній потребі поля.

Ключові слова: *скоростиглість, класичні гібриди, SU, Clearfield, Clearfield Plus, відносна врожайність, асортимент.*

© Риженко А.С., Царук І.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Ryzhenko A.S., Tsaruk I.V. Productivity of sunflower hybrids of different maturity groups and technological types in the northern Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Increasing interannual variability in temperature and water supply makes the selection of sunflower hybrids based solely on declared maturity group or herbicide technology insufficient for achieving stable production. The objective of this study was to determine yield patterns of sunflower hybrids representing different maturity groups and herbicide-technology types in the northern part of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine using production-demonstration records from 2023–2025. A total of 198 valid yield records adjusted to the standard seed moisture content of 8% were analysed. To remove differences in the overall annual yield background, each observation was expressed as a percentage of the corresponding yearly mean. Group size, mean, median, standard deviation, coefficient of variation, minimum, maximum and the proportion of observations exceeding the annual background were calculated. Differences were assessed using the Kruskal–Wallis test, while one-way analysis of variance was additionally applied to selected annual subsets. Across the three years, mid-early and mid-season hybrids produced the highest mean relative yields, reaching 102.68 and 102.30% of the annual background, and 70.15 and 66.10% of their observations exceeded 100%, respectively. Early hybrids averaged 94.87%, whereas mid-late hybrids averaged 92.40%; however, the latter group was small and highly variable. Mid-early hybrids had the highest absolute mean yield in 2023 and 2024, while mid-season hybrids ranked first in 2025, demonstrating that group superiority was not constant across environments. Conventional hybrids averaged 102.87% of the annual background, SU hybrids 98.71%, Clearfield Plus 97.56% and Clearfield 92.42%. A marked differentiation among technology groups occurred only in 2024 and cannot be interpreted as an independent effect of the herbicide system because genotype composition and group sizes were unbalanced. The findings support a diversified regional portfolio dominated by proven mid-early and mid-season hybrids and supplemented with early genotypes to distribute flowering, seed filling and harvest periods. Final hybrid choice should rely on multi-year productivity and stability of a particular genotype, whereas the herbicide technology should be selected according to weed spectrum, field history, rotational restrictions and production costs.

Key words: *maturity, conventional hybrids, SU, Clearfield, Clearfield Plus, relative yield, assortment.*

Актуальність теми дослідження. Соняшник залишається однією з базових олійних культур України, а ефективність його вирощування значною мірою визначається відповідністю генотипу конкретним ґрунтово-кліматичним і технологічним умовам. У північній частині Лівобережного Лісостепу теплових ресурсів загалом достатньо для реалізації біологічного потенціалу культури, проте розподіл опадів упродовж активної вегетації є нестабільним. Архівні спостереження для регіону засвідчують чергування вологих, середньозволожених і середньосухих періодів, унаслідок чого перевага гібридів різної тривалості вегетації змінюється залежно від погодного сценарію року [1].

Сучасний ринок насіння одночасно диференціює гібриди за групами стиглості, генетичним потенціалом, толерантністю до гербіцидів і вимогами до агрофону. Група стиглості визначає фенологічну стратегію використання тепла та вологи, строки проходження критичних фаз і організацію збирального конвеєра. Технологічний тип – класичний, SU, Clearfield або Clearfield Plus – насамперед визначає доступний набір інструментів контролю бур’янів. Проте жодна із цих класифікацій не є прямим і універсальним предиктором урожайності. Регіональні дослідження не підтвердили безумовної переваги середньостиглої групи, а реакція гібридів залежала від поєднання погодних умов, густоти посіву, мінерального живлення й особливостей генотипу [2–6].

Постановка проблеми. У виробничо-демонстраційних масивах набір гібридів змінюється за роками, а кількість представників окремих груп є неоднаковою. За таких умов пряме порівняння абсолютних середніх може відображати не лише властивості групи стиглості або технологічного типу, а й відмінності загального

погодного фону та конкретного асортименту. Тому доцільно доповнювати абсолютну врожайність нормованими показниками: відносним результатом щодо середнього річного фону, частотою перевищення цього фону та рівнем внутрішньогрупової мінливості.

Гербіцидні технології мають передусім агротехнічне призначення. Їхня практична перевага визначається видовим складом і чисельністю бур'янів, історією поля, ризиком післядії препаратів, системою обробітку ґрунту та дотриманням регламенту. Дані досліджень свідчать, що співвідношення продуктивності класичних і гербіцидостійких гібридів може змінюватися залежно від року та складу випробуваних генотипів [7, 8]. Отже, необхідно розмежовувати ефект конкретного гібриду й описову належність до технологічної групи.

Метою дослідження було оцінити продуктивність гібридів соняшнику різних груп стиглості та технологічних типів у 2023–2025 рр., визначити сталість групових тенденцій у контрастних погодних умовах і сформулювати практичні підходи до структурування асортименту для північної частини Лівобережного Лісостепу України.

Методика досліджень. Дослідження виконано за матеріалами виробничо-демонстраційного масиву, закладеного в с. Тиниця Ніжинського району Чернігівської області. Проаналізовано 198 валідних облікових записів: 62 у 2023 р., 67 у 2024 р. і 69 у 2025 р. Урожайність насіння перераховували на стандартну вологість 8 %. Регіон дослідження є перехідним від Лівобережного Лісостепу до Полісся. Ґрунтовий покрив дослідного майданчика представлений легкосуглинковим чорноземом із вмістом гумусу 2,98 % та реакцією ґрунтового розчину pH 5,9–6,2. Середня річна кількість опадів становить 550–600 мм, однак їх розподіл у період вегетації є нестабільним [1].

Вегетаційний період 2023 р. характеризувався поєднанням порівняно помірного весняного температурного режиму з різким посиленням вологозабезпечення на початку літа. Інтенсивні опади у червні сприяли формуванню вегетативної маси та кошика, водночас надмірне зволоження створювало передумови для розвитку хвороб. У 2024 р. спостерігався теплий початок вегетації, прискорене накопичення ефективних температур і потенційно нестійке водозабезпечення. За таких умов перевагу могли отримувати генотипи з потужною кореневою системою, ощадливим використанням вологи та здатністю підтримувати функціональність листкового апарату за підвищених температур.

Найконтрастнішими були умови 2025 р. Після раннього переходу середньодобової температури через +5°C у першій декаді березня відбулося повернення холоду: уночі 2 травня зафіксовано заморозки у повітрі інтенсивністю 0…–5°C, а 8 травня – на поверхні ґрунту до 0…–3°C. Надалі теплі періоди чергувалися з локальними зливами, грозами, шквалами та градом. Завершення вегетації було теплим і сухим: середня температура вересня становила близько 17,9°C, кількість опадів – близько 10 мм. Таким чином, роки відрізнялися розподілом тепла й опадів та проявом короткочасних екстремальних явищ.

За групою стиглості в масиві було ідентифіковано 31 ранньостиглий, 67 середньоранніх, 59 середньостиглих, 10 середньопізніх і 2 пізніх записи. За технологічним типом – 75 класичних, 49 SU, 38 Clearfield Plus і 9 Clearfield. Сума записів у підгрупах є меншою за загальну кількість спостережень, оскільки до відповідного групового аналізу включали лише записи з однозначно зазначеною класифікаційною ознакою.

Для міжрічного узагальнення абсолютну врожайність кожного гібриду Y_{ij} нормували щодо середньої врожайності всіх валідних записів відповідного року:

Yвідн. = Yij / Ȳj × 100 %. Для кожної групи визначали n, середнє, медіану, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, мінімум, максимум і частку записів із відносною врожайністю понад 100 %. Відмінності між групами оцінювали непараметричним критерієм Краскела–Волліса; у річних зрізах додатково застосовували однофакторний дисперсійний аналіз. Через незбалансований генотиповий склад одержані статистичні оцінки трактували як пошукові, а не як доказ причинного ефекту групи стиглості чи гербіцидної технології.

Результати досліджень. За сукупністю трьох років найвищу середню відносну врожайність мали середньоранні гібриди – 102,68 % річного фону. Практично ідентичний результат одержано для середньостиглої групи – 102,30 %. Ці групи вирізнялися не лише середнім перевищенням річного фону, а й найбільшою частотою успішних спостережень: 70,15 і 66,10 % відповідно (табл. 1).

Ранньостиглі гібриди сформували в середньому 94,87 % річного фону, а частка результатів понад 100 % становила 38,71 %. Коефіцієнт варіації дорівнював 13,71 %, тобто був вищим, ніж у середньоранньої та середньостиглої груп. Середньопізні гібриди мали середнє значення 92,40 %, але медіану 104,07 %. Така розбіжність між середнім і медіаною пов'язана з кількома низькими результатами та малою чисельністю групи; її CV сягнув 24,34 %. Пізня група була представлена лише двома записами, тому не могла бути використана для змістовного виробничого узагальнення.

Таблиця 1

Відносна врожайність гібридів різних груп стиглості за 2023–2025 рр.

Група стиглості	n	Середня, %	Медіана, %	CV, %	Понад фон, %
Ранньостиглі	31	94,87	98,24	13,71	38,71
Середньоранні	67	102,68	104,63	9,89	70,15
Середньостиглі	59	102,30	103,02	9,27	66,10
Середньопізні	10	92,40	104,07	24,34	60,00

Порівняння всіх п'яти формально виділених груп за критерієм Краскела–Волліса дало H = 14,858 і p = 0,005. Водночас до тесту входила пізня група з n = 2, а діапазони чотирьох основних груп значною мірою перекривалися. Тому статистичну значущість не слід ототожнювати з великою та стабільною біологічною перевагою певної групи стиглості. Спільний аналіз середньої відносної врожайності та частоти перевищення річного фону наочно підтвердив найбільш сприятливий груповий профіль середньоранніх і середньостиглих гібридів (рис. 1).

У розрізі окремих років перевага груп не була сталою. Середньоранні гібриди лідирували у 2023 і 2024 рр., формуючи в середньому 4,222 та 4,302 т/га відповідно. У 2025 р. найвищу середню врожайність забезпечили середньостиглі гібриди – 4,256 т/га, тоді як середньоранні сформували 4,072 т/га (рис. 2). Отже, група стиглості задає загальну фенологічну стратегію, але фактичний результат визначається конкретним поєднанням генотипу та середовища. Це узгоджується з даними про значущість взаємодії гібриду з погодними умовами та агрофоном [2–6, 9].

Середньоранні форми можуть забезпечувати раніше використання доступних ресурсів і зменшувати ризик потрапляння критичних фаз під пізньолітні стреси. Середньостиглі гібриди мають довший період формування асиміляційної поверхні та наливу насіння, що створює передумови для реалізації високого потенціалу за достатнього вологозабезпечення. Ранньостиглі гібриди, попри нижчий груповий

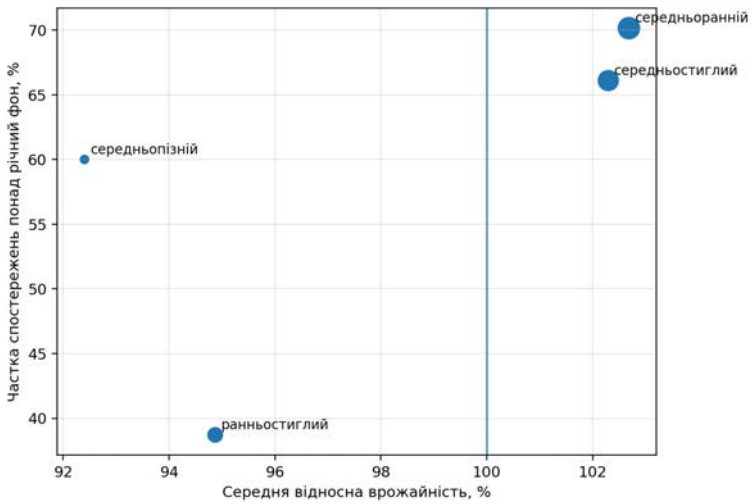


Рис. 1. Співвідношення середньої відносної врожайності та частоти перевищення річного фону групами стиглості

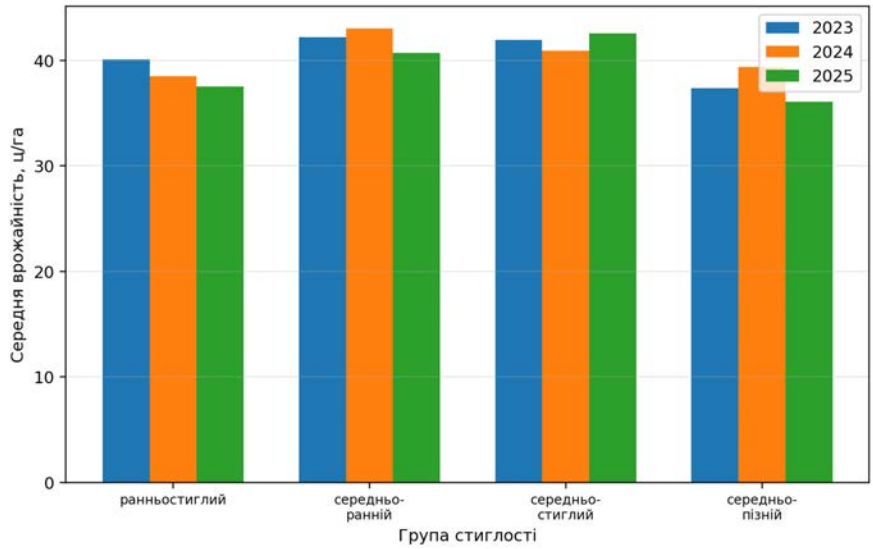


Рис. 2. Середня врожайність груп стиглості в окремі роки

середній результат, залишаються важливим елементом диверсифікації строків цвітіння та збирання, а також зниження ризику пізнього дозрівання.

За технологічними типами найвищу середню відносну врожайність мали класичні гібриди – 102,87 %, а частка результатів понад річний фон становила 72,00 %. SU-гібриди сформували 98,71 %, Clearfield Plus – 97,56 %, Clearfield – 92,42 % (табл. 2). Критерій Краскела–Волліса для чотирьох груп дав $H = 12{,}963$; $p = 0{,}0047$, однак величина ефекту була невеликою.

Таблиця 2

Відносна врожайність технологічних типів за 2023–2025 рр.

Технологічний тип	n	Середня, %	Медіана, %	CV, %	Понад фон, %
Класичні	75	102,87	106,83	11,36	72,00
SU	49	98,71	100,20	10,82	51,02
Clearfield Plus	38	97,56	100,61	14,85	55,26
Clearfield	9	92,42	92,79	14,09	44,44

Технологічні групи відрізнялися не лише стійкістю до певних діючих речовин, а й набором селекційних компаній, групами стиглості та кількістю спостережень. Тому вищий середній результат класичної групи не доводить самостійної переваги класичної технології. Він характеризує конкретний асортимент, представлений у виробничо-демонстраційному масиві. Річна динаміка підтвердила контекстний характер співвідношень: у 2023 р. найвище середнє мали Clearfield Plus – 4,246 т/га, тоді як класичні гібриди сформували 4,166 т/га; у 2024 р. класична група досягла 4,271 т/га та істотно перевищувала Clearfield і Clearfield Plus; у 2025 р. класичні гібриди знову мали найбільше середнє – 4,186 т/га, але різниця з іншими групами статистично не підтверджувалася (рис. 3).

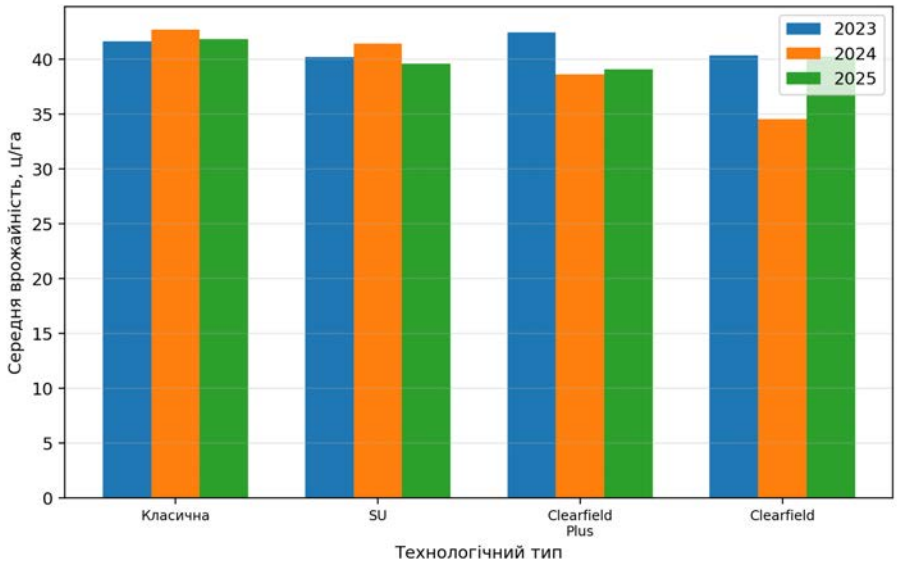


Рис. 3. Середня врожайність технологічних типів у 2023–2025 рр.

Лише у 2024 р. диференціація технологічних груп була вираженою одночасно за однофакторним дисперсійним аналізом ($p = 0{,}0049$) і критерієм Краскела-Волліса ($p = 0{,}0027$). Одноразовий прояв відмінностей за три роки скоріше характеризує специфічне поєднання окремих генотипів з умовами конкретного сезону, ніж універсальну перевагу певної системи. Результати Kurtiev і Domaratskyi [7] також демонструють контекстну природу технологічної переваги, тоді як дослідження Matusevych та співавторів [8] підтверджує необхідність оцінювати реакцію конкретного гібриду в межах технології.

Для деталізації було проаналізовано комбінації групи стиглості й технологічного типу, представлені щонайменше вісьмома записами. Найвищу середню відносну врожайність мали середньостиглі класичні гібриди – 107,45 %, а також середньоранні Clearfield Plus – 105,90 %. Середньоранні класичні гібриди забезпечили 103,54 %. Водночас середньостиглі SU і Clearfield Plus перебували поблизу річного фону (табл. 3).

Таблиця 3

Найбільш представлені комбінації групи стиглості й технологічного типу

Група стиглості	Технологія	n	Середня відносна, %	CV, %
Середньостиглі	Класичний	23	107,45	7,60
Середньоранні	Clearfield Plus	13	105,90	6,26
Середньоранні	Класичний	30	103,54	11,04
Середньостиглі	SU	18	100,56	6,10
Середньостиглі	Clearfield Plus	13	99,92	8,45
Середньоранні	SU	22	99,46	10,05
Ранньостиглі	Класичний	18	94,68	13,95

Наведені комбінації не є оцінкою взаємодії факторів у строгому статистичному розумінні, оскільки кожна з них містила інший набір генотипів, а частина груп була представлена не в усі роки. Проте вони формують обґрунтовані робочі гіпотези. У подальшому збалансованому досліді доцільно окремо перевірити середньостиглі класичні та середньоранні Clearfield Plus генотипи, які в ретроспективному масиві мали найсприятливіший груповий профіль.

Одержані результати узгоджуються із сучасним підходом до управління асортиментом, за яким оптимізоване розміщення різних генотипів підвищує не лише середню продуктивність, а й стабільність виробництва [10, 11]. Аналіз взаємодії генотипу й середовища за багатосередовищними моделями також свідчить, що групове ранжування не може замінити оцінювання конкретного гібриду [12, 13]. Тому основу посівної структури в умовах північної частини Лівобережного Лісостепу можуть становити перевірені середньоранні й середньостиглі гібриди, але їх доцільно доповнювати ранньостиглими формами для розподілу строків проходження критичних фаз і збирання. Середньопізні та пізні форми потребують локальної перевірки через малу представленість у вихідному масиві.

Вибір між класичною, SU, Clearfield і Clearfield Plus технологіями має ґрунтуватися на спектрі бур'янів, історії поля, ризику післядії гербіцидів, вартості системи й доступному асортименті. Середній результат технологічної групи не слід переносити на конкретний гібрид без його багаторічної локальної перевірки.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У виробничо-демонстраційному масиві 2023–2025 рр. середньоранні й середньостиглі гібриди соняшнику перевищували середній річний фон відповідно на 2,68 і 2,30 % та найчастіше формували результат понад 100 %. У 2023–2024 рр. найвищу абсолютну середню врожайність мали середньоранні гібриди, а у 2025 р. – середньостиглі, що не дає підстав для універсального ранжування груп стиглості. Ранньостиглі гібриди в середньому поступалися за продуктивністю, проте мають практичне значення як компонент диверсифікації строків розвитку та збирання.

Класичні гібриди мали найвищу середню відносну врожайність – 102,87 %, але цей показник відображає генотиповий склад вибірки і не доводить незалежної переваги технології. Статистично виражену диференціацію технологічних груп встановлено лише у 2024 р. Тому технологічний тип слід обирати відповідно до фітосанітарної ситуації, історії поля й господарських обмежень, а генетичний потенціал гібриду оцінювати окремо.

Для регіону доцільно формувати диверсифікований портфель із переважанням перевірених середньоранніх і середньостиглих гібридів та включенням ранньостиглих генотипів для зменшення погодних і організаційних ризиків. Перспективою подальших досліджень є закладання збалансованого багатофакторного досліду зі спільним набором гібридів у кожній групі стиглості й технології, однаковою агротехнікою, польовими повтореннями та кількома локаціями. Для аналізу доцільно застосовувати змішані моделі з випадковими ефектами року, місця дослідження та їх взаємодії з генотипом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Каленська С. М., Риженко А. С. Оцінювання погодних умов вирощування соняшнику (Helianthus annuus L.) у північній частині Лівобережного Лісостепу України. Plant Varieties Studying and Protection. 2020. Т. 16, № 2. С. 162–172. DOI: 10.21498/2518-1017.16.2.2020.209229.
2. Риженко А. С., Каленська С. М., Присяжнюк О. І., Мокрієнко В. А. Пластичність урожайності гібридів соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. Plant Varieties Studying and Protection. 2020. Т. 16, № 4. DOI: 10.21498/2518-1017.16.4.2020.224058.
3. Kalenska S., Ryzhenko A., Novytska N., Garbar L., Stolyarchuk T., Kalenskyi V., Shytiy O. Morphological Features of Plants and Yield of Sunflower Hybrids Cultivated in the Northern Part of the Forest-Steppe of Ukraine. American Journal of Plant Sciences. 2020. Vol. 11(8). P. 1331–1344. DOI: 10.4236/ajps.2020.118095.
4. Yeremenko O. A., Kalytka V. V., Kalenska S. M., Malkina V. M. Assessment of ecological plasticity and stability of sunflower hybrids (Helianthus annuus L.) in Ukrainian Steppe. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. Vol. 8(1). P. 289–296. DOI: 10.15421/2018_214.
5. Hanhur V. V. Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. Scientific Progress & Innovations. 2021. No. 1. P. 116–121. DOI: 10.31210/visnyk2021.01.13.
6. Totskyi V., Hanhur V., Poliakov I. Yield and quality of seed of sunflower hybrids (Helianthus annuus L.) depending on the fertilizer system. Scientific Progress & Innovations. 2024. Vol. 27(3). P. 5–11. DOI: 10.31210/spi2024.27.03.01.
7. Kurtiev K. K., Domaratskyi Y. O. Weed infestation of crops and productivity of sunflower hybrids when grown using conventional and Clearfield technologies. Plant Varieties Studying and Protection. 2025. Vol. 21(4). P. 189–196. DOI: 10.21498/2518-1017.21.4.2025.346229.
8. Matusevych G., Kichigina O., Smulska I., Shatsman D. Yield and quality of sunflower hybrid seeds NK Condi under different cultivation technologies. Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice. 2024. No. 1. P. 107–114. DOI: 10.54651/agri.2024.01.13.
9. Kokhan A. V., Totskyi V. M., Len O. I., Samoilenko O. A. Sunflower yield depending on weather conditions and hybrid composition. Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet. 2020. Vol. 28. P. 164–172. DOI: 10.47414/np.28.2020.211069.
10. Debaeke P., Izquierdo N. G. Sunflower. In: Crop Physiology: Case Histories for Major Crops. 3rd ed. Academic Press, 2020. P. 482–517.
11. Casadebaig P., Gauffreteau A., Landré A. et al. Optimized cultivar deployment improves the efficiency and stability of sunflower crop production at national scale. Theoretical and Applied Genetics. 2022. Vol. 135. P. 4049–4063. DOI: 10.1007/s00122-022-04072-5.
12. Aboye B. M., Edo M. A. Exploring genotype by environment interaction in sunflower using GGE and BLUP approaches. Discover Applied Sciences. 2024. Vol. 6. Article 431. DOI: 10.1007/s42452-024-06136-1.
13. Kyrychenko V. V. et al. Adaptability of F1 sunflower hybrids, created according to an integrated system of line selection for economically valuable traits in various agroclimatic zones. Plant Varieties Studying and Protection. 2021. Vol. 17(4). DOI: 10.21498/2518-1017.17.4.2021.249004.

Дата першого надходження статті до видання: 08.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.12:631.527.632.11
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.29

ДИНАМІКА ЦВІТІННЯ, НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ І УРОЖАЙНІСТЬ У РІЗНИХ ВИДІВ І СОРТІВ ГРЕЧКИ

Свинарчук О.В. *– аспірант кафедри рослинництва, селекції та насінництва,*
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0002-5675-0308

У статті оцінено динаміку цвітіння, насіннєву продуктивність, урожайність та її варіювання у різних видів і сортів гречки. Закладення польових досліджень проведено впродовж 2023–2025 років на дослідному полі Спеціалізованої Київської філії Білоцерківського відділу Українського інституту експертизи сортів рослин. Компоненти для оцінювання за елементами структури урожайності було відібрано із колекції роду Гречкових Fagopyrum Mill. Науково-дослідного інституту круп'яних культур ім. О. Алексеєвої Закладу вищої освіти «Подільський державний університет». Вивчали сорти гречки їстівної індетермінантного морфотипу: 'Вікторія', '7/07', 'Подільська', 'Кам'янчанка', детермінантного морфотипу – 'Сумчанка' та сорти гречки татарської: 'Калина', 'Кей Тао' і 'Висока'. Обліки, оцінки, спостереження, аналізування у дослідженнях проводили відповідно до загальноприйнятих методик. Вивчено особливості динаміки цвітіння, формування насіннєвої продуктивності, урожайність та її варіювання у різних видів і сортів гречки їстівної і татарської. Встановлено, що для сортів гречки їстівної максимум пік цвітіння припадає на 2 і 3 декади, для татарської гречки – 3 і 5 декади генеративного періоду. За насіннєвою продуктивністю сорти гречки татарської суттєво переважають сорти гречки їстівної. У сортів гречки їстівної у середньому на рослині сформовано 25,1 шт. суцвіть 66,1% спостерігали на головному стеблі і гілках 1-го порядку. Для сортів гречки татарської цей показник становив відповідно 87,6%. Насіннєва продуктивність у різних видів гречки варіює від 3,71 для сортів гречки їстівної до 3,44 г/рослину для сортів гречки татарської. Відсоток виповнених плодів становить 89,5 і 93,0 відповідно. Вищу урожайність порівняно із стандартом мали сорти гречки їстівної 'Подільська', '7/07' і татарської 'Калина', які рекомендовані для подальшого використання у селекційних програмах. Показники динаміки цвітіння, насіннєвої продуктивності, урожайності рекомендуємо використовувати при селекційному вивченні різних видів і сортів гречки.

Ключові слова: *морфотипи гречки, сорти гречки їстівної та татарської, морфо-біологічні показники, урожайність, продуктивність, динаміка цвітіння.*

Svynarchuk O.V. Flowering dynamics, seed productivity, and yield in different species and varieties of buckwheat

Breeding work with buckwheat constantly requires tools for its improvement and simplification. Purpose: to evaluate different types and varieties of edible and Tatar buckwheat by elements of the crop structure.

Field research was conducted during 2023–2025 at the experimental field of the Specialized Kyiv Branch of the Bila Tserkva Department of the Ukrainian Institute of Plant Variety Examination. Components for evaluation by elements of yield structure were selected from the collection of the buckwheat genus Fagopyrum Mill. Scientific Research Institute of Cereal Crops named after O. Alekseeva of the Higher Education Institution "Podilsky State University". The varieties of edible buckwheat of indeterminate morphotype were evaluated: 'Victoria', '7/07', 'Podilska', 'Kamianchanka', determinant morphotype – 'Sumchanka' and varieties of Tatar buckwheat: 'Kalyna', 'Kei Tao' and 'Vysoka'. Accounting, evaluation, observation, analysis in the studies were carried out in accordance with generally accepted methods. The features of the formation of seed productivity and the dynamics of flowering of different species and varieties of edible and Tatar buckwheat were studied. It was established that for edible buckwheat varieties,

© Свинарчук О.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

the highest peak of flowering falls on the 2nd and 3rd decades, for Tatar buckwheat – on the 3rd and 5th decades of the generative period. In terms of seed productivity, Tatar buckwheat varieties significantly outperform edible buckwheat varieties. In edible buckwheat varieties, an average of 25.1 pcs. inflorescences were formed per plant, 66.1% of which were observed on the main stem and branches of the 1st order. For varieties of Tatar buckwheat, this indicator was 87.6%, respectively. Seed productivity in different types of buckwheat varies from 3.71 for varieties of edible buckwheat to 3.44 g/plant for varieties of Tatar buckwheat. The percentage of filled fruits is 89.5 and 93.0, respectively. High productivity compared to the standard was achieved by varieties of edible buckwheat '7/07', 'Podilska' and Tatar 'Kalyna', which are recommended for further use in breeding programs.

Indicators of seed productivity, flowering dynamics, yield and its variation are key in the selection evaluation of different species and varieties of buckwheat.

Key words: *buckwheat morphotypes, varieties of edible and Tatar buckwheat, morpho-biological indicators, yield, productivity, flowering dynamics.*

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасне сільськогосподарське виробництво в Україні відповідно до 17 Цілей сталого розвитку ООН суттєво впливає на наступні із них: 2 «Подолання голоду», 12 «Відповідальне споживання і виробництво», 13 «Невідкладні заходи щодо боротьби зі зміною клімату», 15 «Збереження екосистем суші» [1]. На жаль, світове сільськогосподарське виробництво базується лише на культивуванні трьох основних зернових культур (рису, пшениці і кукурудзи), які не у повній мірі забезпечують людство повноцінними продуктами харчування і несприятливо впливають на стабільність біосистем. Це негативно впливає на вирішення цілі 3 ЦСР «Міцне здоров'я і благополуччя населення» [2]. Відповідність виробництва ЦСР є пріоритетним сучасним завданням і передбачає повернення до біорізноманіття шляхом збільшення посівних площ під культурами нішевого значення і вирощуванням нових видів і сортів [3–5].

Унікальний біохімічний склад гречки татарської порівняно із гречкою їстівною, широка її адаптивність до умов вирощування, стійкість до дії біотичних і абіотичних факторів створюють необхідні передумови щодо її детального вивчення, селекційного удосконалення і впровадження у виробництво [6–8].

Урожайність культури, як складний інтегральний показник обумовлена з однієї сторони комплексом морфо-метричних показників, а з іншої – реакцією генотипу ґрунтово-погодні умови і фактори технології вирощування. Їх сукупне врахування сприяє покращенню селекційних прийомів і методів із культурою [9, 10]. У гречки, весь життєвий цикл поділяють на два основних періоди: 1) утворення вегетативних органів (коренів, стебла, листків); 2) генеративний розвиток (формування суцвіть, квітів, насіння). Родовою специфічною особливістю цієї культури є одночасне накладання вегетативного і генеративного періодів росту і розвитку. У процесі життєвого циклу рослини проходять цілий комплекс зовнішніх змін, які разом із основними періодами вегетативного і генеративного розвитку виділяють у фенологічні фази [11]. Формування насіннєвої продуктивності індивідуальних рослин і урожайності агрофітоценозу найбільш повно вивчено в окультурених видів гречки татарської і їстівної, особливо в останньої. Системний аналіз наявний із цього питання наукових даних свідчить про високу їх залежність від біологічних особливостей культури і сорту, куди входять тривалість вегетаційного періоду у тому числі цвітіння [12], будову квітки і систем запилення і запліднення, нектаропродуктивність і наявність комах запилювачів, зовнішніх умов середовища і агротехнологій вирощування [13].

Генеративний розвиток гречки безпосередньо визначає її фінальну врожайність через біологічні особливості – гетеростилію і низький коефіцієнт зав'язування

насіння у суцвітті. Через накладання вегетативного та генеративного етапів рослина формує величезну кількість квіток (від 500 до 2000 на одній рослині), але лише 10–15% із них стають повноцінними зернами.

Оцінка 39 зразків гречки їстівної різного походження за рівнем урожайності і адаптивності свідчить про те, що виділено кращі сорти за: стабільністю, пластичністю та селекційною цінністю. Вони рекомендовані у якості донорів та джерел для передачі ознак пов′язаних із продуктивністю рослин наступним поколінням нащадків. Рекомендовано проведення селекційних оцінок, які скорочують процес пошуку цінних компонентів для селекції [13].

Дослідженями Шевченко Н. В. [14] проведено порівняння сортів гречки занесених до Державного реєстру сортів рослин у кількості 25 сортів різних селекційних установ за показниками урожайності, стійкості до хвороб, несприятливих умов вирощування (посухи), вилягання і осипання насіння. Практично доведено те, що комплексна оцінка за сукупністю показників урожайності спрощує вибір сортів культури максимально придатних для конкретних факторів технології вирощування.

Схожі дослідження, проте уже із вивчення двох сортів гречки татарської з різними рівнями насіннєвої продуктивності ′Qianku′ 3 (високим) і ′Linku 3′ (низьким) проводили в умовах провінції Сіхуань Китай [15]. Аналізування динаміки цвітіння і просторового розміщення плодів у межах досліджуваних сортів свідчить про їх суттєві відмінності. Вивчення загальної кількості виповнених і невиповнених зерен, коефіцієнтів озернення, побудова кореляційних матриць та їх аналізування на свідчать про те, що швидкість зав’язування насіння і урожайність визначено як компоненти для селекційного покращення сортів гречки татарської і рекомендовано для її селекційного покращення.

Аналогічно до сортів гречки їстівної виявлено залежність рівня урожайності та впливу факторів технології вирощування на урожайність гречки татарської в умовах Польщі [16].

Постановка проблеми. Усі вище окреслені моменти спонукають до вивчення динаміки цвітіння, насіннєвої продуктивності, урожайності різних морфотипів гречки їстівної і сортів гречки татарської для спрощення схем селекційної роботи із культурою.

Мета досліджень: вивчення динаміки цвітіння та формування насіннєвої продуктивності, урожайності та її варіювання у різних видів і сортів гречки в умовах Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Оцінку видів і різних сортів гречки їстівної і татарської проводили впродовж 2023–2025 років в умовах Білоцерківського відділу Київської спеціалізованої філії Українського інституту експертизи сортів рослин. Площа дослідної ділянки 25 м^2, триразова повторність, розміщення ділянок рендомізоване. Сортом стандартом у дослідженнях для зони Лісостепу України є високопластичний сорт ′Вікторія′, занесений до Реєстру сортів рослин, рекомендованих для поширення в Україні. У якості біологічної ізоляції повторень у дослідженнях використовували ділянки із тетраплоїдними сортами гречки. Ширина смуг екранізації 10,8 метра [17]. Рослини розміщували на ділянках широкорядним способом сівби (міжряддя 45 см). Сівбу здійснювали у строки оптимальні для основного посіву культури – перша декада травня. Усі технологічні операції по догляду за посівами проводили відповідно до типових технологічних прийомів характерних для Лісостепової зони України. Усі оцінки, спостереження за рослинами, польове і лабораторне аналізування проводили із дотриманням

загальноприйнятих методик. Фенологію настання основних фаз онтогенезу виявляли фіксацією основних фаз їх росту і розвитку у період їх появи: повних сходів, бутонізації, цвітіння, побуріння і дозрівання 75% плодів. Облік урожаю проводили суцільним поділянковим методом. Обмолот здійснювали комбайном «Sampo-135». Урожайність враховували при 100%-ній чистоті та стандартній вологості [18, 19]. Морфо-метричне аналізування рослин (30 шт.) проводили оцінюванням снопового матеріалу за наступними показниками: висотою рослин, см; кількістю гілок, шт., в т.ч. 1-го порядку; кількістю вузлів, шт.; на основному стеблі; вузлом 1-го: гілкування та суцвіття; кількістю усіх суцвіть, зерен з рослини; масою зерна з рослини та масою 1000 зерен. Математичну обробку результатів аналізувань проводили шляхом використання комп′ютерних статистичних програм [20].

Результати досліджень. Аналіз формування загальної кількості суцвіть з рослини та просторового їх розміщення свідчить про те, що види і сорти гречки їстівної і татарської характеризуються різними показниками.

У сортів виду гречки їстівної на рослині сформувалося в середньому 25,1 шт. суцвіть з яких 66,1% припадало на головне стебло і гілки 1-го порядку. Для виду гречки татарська характерною ознакою є у 2 рази більша кількість суцвіть у порівнянні із сортами гречки їстівної. У відсотковому відношенні ця величина складає 87,6% суцвіть розміщені на головному стеблі і гілках першого порядку.

Розміщення суцвіть у сортів гречки татарської на 19,7 шт./росл. припадає на гілки першого порядку, що більше ніж у 2 рази як у сортів гречки їстівної. Також у межах однієї рослини спостерігали більше формування суцвіть у сортів гречки татарської на 21,1 шт. /рослину порівняно із сортами гречки їстівної.

Сорти гречки татарської значно переважали сорти гречки їстівної за кількістю суцвіть, однак не мали переваги за формуванням кількості зерен (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка утворення генеративних органів на рослинах різних видів гречки, шт./рослини (2023–2025 рр.)

Вид	Генеративний орган	Декади генеративного періоду				
		початок цвітіння	II	III	V	VII
F. esc. ssp. Esculentum	бутони	45	237	256	72	18
	квіти	14	200	263	186	98
F. tat. ssp. Tataricum).	бутони	53	384	326	87	-
	квіти	23	256	233	194	-
HIP_{05}		21	35	37	27	15

В’янення і відмирання бутонів і квіток у сортів гречки їстівної можна пояснити меншою кількістю фотоасимілянтів, несприятливими погодними умовами генеративного періоду – високими температурами повітря понад 25°С, що призводить до швидкої абортивності плодів і формування «рудяку». Аналогічна ситуація характерна сортам гречки татарської, однак абортивність бутонів і плодів різних стадій розвитку суттєво вища сортів гречки їстівної.

Фіксування основних декад генеративного періоду і зміни, які спостерігали у межах досліджуваних видів свідчать про те, що динаміка процесу цвітіння у рослин гречки індетермінантного і детермінантного морфотипів характеризувалась одновершинною кривою з максимумом у другій і третій декадах. Для сортів гречки татарської максимальні показники щодо формування суцвіть і зерен

спостерігали у третій і п′ятій декадах генеративного періоду. Ця властивість свідчить про більшу адаптивність сортів гречки татарської порівняно із сортами гречки їстівної до несприятливих умов вирощування і забезпечує більшу їх стійкість щодо зменшення проявів депресії цвітіння квіток і абортивності насіння на початкових стадіях його розвитку.

У сортів виду гречки татарської 55–69% квіток утворювалися на гілках 1-го і наступних порядків і лише 31–45% на головному стеблі. Утворення квіток на метамерах стебла у сортів гречки їстівної пов′язане із потенціалом їх гілкування і тривалістю вегетаційного періоду. Чим вище ці показники, тим більша частина квіток формувалась рослиною на гілках різних порядків.

Аналізуючи динаміку цвітіння у різних видів гречки необхідно зазначити те, що хоча й старт цього процесу відбувався майже одночасно, проте уже на початок першої декади генеративного періоду спостерігали суттєві відмінності між сортами різних морфотипів і видів (рис. 1).

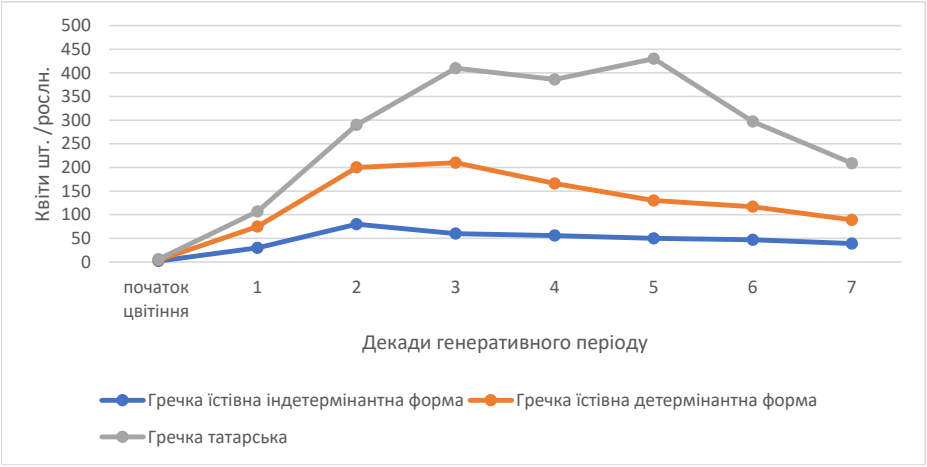


Рис. 1. Динаміка цвітіння рослин у різних видів і сортів гречки в процесі їх онтогенезу (2023–2025 рр.)

Так, для сортів гречки їстівної селекції НДІКК ім. О. Алексеєвої найбільшу кількість квіток на рослинах спостерігали у другій і третій декадах генеративного розвитку. У сорту гречки детермінантного типу ′Сумчанка′ динаміка цвітіння займала проміжне положення між сортами індетермінантного типу гречки їстівної і татарської. Для сортів гречки татарської спостерігаємо два піки щодо динаміки формування квітів у процесі онтогенезу третя і п′ята декади генеративного періоду, а потім спостерігали поступове затухання плодоношення в усіх морфотипів без винятків.

Насіннєва продуктивність гречки є базовим елементом формування урожайних параметрів рослин. Аналізуючи показники насіннєвої продуктивності різних видів і сортів гречки слід відмітити те, вищу масу зерна сформували сорти гречки їстівної. Середня маса зерна для сортів гречки татарської становить 3,44, для гречки їстівної 3,71 г/рослину. Маса виповнених зерен із рослини для сортів гречки їстівної складає 3,32 г, невиповнених 0,39 г, відсоток виповнених зерен становить 89,5.

Сортам гречки татарської характерна менша маса зерна з рослини, яка становить для виповнених плодів 3,2 г, невиповнених – 0,24 г, проте вищий відсоток виповнених зерен 93 (табл. 2).

Таблиця 2

Насіннєва продуктивність рослин видів гречки (2023–2025 рр.), г/рослини

Вид	Маса зерна, г/росл.			% виповнених зерен
	виповнені	невиповнені	всього	
F. esc. ssp. esculentum.	3,32	0,39	3,71	89,5
F. tat. ssp. tataricum.	3,20	0,24	3,44	93,0
HIP_{05}	*0,5*	*0,12*	*0,6*	-

Отже, насіннєва продуктивність сортів гречки їстівної вище ніж у сортів гречки татарської. Найбільшу масу зерен із рослини спостерігали у сортів гречки їстівної «7/07» і «Подільська».

Аналіз урожайності за видами і сортами гречки їстівної і татарської свідчить про те, що найнижчі її показники спостерігали 2024 року від 1,22 т/га у сорту гречки татарської «Вікторія» до 3,24 т/га у сорту гречки їстівної «Подільська» 2023 року. Найнижчим рівнем урожайності від 1,15 до 1,79 т/га характеризувались досліджувані види і сорти 2024 року. Відхилення між досліджуваними сортами різних морфотипів гречки їстівної свідчить про те, що різниця між максимальними і мінімальними значеннями показників урожайності становить відповідно: для сорту детермінантного морфотипу «Сумчанка» – 1,18, індетермінантного морфотипу: «Вікторія» – 1,32, «7/07» – 1,68, «Кам«янчанка» – 1,61, «Подільська» – 1,73 т/га, що свідчить про їх залежність від погодних умов і факторів технології вирощування. Аналіз урожайності різних видів і сортів гречки свідчить про те, що високі середні показники за цим показником характерні для сортів гречки їстівної «7/07» 2,39, «Подільська« 2,37, «Кам'янчанка» 2,12 т/га відповідно. Вищою урожайністю і стабільними показниками її прояву за досліджуваний період характеризувались сорти гречки татарської «Калина« і «Кей Тао«.

Показником, що у повній мірі характеризує зміну урожайності за роками вирощування є її мінливість і коефіцієнти варіації, що змінюються від 19,3 до 24,7% (табл. 3).

Таблиця 3

Урожайність залежно від виду і сорту гречки (2023–2025 рр.), т/га

Вид, сорт	Урожайність, т/га					Коефіцієнт варіації, V, %
	роки			$X_{сер}$	± до *St.*	
	2023	2024	2025			
«Вікторія» – St.	***2,54***	***1,22***	***1,83***	***1,86***	-	20,2
«Сумчанка»	2,61	1,43	1,98	2,01	0,15	21,1
«7/07»	3,03	1,35	2,78	2,39	0,53	19,7
«Кам'янчанка»	2,93	1,32	2,12	2,12	0,26	23,6
«Подільська»	3,24	1,51	2,36	2,37	0,51	24,7
F. esc. ssp. esculentum	*2,87*	*1,37*	*2,21*	*2,15*	*0,36*	-
«Калина»	2,94	1,79	2,35	2,36	0,49	19,3
«Кей Тао»	2,85	1,55	2,31	2,24	0,32	21,4
«Висока»	1,60	1,15	1,46	1,40	-0,41	19,7
F. tat. ssp. tataricum.	*2,46*	*1,50*	*2,04*	*2,00*	*0,41*	
$НІР_{05}$	0,35	0,32	0,28	0,32	0,3	-

Аналіз досліджуваних морфотипів і різних видів гречки за показниками зміни урожайності свідчить про те, що виділяють три основні групи за її величинами. Аналізуючи мінливість і коефіцієнти варіювання урожайності у досліджуваних видів і сортів гречки спостерігали помірне їх варіювання, що свідчить про достатньо однорідну сукупність аналізованих рослин.

До І групи відносять сорт стандарт «Вікторія», яка характеризується найнижчою мінливістю даної ознаки. Сорти гречки їстівної «Сумчанка» і «Кам»янчанка» відносять до ІІ групи із середнім рівнем урожайності і коефіцієнтами варіювання від 21,1 і 23,6% відповідно. Решта досліджуваних сортів гречки їстівної і татарської відносять до ІІІ групи із високою мінливістю ознаки урожайності та помірним її варіюванням. Рекомендуємо використовувати показники насіннєвої продуктивності, динаміки цвітіння і урожайності для швидкого вивчення різних видів і сортів гречки не залежно від морфотипу рослини.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Для отримання високої насіннєвої продуктивності і урожайних показників рекомендуємо вирощувати сорти гречки їстівної «7/07» і «Подільська» і татарської «Калина», «Кей Тао». Показники динаміки цвітіння, насіннєвої продуктивності, урожайності та її варіювання використовувати як ключові при селекційному вивченні різних видів і сортів гречки.

Світові тенденції щодо збереження біорізноманіття і споживання нутриціологічних продуктів харчування сприятимуть всебічному впровадженню у виробництво нішевих культур. Їх детальне оцінювання, залучення до селекційних програм, розробка методик селекційного удосконалення є перспективою подальших досліджень із культурою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Стратегія біорізноманіття ЄС до 2030 року: Повернення природи у наше життя. Звернення Комісії до Європейського Парламенту, Ради, Європейського Економічно-Соціального Комітету та Комітету Регіонів / ред. та адапт. А. Куземко та ін. Чернівці : Друк Арт, 2020. 36 с. https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2020/10/Stratehiia.pdf

2. Mengqi Ding, Yuanhao Yang, Zelin Yi, Meiliang Zhou, Huan, Luo. Across the ages: Buckwheat meets era-specific needs. *Trends in Food Science & Technology*. 2025. Vol. 166. URL: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105359

3. Intu Jha, Kaixuan Zhang, Yuqi He, Nóra Mendler-Drienyovszki, Katalin Magyar-Tábori, Muriel Quinet, Mateja Germ. Global nutritional challenges and opportunities: Buckwheat, a potential bridge between nutrient deficiency and food security. *Trends in Food Science & Technology*. 2024. Vol. 145. URL: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104365

4. Шевчук В. М. Гречка як стратегічна культура в умовах зміни клімату, агроекологічної сталості та продовольчої безпеки. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Vol. 28. No 2. С. 112–119. https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/download/2082/2551/4745

5. Vilchynska, L., Plahtiy, D., Puczel, B., Svynarchuk, O., & Sikora, A. The impact of biodiversity on stability of agroecosystems: Practical aspects for farmers. *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28. No 1. P. 119−129. https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-28-1-2025/vpliv-bioriznomanittya-na-stabilnist-agroyekosistem-praktichni-aspekti-dlya-fermeriv

6. Аверчев О. В., Нікітенко М. П., Ворона П. С. Гречка татарська – перспективна культура для біорізноманіття та екологічної стійкості. *Таврійський науковий вісник*. 2025. №143. Частина 1. С. 12−18. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.2

7. Kreft I., Golob A., Germ M. A Crop of high nutritional quality and health maintenance value: The importance of tartary buckwheat breeding. Agriculture. 2023. Vol. 13. No 9. URL: https://doi.org/10.3390/agriculture13091783

8. Zhang J., Sun J., Chen H., Yan Z., Liu S., Liu L., Cao X. Path analysis on the meteorological factors impacting yield of tartary buckwheat at different sowing dates. Agronomy. 2025. Vol. 15. No 4. URL: https://doi.org/10.3390/agronomy15040950

9. Сидякіна О. В., Іванів М. О. Виробництво гречки: стан, виклики та перспективи. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 126–132. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.21

10. Тищенко А.В. та ін. Адаптивна здатність – важлива ознака у селекції рослин. *Зрошуване землеробство.* 2021. Вип. 75. С. 101–109. DOI: https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.19

11. Кабанець В. М., Страхоліс І. М., Кліценко А. В. Селекція гречки сортів різного морфотипу та їх поширення в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 141–146. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-18

12. Повидало М. В., Таранухо М. П., Ковальчук С. О. Добір високо продуктивного вихідного матеріалу в селекції гречки їстівної. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 3(852). С. 53–59. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202403-08

13. Тригуб О. В., Куценко О. М., Ляшенко В. В., Дудка К. О. Оцінка урожайності та адаптивних характеристик генофонду гречки. *Вісник ПДАА*. 2021. № 3. С. 27–36. https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2021/03/03.pdf

14. Шевченко Н.В. Принципи підбору сортів гречки в умовах змін клімату. *Таврійський науковий вісник.* 2024. №137. С. 351−357. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.41

15. Dabing Xiang, Yue Song, Chao Song, Yan Wan, Xueling Ye, Changying Liu, Chenggang Liang, Gang Zhao. Seed setting and its spatial characteristics in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) *Phyton*, 2022. Vol. 91. No.8. P. 1659−1669. https://doi.org/10.32604/phyton.2022.020338

16. Kwiatkowski J., Germ M. Plant growth and development, yield and reproductive quality of seeds in *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. Differ depending on foliar silicon addition in a three-year experiment. Agronomy. 2026. Vol. 16. No 14. P. 1384. https://doi.org/10.3390/agronomy16141384

17. Методика проведення експертизи сортів гречки їстівної (*Fagopyrum esculentum Moench*) на відмінність, однорідність і стабільність. / за ред. С.О. Ткачик. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 216 с.

18. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С.О. Ткачик. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 82 с.

19. Тригуб О. В., Харченко Ю. В., Рябчун В. К., Григоращенко Л. В., Докукіна К. І. Широкий уніфікований класифікатор роду Гречки (*Fagopyrum Mill*.). Устимівка, 2013. 54 с.

20. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

Дата першого надходження статті до видання: 10.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 635.646:631.82:632.93
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.30

ОПТИМІЗАЦІЯ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ БАКЛАЖАНА ЗА ВПЛИВУ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Сергієнко О.В. *– д.с.-г.н., с.н.с.,*
заступник директора з наукової роботи,
Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-2754-306X
Сєвідов В.П. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри плодоовочівництва і зберігання продукції рослинництва,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-3826-5149
Сєвідов І.В. *– д.філос.,*
докторант відділу новітніх технологій вирощування овочевих
і баштанних культур,
Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-1627-8296

У статті наведено результати досліджень впливу різних рівнів мінерального живлення та біологічних фунгіцидних препаратів Споромакс-Т і Споромакс-В на чисту продуктивність фотосинтезу, фітосанітарний стан і врожайність гібридів F1 Дестан і Казимір у технології вирощування баклажана в умовах захищеного ґрунту України. Встановлено, що реакція рослин баклажана на рівень живлення залежала від біологічного препарату. Найвищу чисту продуктивність фотосинтезу сформовано за поєднання $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В для гібридів: Дестан F1 – 4,13 г/росл. за добу та Казимір F1 – 4,24 г/росл. за добу. За цього варіанта площа листкової поверхні у фазу плодоношення становила відповідно 9900 і 9600 см²/росл., а суха маса рослин – 49 і 52 г. Водночас підвищення рівня мінерального живлення до $N_{120}P_{120}K_{120}$ не супроводжувалося подальшим зростанням фотосинтетичної продуктивності. Застосування біологічних препаратів позитивно вплинуло на фітосанітарний стан рослин і плодів. Найнижчу ураженість рослин зафіксовано за $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В для гібридів: Дестан F1 – 16,7% та Казимір F1 – 12,5%. Ураженість плодів за цим варіантом досліду становила відповідно 2,9 та 2,8%. Подальше підвищення рівня мінерального живлення до $N_{120}P_{120}K_{120}$ супроводжувалося зростанням ураженості. Найвищу врожайність також отримано за інтегрованого застосування $N_{90}P_{90}K_{90}$ та Споромакс-В для гібридів: Дестан F1 – 8,2 кг/м² та Казимір F1 8,5 кг/м².

Таким чином, за сукупністю показників фотосинтетичної діяльності, фітосанітарного стану та загальної врожайності найбільш ефективним визначено поєднання рівня мінерального живлення $N_{90}P_{90}K_{90}$ з біологічним препаратом Споромакс-В, що дало змогу підвищити ефективність формування асиміляційного апарату, знизити ураженість рослин і плодів та реалізувати продуктивний потенціал гібридів баклажана.

Ключові слова: *баклажан, мінеральне живлення, біологічні фунгіциди, фотосинтетична продуктивність, фітосанітарний стан, урожайність.*

© Сергієнко О.В., Сєвідов В.П., Сєвідов І.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Serhiienko O.V., Sievidov V.P., Sievidov I.V. Optimization of nitrogen nutrition of eggplant under the influence of biological preparations

The article presents the results of studies investigating the effects of different levels of mineral nutrition and biological fungicidal preparations, Sporemax-T and Sporemax-B, on net photosynthetic productivity, phytosanitary status, and yield of the F1 hybrids Destan and Kazimir in the cultivation technology of eggplant under protected-soil conditions in Ukraine. It was established that the response of eggplant plants to the level of mineral nutrition depended on the biological preparation used. The highest net photosynthetic productivity was recorded with the combination of $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Sporemax-B, reaching 4.13 g plant^{-1} day^{-1} in the F1 hybrid Destan and 4.24 g plant^{-1} day^{-1} in the F1 hybrid Kazimir. Under this treatment, the leaf area during the fruiting stage was 9,900 and 9,600 cm² plant^{-1}, respectively, while plant dry matter amounted to 49 and 52 g. At the same time, increasing the level of mineral nutrition to $N_{120}P_{120}K_{120}$ did not result in a further increase in photosynthetic productivity. The application of biological preparations had a positive effect on the phytosanitary status of plants and fruits. The lowest disease incidence in plants was recorded under $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Sporemax-B, amounting to 16.7% in the F1 hybrid Destan and 12.5% in the F1 hybrid Kazimir. Under this treatment, fruit disease incidence was 2.9 and 2.8%, respectively. A further increase in the level of mineral nutrition to $N_{120}P_{120}K_{120}$ was accompanied by an increase in disease incidence. The highest yield was also obtained with the integrated application of $N_{90}P_{90}K_{90}$ and Sporemax-B, reaching 8.2 kg m^{-2} in the F1 hybrid Destan and 8.5 kg m^{-2} in the F1 hybrid Kazimir.

Thus, based on the combined assessment of photosynthetic activity, phytosanitary status, and productivity, the combination of the $N_{90}P_{90}K_{90}$ mineral nutrition level with the biological preparation Sporemax-B was identified as the most effective. This treatment improved the development of the assimilation apparatus, reduced disease incidence in plants and fruits, and promoted the realization of the productive potential of the eggplant hybrids.

Key words: *eggplant, mineral nutrition, biological fungicides, photosynthetic productivity, phytosanitary status, disease incidence, yield.*

Постановка проблеми. Сучасна концепція мінерального живлення передбачає не максимізацію кількості добрив, а оптимізацію їх використання відповідно до біологічних потреб культури та умов вирощування. Перспективним напрямом такої оптимізації є біологізація технології із залученням мікробних препаратів, здатних впливати на ризосферні процеси, мобілізацію поживних елементів і фізіологічний стан рослин.

Баклажан (*Solanum melongena L.*) належить до культур, продуктивність яких значною мірою визначається узгодженістю між рівнем мінерального живлення, функціонуванням асиміляційного апарату та умовами формування врожаю. Установлено, що баклажан виявляє високу вимогливість до наявності доступних сполук азоту протягом основних етапів онтогенезу, оскільки рівень азотного живлення безпосередньо пов'язаний з інтенсивністю росту, формуванням асиміляційного апарату та накопиченням органічної речовини [1–3]. Особливого значення це має для споруд захищеного ґрунту, де інтенсивність продукційного процесу супроводжується підвищеною потребою у доступних елементах живлення. Надмірне або недостатнє надходження азоту змінює характер ростових процесів, впливає на формування асиміляційного апарату та може обмежувати реалізацію продуктивного потенціалу гібридів баклажана [4–6].

Водночас ефективність використання мінерального азоту визначається не лише його концентрацією у ґрунтовому розчині, а й процесами трансформації поживних речовин у ризосфері та функціональною активністю ґрунтової мікробіоти. Застосування ризосферних бактерій є одним із перспективних способів підвищення доступності азоту та оптимізації живлення рослин [7–9]. Мікроорганізми можуть брати участь у фіксації атмосферного азоту, мобілізації поживних елементів і синтезі біологічно активних сполук, які впливають на розвиток кореневої системи та фізіологічний стан рослин. За таких умов біологічний компонент

технології має не лише трофічне, а й регуляторне значення. Особливе значення має поєднання мікробних препаратів із диференційованими рівнями мінерального живлення [10–12].

Використання мікробних препаратів створює передумови для регулювання ризосферних процесів, покращення доступності поживних елементів та підтримання функціональної активності кореневої системи [13, 14]. Важливе значення має застосування біологічних засобів на основі бактеріальних культур, які можуть впливати на мікробіологічні взаємодії у прикореневій зоні та обмежувати розвиток фітопатогенних організмів.

Такий підхід відповідає сучасній концепції біологізації овочівництва, за якої мінеральне живлення розглядається у взаємозв'язку з біологічною активністю ґрунту та фітосанітарним станом агроценозу [15–17]. Відповідно, важливим є не збільшення абсолютних норм мінеральних добрив, а формування керованої системи живлення, у якій мінеральний та біологічний компоненти доповнюють один одного [18–20].

Не менш важливим є фітосанітарний стан рослин, який тісно пов'язаний із системою живлення. Біологічні препарати на основі мікроорганізмів мають потенціал для комплексного впливу на ці процеси, оскільки можуть поєднувати регуляторну, трофічну та біозахисну дію [21]. В умовах плівкових теплиць така взаємодія потребує окремого обґрунтування, оскільки ефективність біологічних агентів визначається не тільки властивостями препарату, а й рівнем мінерального живлення, властивостями ґрунту та генотиповими особливостями рослин.

Загалом поєднання оптимізованого азотного живлення та мікробних препаратів відповідає сучасній тенденції до біологізації овочівництва та раціонального використання ресурсів. Вивчення взаємодії цих чинників дає змогу розглядати врожайність не як ізольований результат окремого агрозаходу, а як інтегральний прояв функціонування рослинного організму за певного поєднання умов живлення та біологічного впливу.

Мета статті: дослідити вплив норм мінерального живлення та елементів біологізації на фотосинтетичну активність, стійкість до хвороб, врожайність та біохімічні показники якості плодів баклажана в умовах відкритого і захищеного ґрунту України.

Матеріали та методика досліджень. У дослідженнях використовували загальноприйняті польові та лабораторні методи досліджень. Схемою досліду передбачалося дослідження рівнів мінерального живлення за схемою NPK: $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ і $N_{120}P_{120}K_{120}$ діючої речовини. Для забезпечення відповідних рівнів живлення використовували аміачну селітру, суперфосфат і сульфат калію, які вносили під час осінньої глибокої обробки ґрунту.

Для захисту рослин від хвороб застосовували біологічні фунгіцидні препарати Споромакс-Т (діюча речовина: спори та міцелій грибів роду *Trichoderma spp.*, титр не менше 5×10^8 КУО/г) та Споромакс-В (діюча речовина: спори бактерій *Bacillus subtilis*, титр не менше 1×10^9 КУО/г). У досліді було проведено дві обробки рослин препаратом у концентрації 1,5 г/л робочого розчину. Норма витрати робочого розчину становила 10 л на 100 м², що відповідало 1000 л/га. Першу обробку було проведено відповідно до схеми досліду, а повторну через 14 діб після першої. За кожної обробки використовувалося 15 г препарату на 100 м², або 1,5 кг/га. Загальна витрата препарату за дві обробки становила 30 г на 100 м², або 3,0 кг/га.

Об'єктом проведених досліджень були ростові процеси, особливості формування асиміляційного апарату та продуктивність рослин баклажана за вирощування в різних умовах. Упродовж вегетаційного періоду здійснювали спостереження за перебігом ростових процесів і формуванням рослин. На підставі

проведених обліків встановлювали рівень продуктивності рослин та формування врожаю за відповідних умов вирощування.

Результати досліджень. В роботі представлені результати польових експериментів, проведених протягом 2024–2025 років у весняно-літніх плівкових теплицях на базі сертифікованих дослідних ділянок. Розвиток асиміляційного апарату рослин баклажана чітко корелював із варіантами живлення та генетичними особливостями досліджуваних генотипів. У досліді з оптимізації азотного живлення баклажана за впливу біологічних препаратів оцінено реакцію рослин гібридів F1 Дестан і Казимір на різні рівні мінерального живлення у поєднанні з препаратами Споромакс-Т та Споромакс-В. Одержані результати характеризують особливості формування фотосинтетичного апарату та його продуктивності залежно від поєднання досліджуваних факторів. (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив інтегрованих систем живлення на фотосинтетичні параметри посівів баклажана (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Гібрид F1	Фаза цвітіння		Фаза плодоношення		ЧПФ, г/росл. за добу
		Площа листової поверхні, см²/росл.	Суха маса однієї рослини, г	Площа листової поверхні, см²/росл.	Суха маса однієї рослини, г	
Контроль (без обробки)	Дестан	3950	16	9000	43	3,64
	Казимір	3450	16	8100	41	3,95
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-Т	Дестан	4200	18	9700	49	3,86
	Казимір	3500	18	8850	44	4,02
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-В	Дестан	4100	20	9400	48	4,03
	Казимір	3200	21	9000	42	4,13
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-Т	Дестан	3600	16	10500	47	3,57
	Казимір	3750	18	9400	49	4,08
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В	Дестан	3450	20	9900	49	4,13
	Казимір	3800	19	9600	52	4,24
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-Т	Дестан	4600	19	12200	46	3,10
	Казимір	4800	20	12000	49	3,29
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-В	Дестан	4650	16	12600	48	2,97
	Казимір	4850	17	11850	47	3,07
$НІР_{05}$		*318,4*	*1,01*	*829,9*	1,82	0,26

Примітка: При проведенні розрахунків ЧПФ аналізували часовий інтервал між фазами масового цвітіння та першого збору плодів баклажана.

В розрізі гібридів, для гібрида Дестан максимальне значення ЧПФ за досліджуваними варіантами живлення та біологічних препаратів визначено за $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В – 4,13 г/росл. за добу, на 13,5% більше контролю, мінімальне за $N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-В – 2,97 г/росл. за добу, на 18,4% менше контролю. Для гібрида Казимір максимальне значення ЧПФ визначено за $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В – 4,24 г/росл. за добу, на 7,3% більше контролю, а мінімальне за $N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-В – 3,07 г/росл. за добу, на 22,3% менше контролю.

Загалом за показником ЧПФ найвищі значення отримано за варіантами поєднання мінерального живлення $N_{90}P_{90}K_{90}$ та дії препарату Споромакс-В для обох

досліджуваних гібридів. За застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ обидва біологічні препарати забезпечували значення ЧПФ, вищі за відповідний контрольний рівень, за застосування Споромакс-В для обох гібридів, тоді як для Споромакс-Т для гібрида Дестан значення ЧПФ було на 1,9% менше контролю. За застосування добрив у концентраціях $N_{120}P_{120}K_{120}$ обидва препарати для обох гібридів характеризувалися значеннями ЧПФ нижче контролю. За досліджуваними рівнями азотного живлення та біологічними препаратами найвище значення ЧПФ визначено для поєднання $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В.

Вирощування баклажана супроводжується комплексом фітосанітарних ризиків, серед яких особливе місце посідають інфекційні хвороби, спричинені грибними, ооміцетними, бактеріальними та вірусними патогенами. Фітосанітарний моніторинг засвідчив помітну реакцію рослин і плодів баклажана на поєднання мінерального живлення з препаратами Споромакс-Т та Споромакс-В. Зміна рівня забезпечення елементами живлення супроводжувалася неоднаковою інтенсивністю ураження у гібридів F1 Дестан та Казимір, що свідчить про певні відмінності їх реакції на застосовані агротехнологічні заходи (табл. 2).

Таблиця 2

Ураженість рослин і плодів баклажана залежно від рівня мінерального живлення та застосування препаратів (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Гібрид F1	Рослини			Плоди		
		Загальна кількість, шт	Кількість уражених, шт.	Ураженість, %	Загальна кількість, шт	Кількість уражених, шт.	Ураженість, %
Контроль (без обробки)	Дестан	24	8	33,3	384	26	6,8
	Казимір	24	7	29,2	336	24	7,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-Т	Дестан	24	6	25,0	372	16	4,3
	Казимір	24	6	25,0	336	15	4,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-В	Дестан	24	5	20,8	396	12	3,0
	Казимір	24	6	25,0	372	11	3,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-Т	Дестан	24	4	16,7	408	14	3,4
	Казимір	24	4	16,7	336	15	4,5
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В	Дестан	24	4	16,7	384	11	2,9
	Казимір	24	3	12,5	396	11	2,8
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-Т	Дестан	24	4	16,7	408	18	4,4
	Казимір	24	6	25,0	360	16	4,4
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-В	Дестан	24	5	20,8	384	16	4,2
	Казимір	24	5	20,8	360	15	4,2
$НІР_{05}$		-	*0,79*	*3,29*	-	*2,61*	0,77

Застосування Споромакс-Т на фоні мінерального живлення супроводжувалося зниженням ураженості рослин для обох досліджуваних гібридів. За $N_{60}P_{60}K_{60}$ цей показник для гібридів Дестан і Казимір становив 25,0%, що відповідно на 24,9% та 14,4% менше контролю. Підвищення рівня живлення до $N_{90}P_{90}K_{90}$ посилило прояв захисної дії препарату, ураженість зменшилася до 16,7%, на 49,8% менше контролю для гібриду Дестан та на 42,8% для гібрида Казимір. Подальше збільшення

дози мінеральних добрив до $N_{120}P_{120}K_{120}$ для гібрида Дестан показала такий самий рівень уражених рослин – 16,7%. Для гібрида Казимір відбулося зростання ураженості до 25,0%, на 14,4% менше контролю.

Найнижчий рівень ураження плодів сформувався за використання Споромакс-В. За $N_{60}P_{60}K_{60}$ для досліджуваних гібридів отримано однаковий показник – 3,0%, (для гібрида Дестан це на 55,9% менше контролю, для гібрида Казимір на 57,7% менше контролю). Підвищення мінерального живлення до $N_{90}P_{90}K_{90}$ супроводжувалося подальшим скороченням ураженості. Для гібрида Дестан вона становила 2,9%, на 57,4% менше контролю. Для гібрида Казимір зафіксовано 2,8%, на 60,6% менше контролю. Саме це значення було мінімальним серед усіх показників ураженості плодів. За $N_{120}P_{120}K_{120}$ для досліджуваних гібридів рівень ураження становив по 4,2% (для гібрида Дестан це на 38,2% менше контролю, а для гібрида Казимір на 40,8% менше контролю).

Отже, застосування Споромакс-В забезпечувало найнижчу ураженість плодів у всьому комплексі досліджуваних варіанті за рівня $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 2,8–4,2%, для гібридів F1 Дестан і Казимір рівень ураження плодів за цього поєднання був відповідно на 57,4% та 60,6% меншим контролю.

Покращення фізіологічного стану рослин та оптимізація ризосферних процесів забезпечили суттєве підвищення загальної продуктивності досліджуваних сортів та гібридів баклажана (табл. 3).

Таблиця 3

Урожайність гібридів баклажана залежно від рівня мінерального живлення та застосування препаратів, за 2022–2024 роки, кг/гм²

Варіант досліду	Гібрид F1	Урожайність	Приріст урожайності	
			кг/гм²	%
Контроль (без обробки)	Дестан	6,0	-	-
	Казимір	6,5	-	-
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-Т	Дестан	6,7	0,7	11,7
	Казимір	7,0	0,5	16,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Споромакс-В	Дестан	7,2	1,2	20,0
	Казимір	7,5	1,0	25,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-Т	Дестан	7,5	1,5	25,0
	Казимір	8,0	1,5	33,3
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В	Дестан	8,2	1,7	36,7
	Казимір	8,5	2,0	30,8
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-Т	Дестан	6,8	0,8	13,3
	Казимір	7,0	0,5	7,7
$N_{120}P_{120}K_{120}$ + Споромакс-В	Дестан	7,6	1,6	26,7
	Казимір	7,7	1,2	18,5
HIP_{05}		0,39	-	-

У досліді з оптимізації азотного живлення баклажана за впливу біологічних препаратів урожайність визначено залежно від рівня мінерального живлення, виду біологічного препарату та гібридних особливостей рослин. Максимальні значення за кожним із досліджуваних факторів характеризують найбільш результативні поєднання умов живлення та біологічного впливу.

За внесення мінерального живлення максимальну урожайність визначено за рівня $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 8,5 кг/м² для гібрида Казимір за застосування Споромакс-В, на 30,8% більше контролю. Для гібрида Дестан за цього рівня живлення максимальну урожайність визначено на рівні 8,2 кг/м² за застосування Споромакс-В, на 36,7% більше контролю.

Таким чином дослідження динаміки азотного режиму ґрунту показали, що внесення максимальної мінеральної дози азоту $N_{120}P_{120}K_{120}$ призводило до різкого зростання концентрації нітратного азоту в орному шарі на початкових етапах вегетації рослин із подальшим його стрімким вимиванням у нижні горизонти ґрунтового профілю. Ці процеси спричиняють депресивну дію високих концентрацій мінерального азоту на діяльність аборигенної мікрофлори порівняно з природним фоном. Натомість дія помірних доз азоту $N_{90}P_{90}K_{90}$ дозволяє оптимізувати біологічні процеси в ризосфері баклажана. За сукупністю факторів максимальну урожайність баклажана визначено за $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Дослідження (2024–2025 рр.) підтвердили, що рівень мінерального живлення істотно впливав на формування асиміляційного апарату та фотосинтетичну продуктивність рослин баклажана. Найбільш сприятливим для формування продуктивного фотосинтетичного апарату виявилося поєднання $N_{90}P_{90}K_{90}$ із застосуванням Споромакс-В. Застосування препарату Споромакс-В на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечувало найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу: 4,13–4,24 г/росл. за добу. Ураженість рослин за цим варіантом досліду була мінімальною та становила 12,5–16,7%, а ураженість плодів відповідно 2,8–2,8%, що було на 57,4–60,6% менше контрольних показників. Оптимізація мінерального живлення в поєднанні з біологічним захистом сприяла підвищенню врожайності баклажана. Максимальну врожайність – 8,2–8,5 кг/м² отримано також за варіантом із $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Споромакс-В. Приріст урожайності порівняно з контролем становив відповідно 30,8–36,7%. Подальше підвищення рівня мінерального живлення до $N_{120}P_{120}K_{120}$ не забезпечувало відповідного зростання врожайності.

За сукупністю показників фотосинтетичної діяльності, фітосанітарного стану та продуктивності найбільш ефективним варіантом досліду виявилося поєднання помірного рівня мінерального живлення $N_{90}P_{90}K_{90}$ із застосуванням біологічного препарату Споромакс-В. Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення ефективності різних способів внесення та дозування мікробіологічних препаратів, а також на вивчення їх взаємодії з іншими елементами системи живлення баклажана.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Рогач В.В., Кірізій Д.А., Стасик О.О., Рогач Т.І. Морфогенез, фотосинтез і продуктивність баклажанів за впливу регуляторів росту з різними механізмами дії. *Фізіологія рослин і генетика.* 2020. № 52, № 2. С. 152–168. https://doi.org/10.15407/frg2020.02.152

2. Zhang Q., Wu S., Chen C., Shu L.-Z., Zhou X.-J., Zhu S.-N. Regulation of nitrogen forms on growth of eggplant under partial root-zone irrigation. *Agricultural Water Management.* 2014. № 142. Pp. 56–65. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.04.015

3. López-Cantarero I., Ruiz J.M., Hernández J., Romero L. Nitrogen metabolism and yield response to increases in nitrogen-phosphorus fertilization: Improvement in greenhouse cultivation of eggplant (Solanum melongena cv. Bonica). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 1997. № 45, № 11. Pp. 4227–4231. https://doi.org/10.1021/jf970213g

4. Mauceri A., Bassolino L., Lupini A., Badeck F., Rizza F., Schiavi M., Toppino L., Abenavoli M.R., Rotino G.L., Sunseri F. Genetic variation in eggplant for nitrogen use efficiency under contrasting NO_3^- supply. *Journal of Integrative Plant Biology.* 2020. № 62, № 4. Pp. 487–508. https://doi.org/10.1111/jipb.12823

5. Flores R.A., Montes Nogueira Borges B.M., Almeida H.J., Prado R.M. Growth and nutritional disorders of eggplant cultivated in nutrients solutions with suppressed macronutrients. *Journal of Plant Nutrition.* 2015. № 38, № 7. Pp. 1097–1109. https://doi.org/10.1080/01904167.2014.963119

6. Aminifard M.H., Aroiee H., Fatemi H., Ameri A., Karimpour S. Responses of eggplant (Solanum melongena L.) to different rates of nitrogen under field conditions. *Journal of Central European Agriculture.* 2010. № 11, № 4. Pp. 453–458. https://doi.org/10.5513/JCEA01/11.4.863

7. Kaur T., Devi R., Negi R., Kumar S., Singh S., Rustagi S., Shreaz S., Rai A.K., Kour D., Yadav A.N. Microbial consortium with multifunctional attributes for the plant growth of eggplant (Solanum melongena L.). *Folia Microbiologica.* 2024. № 69, № 6. Pp. 1255–1266. https://doi.org/10.1007/s12223-024-01168-x

8. Padhiary G.G., Dubey A.K. Response of biofertilizers on growth and yield parameters of brinjal (Solanum melongena L.) cv. Azad B-3. *International Journal of Environment and Climate Change.* 2022. № 12, № 12. Pp. 261–266. https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i121462

9. Kiran S., Baysal Furtana G., Ellialtioğlu Ş.Ş. Inoculation with Azotobacter spp. improves eggplant tolerance to combined salt and drought stress. *Journal of Plant Growth Regulation.* 2025. № 44. Pp. 5496–5511. https://doi.org/10.1007/s00344-025-11775-8

10. Куц О.В., Онищенко О.І., Чаюк О.О., Коноваленко К.М., Ільїнова Є.М. Використання мікробних препаратів та гумінових добрив за вирощування баклажана в плівкових теплицях. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2023. № 19, № 6. DOI: 10.31548/dopovidi6(106).2023.008

11. Al Ali M., Gencoglan C., Gençoğlan S. The effects of organic and inorganic fertilizer applications on yield and plant vegetative growth of eggplant (Solanum melongena L.). *International Journal of Plant & Soil Science*. 2019. № 29, № 1. Pp. 1–9. https://doi.org/10.9734/ijpss/2019/v29i130132

12. Sivasakthi S., Usharani G., Saranraj P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR) — Pseudomonas fluorescens and Bacillus subtilis: A review. African Journal of Agricultural Research. 2014. № 9, № 16. Pp. 1265–1277.

13. Ma Y., Ding J., Nie Z. et al. Microbial inoculants alleviate continuous cropping obstacles in eggplant through soil properties and rhizosphere microbiota. *Microorganisms.* 2026. № 14, № 3. Pp. 672. https://doi.org/10.3390/microorganisms14030672

14. Abdelhadi A.I.A., El-Ashry R.M., Khairy A.M., Elakkad H.A., Aioub A.A.A. et al. Restoration of fumigated soil biota with plant growth-promoting rhizobacteria to counteract Meloidogyne incognita (Tylenchida: Heteroderidae) boosts eggplant growth and defenses. *European Journal of Plant Pathology*. 2024. № 169. Pp. 841–856. https://doi.org/10.1007/s10658-024-02873-6

15. Chatzistathis T., Sarropoulou V., Papaioannou E., Giannakoula A. Inorganic and organic fertilization effects on the growth, nutrient uptake, chlorophyll fluorescence and fruit quality in Solanum melongena L. plants. *Agronomy.* 2025. № 15, № 4. Pp. 872. https://doi.org/10.3390/agronomy15040872

16. Panda S.A., Sinha B., Sahoo B.B., Phonglosa A., Nayak B.S., Nayak R.K., Dash A.K., Dalei B.B. Impact of foliar application of nano urea on yield, nutrient uptake and fruit quality of brinjal (Solanum melongena L.) in the Western Undulating Zone of Odisha, India. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2024. № 36, № 9. Pp. 19–29. https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i94948

17. Zhou C., Zhang H., Yu S., Chen X., Li F., Wang Y., Wang Y., Liu L. Optimizing water and nitrogen management strategies to improve their use efficiency, eggplant

yield and fruit quality. *Frontiers in Plant Science*. 2023. № 14. Pp. 1211122. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1211122

18. Prusty M., Panda N., Dash A.K., Mishra N. Nutrient management modules for eggplant (Solanum melongena L.): Yield, quality, economics, nutrient uptake and post-harvest soil properties. *Journal of the Indian Society of Coastal Agricultural Research*. 2022. № 40, № 1. Pp. 46–53. https://doi.org/10.54894/JISCAR.40.1.2022.112565

19. Abrantes E.G., Rocha J.L.A., de Paiva K.F., Rocha R.H.C., da Silva A.P., Gondim A.R.O., Santos E. da N., Marcelino R.M.O. da S. Gas exchange and nitrogen compartmentalization of eggplant under nitrogen and silicon doses. *Journal of Experimental Agriculture International*. 2019. № 38, № 2. Pp. 1–8. https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v38i230295

20. Luo P., Xin C., Zhu Y., Liu Y., Ling J., Wang T., Huang J., Khu S.-T. Effect of rational fertilizer for eggplants on nitrogen and phosphorus pollutants in agricultural water bodies. *Processes*. 2023. № 11, № 2. Pp. 579. https://doi.org/10.3390/pr11020579

21. Sharma M., Delta A.K., Brar N.S., Yadav A., Dhanda P.S., Baslam M., Kaushik P. Rhizophagus irregularis and Azotobacter chroococcum uphold eggplant production and quality under low fertilization. *International Journal of Plant Biology*. 2022. № 13, № 4. Pp. 601–612. https://doi.org/10.3390/ijpb13040048

Дата першого надходження статті до видання: 09.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 632.4:633.16:632.93
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.31

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ФУНГІЦИДНИМИ ПРЕПАРАТАМИ БІОЛОГІЧНОЇ ТА ХІМІЧНОЇ ДІЇ У ФОРМУВАННІ ФІТОСАНІТАРНОГО СТАНУ ПОСІВІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

Урсал В.В. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри ботаніки та захисту рослин,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-8562-0406
Ходос Т.А. *– д.філос.,*
старший викладач кафедри ботаніки та захисту рослин,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-7744-1424

Захист ячменю ярого від кореневих гнилей та інших грибних хвороб є важливим елементом технології вирощування в умовах Степу України. Посилення резистентності фітопатогенів до синтетичних фунгіцидів і підвищення екологічних вимог до агровиробництва зумовлюють необхідність наукового обґрунтування застосування мікробіологічних препаратів як альтернативи хімічним протруйникам. Встановити ефективність передпосівної обробки насіння сортів ячменю ярого біологічними та хімічними фунгіцидами за показниками росту рослин, фітосанітарного стану посівів, структури врожаю й економічної ефективності в умовах Херсонської області. Двофакторний польовий дослід виконували у 2023–2024 рр. у фермерському господарстві «Троянда» Херсонського району на незрошуваних чорноземах південних. Вивчали вплив сорту (Аватар, Айріс) та варіантів передпосівної обробки насіння: контроль (вода), хімічний протруйник Вінцит 050 CS (еталон) і біопрепарати RIZODERMA, Бактофіт, Біозлак та Віплант. Повторність у досліді чотириразова, облікова ділянка – 54 м², попередником слугував соняшник. Результати обробляли методом дисперсійного аналізу (ANOVA) з обчисленням найменшої істотної різниці. Біопрепарати на основі Trichoderma harzianum, Bacillus subtilis та Pseudomonas aureofaciens скорочували період «сівба-сходи» на 2–3 доби порівняно з хімічним протруйником, проявляючи ріcтстимулювальну дію. Загальна тривалість вегетаційного періоду становила 70–81 добу залежно від сорту та варіанта обробки. Усі досліджувані препарати зменшували ураженість рослин кореневими гнилями більш ніж удвічі проти контролю та забезпечували виживання додатково 6–14 рослин/м², тоді як надійний захист від сажкових хвороб забезпечив лише хімічний протруйник. Найвищу врожайність зерна забезпечило застосування препарату RIZODERMA: 2,34 т/га (Аватар) і 2,32 т/га (Айріс), що достовірно перевищувало контроль на 0,34 і 0,42 т/га.

Препарат RIZODERMA забезпечив найвищу ефективність проти кореневих гнилей і максимальну рентабельність вирощування ячменю ярого – 35,3 %, що підтверджує доцільність його використання як базового елемента системи біологічного захисту посівів у південному Степу України.

Ключові слова: *ячмінь ярий, передпосівна обробка насіння, біологічні фунгіциди, кореневі гнилі, фітосанітарний стан, рентабельність, RIZODERMA.*

Ursal V.V., Khodos T.A. Efficacy of pre-sowing seed treatment with biological and chemical fungicidal preparations in the formation of the phytosanitary status of spring barley crops

Protection of spring barley against root rots and other fungal diseases is an essential component of cultivation technology under the conditions of the Steppe zone of Ukraine. The increasing resistance of phytopathogens to synthetic fungicides and the growing

© Урсал В.В., Ходос Т.А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

environmental requirements for agricultural production necessitate the scientific substantiation of microbiological preparations as an alternative to chemical seed dressings. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of pre-sowing seed treatment of spring barley cultivars with biological and chemical fungicides based on plant growth, phytosanitary status, yield structure, and economic efficiency under the conditions of Kherson Oblast. A two-factor field experiment was conducted in 2023–2024 at the Troyanda farming enterprise in the Kherson district on rainfed southern chernozem soils. The effects of cultivar (Avatar and Iris) and pre-sowing seed treatment were investigated using the following treatments: untreated control (water), the chemical seed dressing Vincit 050 CS (reference treatment), and the biological products RIZODERMA, Baktofit, Biozlak, and Viplant. The experiment was arranged with four replications; the accounting plot area was 54 m², and sunflower served as the preceding crop. The data were analysed using analysis of variance (ANOVA), and the least significant difference (LSD) was calculated. Biological products based on Trichoderma harzianum, Bacillus subtilis, and Pseudomonas aureofaciens shortened the sowing-to-emergence period by 2–3 days compared with the chemical seed dressing, demonstrating a growth-promoting effect. The total duration of the growing season ranged from 70 to 81 days depending on the cultivar and seed treatment. All tested products reduced the incidence of root rots by more than twofold compared with the control and increased plant survival by an additional 6–14 plants m^{-2}, whereas reliable protection against smut diseases was provided only by the chemical seed dressing. The highest grain yield was obtained with RIZODERMA, reaching 2.34 t ha^{-1} for Avatar and 2.32 t ha^{-1} for Iris, which significantly exceeded the control by 0.34 and 0.42 t ha^{-1}, respectively.

RIZODERMA demonstrated the highest efficacy against root rots and provided the greatest profitability of spring barley production (35.3%), confirming its suitability as a key component of an integrated biological crop protection system for the Southern Steppe of Ukraine.

Key words: *spring barley, pre-sowing seed treatment, biological fungicides, root rots, phytosanitary status, profitability, RIZODERMA.*

Постановка проблеми. Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) – одна з найважливіших зернових культур в Україні. Проте реалізація потенціалу продуктивності культури в умовах посушливого Південного Степу суттєво обмежується комплексом грибних захворювань, насамперед кореневими гнилями – *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, *Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. та *Fusarium oxysporum* Schltdl., що уражують проростки та кореневошийкову зону рослин протягом усього вегетаційного сезону [1–4].

Традиційне хімічне протруювання насіння синтетичними фунгіцидами за масштабного й тривалого застосування призводить до формування стійких популяцій патогенів, акумуляції пестицидного навантаження та пригнічення корисної мікробіоти ризосфери [5]. Це зумовило інтерес до біологічних фунгіцидів на основі мікроорганізмів-антагоністів – *Trichoderma harzianum* Rifai, *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn і *Pseudomonas aureofaciens* Kluyver & van Niel, здатних контролювати фітопатогени й стимулювати ріст рослин [3–8]. Їхня ефективність у польових умовах варіює залежно від агрокліматичних умов, видового складу патогенів та сортових особливостей [9].

Механізми захисної дії таких препаратів різнобічні: пряме пригнічення збудників через антибіоз і мікопаразитизм, конкуренція за поживні речовини та екологічні ніші в ризосфері, а також опосередкований захист унаслідок індукування системної стійкості рослини й синтезу фітогормонів, що стимулюють проростання насіння та розвиток кореневої системи. Саме поєднання протимікробної та рістрегулювальної активності робить біологічні фунгіциди перспективним елементом екологічно орієнтованих технологій вирощування зернових культур [10–12].

Порівняльна оцінка ефективності хімічних та мікробіологічних протруйників у конкретних умовах незрошуваного землеробства Херсонської області, зокрема за розміщення ячменю після соняшнику, залишається недостатньо вивченою.

Метою досліджень було встановити вплив передпосівної обробки насіння сортів Аватар та Айріс хімічним і біологічними фунгіцидами на ріст і розвиток рослин, фітосанітарний стан посівів, структуру врожаю та економічну ефективність вирощування культури в умовах Херсонського Степу [13–14].

Матеріали та методи. Дослід виконували у 2023–2024 рр. у приватному фермерському господарстві «Троянда» Херсонського району на богарних чорноземах південних малогумусних легкосуглинкових. Агрокліматичні умови зони посушливі, із сумою опадів 380–420 мм на рік; обидва вегетаційні періоди характеризувалися вираженим дефіцитом продуктивної вологи. Ефективність мікробіологічних препаратів за таких умов зумовлена тим, що штами *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* і *Pseudomonas aureofaciens* колонізують насіння та прикореневу зону вже на етапі проростання, коли вологість посівного шару достатня для їх активації, а антагонізм до збудників кореневих гнилей реалізується безпосередньо в ризосфері й менше залежить від подальших опадів.

Дослід закладали за схемою двофакторного польового експерименту. Фактор А – сорти ячменю ярого Аватар (у Держреєстрі з 2014 р., рекомендований для Степу) та Айріс (з 2017 р., дворядний, пивоварно-зернового використання). Фактор В – шість варіантів обробки насіння: 1) контроль (вода, 10 л/т); 2) хімічний протруйник Вінцит 050 CS (флутріафол + тіабендазол), 2,0 л/т, еталон; 3) RIZODERMA (*Trichoderma harzianum*, штам ТН-22), 6,0 л/т; 4) Бактофіт (*Bacillus subtilis*, штам ИПМ 215), 2,0 л/т; 5) Біозлак (*Bacillus subtilis* + *Pseudomonas aureofaciens*), 1,5 л/т; 6) Віплант (фітобактеріоміцин), 2,0 л/т. Повторність чотириразова, облікова ділянка 54 м², загальна площа досліду 2,4 га. Попередником слугував соняшник.

Ячмінь висівали 10 березня сівалкою ASTRA 3,6 (міжряддя 15 см) із внесенням $N_{30}P_{10}$; норма висіву 4,5 млн схожих зернівок/га, глибина загортання 4–5 см. Фітопатологічний моніторинг здійснювали за методичними рекомендаціями Чумакова О.Є. та Буча С.Ф.; біометричні параметри визначали у фази кущіння, виходу в трубку, колосіння та повної стиглості. Урожай обліковували комбайном «Сампо-130» із перерахунком на вологість 7 % і 100 % чистоту. Статистичну обробку здійснювали методом дисперсійного аналізу (ANOVA) з обчисленням найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$); економічну ефективність розраховували за цінами маркетингового сезону 2024 р.

Результати досліджень та їх обговорення Спосіб передпосівної підготовки насіння значно впливав на хронологію фаз розвитку культури, тоді як сорт на тривалість інтервалу «сівба-сходи» не позначався. Хімічний протруйник Вінцит 050 CS подовжував час до масових сходів на 1–3 доби порівняно з біопрепаратами, які виконували функцію природних стимуляторів проростання, тоді як синтетичний фунгіцид дещо гальмував ці процеси. Тривалість періоду «сівба-сходи» коливалася від 7 діб на варіантах із біопрепаратами Бактофіт і Біозлак до 9–10 діб на контролі та за хімічного протруювання.

Загальна тривалість вегетаційного періоду становила 70–81 добу залежно від сорту, варіанта обробки та року; вона була дещо більшою у Аватара (у середньому на 2 доби), а найдовший період відзначено за застосування RIZODERMA – 79–81 добу.

Фітопатологічна оцінка виявила неоднорідність сортів за природною стійкістю: Аватар був витривалішим до сажкових хвороб і плямистостей, Айріс – до кореневих гнилей. Хімічний протруйник Вінцит 050 CS кардинально покращив фітосанітарний стан обох сортів, знизивши ураженість твердою та летючою сажкою у 2–5 разів, а кореневими гнилями, темно-бурою плямистістю й борошнистою росою – приблизно вдвічі. Серед біопрепаратів захисту від сажки не зафіксовано, проте щодо інших хвороб їхня ефективність була переконливою (табл. 1).

Таблиця 1

Рівень ураження рослин ячменю ярого хворобами залежно від способу захисту рослин (середнє за 2023–2024 рр.), %

Сорт (А)	Препарат (В)	Хвороби, %				
		Сажка летюча	Сажка тверда	Кореневі гнилі	Плямистість темно-бура	Роса борошниста
Аватар	Контроль	1,5	1,4	8,2	10,9	3,1
	Вінцит 050 CS (еталон)	0,3	0,7	4,3	4,9	1,9
	RIZODERMA	1,5	1,4	3,7	4,7	1,6
	Бактофіт	1,5	1,4	4,2	3,9	1,8
	Біозлак	1,5	1,4	3,9	4,1	2,1
	Віплант	1,5	1,4	3,5	5,9	3,0
Айріс	Контроль	2,6	2,3	3,9	14,1	6,1
	Вінцит 050 CS (еталон)	0,2	0,6	1,6	6,4	5,8
	RIZODERMA	2,5	2,1	1,4	5,9	4,2
	Бактофіт	2,6	2,3	1,5	5,1	4,5
	Біозлак	2,6	2,3	1,4	5,3	4,5
	Віплант	2,6	2,3	1,4	7,9	5,8

RIZODERMA перевершив хімічний еталон за захистом від кореневих гнилей та темно-бурої плямистості; усі досліджувані препарати знизили поширеність кореневих гнилей більш ніж удвічі порівняно з необробленим насінням.

Передпосівна обробка позитивно вплинула на елементи структури врожаю. Щільність продуктивного стеблостою становила 218–232 рослин/м² у Аватара та 212–225 рослин/м² у Айріса за продуктивної кущистості 1,4–1,7 стебла на рослину; вищими були рослини Аватара (середня висота 72,3 см проти 65,8 см у Айріса). Порівняно з необробленим насінням, обробка препаратами забезпечила виживання додатково 6–14 рослин/м², найкраще – за RIZODERMA. Довжина колоса (6,8–7,3 см) і кількість зернівок у ньому (14,6–15,3 шт.) між варіантами практично не змінювалися, а маса 1000 зерен визначалася генотипом: 48 г у Аватара проти 44 г у Айріса.

Урожайність зерна за 2023–2024 рр. формувалася на рівні 1,90–2,34 т/га. Несприятливі погодні умови та розміщення після соняшнику, який інтенсивно висушує кореневмісний шар ґрунту й залишає знижені запаси продуктивної вологи, обмежували реалізацію потенціалу сортів. Різниця врожайності між сортами була статистично несуттєвою, натомість фактор передпосівної обробки насіння мав достовірний вплив: прибавка до контролю становила 0,16–0,34 т/га для Аватара та 0,17–0,42 т/га для Айріса. Максимальну врожайність стабільно забезпечував RIZODERMA – 2,34 і 2,32 т/га у середньому за два роки [6, с. 215; 7, с. 130] (табл. 2).

Економічна оцінка показала, що включення препаратів до технологічної схеми було виправданим через зниження собівартості продукції та зростання прибутковості (табл. 3). Варіанти без обробки, попри мінімальні прямі витрати, мали найвищу собівартість зерна (6317–6592 грн/т) і найнижчу рентабельність (23,4–27,3 %).

Лідером за економічними показниками став RIZODERMA: умовно чистий прибуток 7031–7103 грн/га, рівень рентабельності 35,2–35,3 %, коефіцієнт окупності витрат – 8,44 грн на кожну вкладену гривню. Найменш вигідним виявився Віплант (2,76 грн/грн) через високу вартість препарату.

Таблиця 2

Вплив захисту рослин на врожайність зерна сортів ячменю ярого у 2023–2024 рр., т/га

Сорт (А)	Препарат (В)	Роки		
		2023 р.	2024 р.	Середнє
Аватар	Контроль (вода)	2,02	1,97	2,00
	Вінцит 050 CS (еталон)	2,19	2,15	2,17
	RIZODERMA	2,37	2,31	2,34
	Бактофіт	2,20	2,16	2,18
	Біозлак	2,22	2,17	2,20
	Віплант	2,18	2,14	2,16
Айріс	Контроль (вода)	1,92	1,88	1,90
	Вінцит 050 CS (еталон)	2,17	2,13	2,15
	RIZODERMA	2,35	2,29	2,32
	Бактофіт	2,18	2,14	2,16
	Біозлак	2,12	2,08	2,10
	Віплант	2,09	2,05	2,07
$НІР_{05}$ (т/га): А – 0,12; В – 0,15; АВ – 0,20				

Таблиця 3

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого залежно від сортового складу та захисту рослин (середнє за 2023–2024 рр.)

Сорт (А)	Препарат (В)	Вартість вал. продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівартість, грн/т	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Аватар	Контроль (вода)	17370	12634	6317	4736	27,3
	Вінцит 050 CS (еталон)	18836	13116	6044	5720	30,3
	RIZODERMA	20124	13021	5564	7103	35,3
	Бактофіт	18748	12974	5951	5774	30,8
	Біозлак	18920	12896	5862	6024	31,8
	Віплант	18576	13194	6108	5382	29,0
Айріс	Контроль (вода)	16340	12524	6592	3816	23,4
	Вінцит 050 CS (еталон)	18490	13016	6054	5474	29,6
	RIZODERMA	19952	12921	5569	7031	35,2
	Бактофіт	18576	12864	5956	5712	30,8
	Біозлак	18060	12786	6089	5274	29,2
	Віплант	17802	13004	6282	4798	27,0

Отримані результати свідчать про комплексний характер дії мікробіологічних препаратів: рістстимулювальний ефект на етапі проростання, зниження ураженості кореневими гнилями та покращення виживання рослин у сукупності забезпечують формування вищої врожайності навіть за несприятливих погодних умов. Перевагу препарату RIZODERMA над іншими біопрепаратами й хімічним еталоном можна пояснити високою антагоністичною активністю штаму *Trichoderma harzianum* щодо ґрунтових фітопатогенів у поєднанні з вираженим стимулюванням

початкового росту рослин. Водночас нездатність біопрепаратів контролювати сажкові хвороби вказує на доцільність їх поєднання з хімічним протруюванням у роки з підвищеним інфекційним навантаженням, що дасть змогу забезпечити одночасно фітосанітарну надійність і біологізацію системи захисту.

Висновки. Мікробіологічні препарати на основі *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* та *Pseudomonas aureofaciens* прискорювали появу сходів та збільшували висоту рослин сортів Аватар і Айріс, виявляючи рістстимулювальний ефект на початкових етапах розвитку.

Передпосівна обробка насіння всіма досліджуваними препаратами суттєво знизила поширеність кореневих гнилей; найвищу ефективність показали RIZODERMA та Віплант, а проти сажкових хвороб надійний захист забезпечив лише хімічний протруйник Вінцит 050 CS.

Найвищу врожайність в обох сортів отримано за застосування RIZODERMA (2,34 і 2,32 т/га) за найвищої рентабельності виробництва, що обґрунтовує доцільність його впровадження в систему захисту ячменю ярого. Перспективи подальших досліджень пов'язані з вивченням препарату у складі інтегрованих систем захисту за різних попередників та рівнів вологозабезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Патика Н.І., Пріб К.А. Світовий ринок рослинницьких продуктів та позиції України на ньому. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2019. Випуск № 1(69). С. 107-114 https://doi.org/10.32782/2520-2200/2019-1-16

2. Кирилюк В.П., Тимощук Т.М., Котельницька Г.М. Вплив систем основного обробітку грунту та удобрення на продуктивність ячменю ярого. *Наукові горизонти*. 2019. № 9(22). С. 36-44. https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-82-9-36-44

3. Kennedy S.P., Lynch J.P., Spink J. & Bingham I.J. Grain number and grain filling of two-row malting barley in response to variation in post-anthesis radiation: Analysis by grain position on the ear and its implications for yield improvement and quality. *Field Crops Research*. 2018. Volume 225. P. 74-82. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.06.004

4. Oyesola O. L., Kinge R.-T., Obembe O. O., Bello O. A., Taiwo O. Trichoderma: A Review of Its Mechanisms of Action in Plant Disease Contro. *IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science*. 2025. Vol. 1492, Article 012008. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1492/1/012008

5. Ходос Т.А., Урсал В.В. Порівняльна ефективність біологізованої та хімічної системи захисту озимої пшениці від шкідливих організмів в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 145. С. 142–148. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.2.15

6. Yula V., Kaminska V., Porodko M., Dudka O., & Mushyk B. Characteristics of spring barley crop formation depending on cultivation technology elements. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*. 2024. No. 3. P. 76-86. https://doi.org/10.54651/agri.2024.03.08

7. Урсал В.В., Ходос Т.А. Інноваційні технології внесення засобів захисту рослин. зб. матер.Міжнародної наук.- практ. конф. до 150-річчя створення ХДАЕУ, «*Сучасні вектори розвитку аграрної науки*» 17–18 вересня 2024 р. С. 128–131.

8. Касаткіна Т.О., Гамаюнова В.В. Перспективи та особливості вирощування ячменю ярого на півдні України. *Наукові горизонти*. 2018. № 7-8. С. 131-138.

9. Jiang C., Kan J., Gao G., Dockter C., Li C., Wu W., Yang P. & Stein N. Barley2035: A decadal vision for barley research and breeding. *Molecular Plant*. 2025. Vol. 18, Issue 2. P. 195-218. https://doi.org/10.1016/j.molp.2024.12.009

10. Урсал В.В., Ходос Т.А. Вплив біологічних та хімічних протруйників на формування урожайності ріпаку ярого в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 143. С.131-137. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.15

11. Романюк В.І. Фотосинтетична продуктивність ячменю ярого в умовах Лісостепу Правобережного. *Вісник аграрної науки*. 2019. No 3 (792). С. 76-81. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-12

12. Hartman I. Quality of malting barley grain in the Czech Republik, crop. 2017. *Kvasny Prumysl*. 2018. Vol. 64 (6). P. 297-301. https://doi.org/10.18832/kp201834

13. Коробова О.М., Вінюков О.О. Вплив попередників на фону живлення та рівень продуктивності ячменю ярого. *Таврійський науковий вісник*. 2018. No 103. С. 75-81.

14. Урсал В.В., Ходос Т.А. Фітосанітарна роль короткоротаційних сівозмін як важливий чинник біологічного захисту рослин. *Сучасні технології та системи захисту рослин*: зб. матер. всеукр. наук.-практ. конф. 25 травня 2022 р Херсон. 2022. С. 82-84.

Дата першого надходження статті до видання: 17.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 632.78
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.32

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ШКІДНИКА ЖОЛУДІВ *CYDIA SPLENDANA* (HÜBNER, 1799) (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE: OLETHREUTINAE: GRAPHOLITINI) НА СХОДІ УКРАЇНИ

Ус В.М. *– аспірант кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту і карантину рослин імені Б.М. Литвинова, Державний біотехнологічний університет*
orcid.org/0009-0009-6685-8038

Серед комах-карпофагів жолудів дуба в Україні значне місце посідає сіра плодожерка Cydia splendana (Hübner, 1799) (Lepidoptera: Tortricidae), яка відома в Європі як шкідник плодів різних видів родів Quercus L., Castanea Mill., Juglans L. Біологічні особливості C. splendana досліджені переважно у південних регіонах Європи на плантаціях каштана їстівного. Збагачення відомостей щодо розвитку плодожерки C. splendana в дубових насадженнях на сході України є актуальним з погляду вдосконалення моніторингу стану та захисту врожаю жолудів під час їхнього розвитку. Метою досліджень було встановити деякі особливості сезонного розвитку плодожерки C. splendana в дубових насадженнях сходу України. Дослідження проведені у 2023–2026 рр. У дослідах використовували жолуді, зібрані у серпні–жовтні 2023–2025 рр. у дубових насадженнях і полезахисних смугах Харківської та Полтавської областей. Встановлено, що середній зважений вік гусениць C. splendana становив IV,2 у серпні, IV,3 у вересні, IV,5 у жовтні та IV,8 – у листопаді. Виліт метеликів C. splendana незалежно від дат і температури відбувався у проміжку від 20:00 до 23:30. Виліт метеликів C. splendana з жолудів, перенесених в опалюване приміщення 10 жовтня 2024 року, розпочався через 138 днів, а переміщених 2 січня та 14 січня 2025 р. – через 114 і 111 днів відповідно. За одночасного перенесення жолудів у листопаді 2025 р. із природних умов у опалюване та неопалюване приміщення суми ефективних температур (СЕТ) (з порогом 10°С) від початку вильоту до вильоту 50 % метеликів C. splendana, становили 510 і 508°С, до вильоту 90 % метеликів – 850 і 868°С, а до вильоту 100 % метеликів – 1000 і 1021,8°С в опалюваному та неопалюваному приміщеннях відповідно. У польових умовах у 2024 році літ метеликів C. splendana розпочався у III декаді червня (СЕТ=677,6°С), масовий виліт – у I декаді липня (СЕТ=841,9°С). У 2023, 2025 і 2026 рр. літ метеликів розпочався у II–III декадах липня.

Ключові слова: *комаха-карпофаг, сезонний розвиток, ширина головних капсул, сума ефективних температур (СЕТ).*

Us V.M. Biological traits of acorn pest Cydia splendana (Hübner, 1799) (Lepidoptera: Tortricidae) in the Eastern Ukraine

Among the carpophagous insects of oak acorns in Ukraine, Cydia splendana (Hübner, 1799) (Lepidoptera: Tortricidae) occupies a significant place. This insect is known in Europe as a pest of fruits of Quercus L., Castanea Mill., and Juglans L. The biological features of C. splendana have been studied mainly in southern Europe on chestnut plantations. The study on the development of C. splendana in oak plantings in eastern Ukraine is relevant for improving monitoring of the condition and protection of the acorn crop during development. The research aimed to study the seasonal development of C. splendana in oak plantings of eastern Ukraine. The research was conducted in 2023–2026. The experiments used acorns collected in August–October 2023–2025 in oak stands and field shelterbelts of the Kharkiv and Poltava regions. It was found that the average weighted age of C. splendana caterpillars was IV.2 in August, IV.3 in September, IV.5 in October, and IV.8 in November. The emergence of C. splendana adults, regardless of the dates and temperature, occurred between 20:00 and 23:30. The emergence of C. splendana adults

© Ус В.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

from acorns transferred to a heated room on October 10, 2024, began after 138 days, and those transferred on January 2 and January 14, 2025, after 114 and 111 days, respectively. With the simultaneous transfer of acorns in November 2025 from natural conditions to heated and unheated rooms, the sums of effective temperatures (SET) (with a threshold of 10°C) from the start of emergence to the 50 % C. splendana adults were 510 and 508°C, before the emergence of 90% of adults – 850 and 868°C, and before the emergence of 100 % adults – 1000 and 1021.8°C in heated and unheated rooms, respectively. In field conditions in 2024, the emergence of C. splendana adults began in the third decade of June (SET=677.6°C), and mass swarming in the first decade of July (SET=841.9°C). In 2023, 2025, and 2026, the swarming began in the second and third decades of July.

Key words: *carpophagous insect, seasonal development, head capsule width, sums of effective temperatures (SET).*

Постановка проблеми. Дуб звичайний *Quercus robur* L. є одним із найбільш цінних і поширених видів дерев у лісах, лісових смугах і зелених насадженнях міст України [1]. Останнім часом у зв'язку зі зміною клімату та збільшенням інтенсивності антропогенного навантаження стан дубових насаджень погіршився у різних регіонах [2, 3]. Успішність відновлення насаджень залежить від урожаїв жолудів, на які, своєю чергою, впливають як погодні умови, так і біотичні чинники – комахи-карпофаги та патогени [4]. Однією з комах-карпофагів жолудів є плодожерка *Cydia splendana* (Hübner, 1799) (Lepidoptera: Tortricidae), яка відома як шкідник жолудів різних видів дуба (зокрема звичайного *Q. robur*, скельного *Q. petraea* [Matt.] Liebl. та червоного *Q. rubra* L.), плодів каштана їстівного (*Castanea sativa* Mill.), горіха волоського (*Juglans regia* L.) та бука лісового (*Fagus sylvatica* L.) [5]. Біологічні особливості *C. splendana* досліджені переважно у південних регіонах Європи на плантаціях каштана їстівного [6–8]. Дослідження поширення та розвитку плодожерки *C. splendana* в дубових насадженнях на сході України є актуальними з погляду вдосконалення моніторингу стану та захисту врожаю жолудів під час їхнього розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Плодожерка *C. splendana* поширена повсюдно в Європі, але найбільше господарське значення має у країнах, де вирощують каштан їстівний, що відображено в англійській назві комахи "chestnut moth" – в Португалії [6, 9], Іспанії [7], Італії [8], Туреччині [10]. Також вона шкодить середземноморським видам дуба, зокрема *Q. suber* L. в Алжирі [11]. У межах ареалу цикл розвитку *C. splendana* подібний, але терміни сезонного розвитку варіюють. Плодожерка зимує на стадії гусениці та має одне покоління на рік. Навесні гусениці лялькуються, а незабаром вилітають імаго. Дослідження свідчать, що у Центральній і Північній Європі метелики цього виду літають у червні – липні, а у Південній Європі – у серпні – вересні [4, 5]. Виліт імаго подовжений, у зв'язку з неоднорідним мікрокліматом у місцях зимівлі та варіюванням тривалості розвитку гусениць до і після діапаузи, дат лялькування й темпів розвитку лялечок. Самиці *C. splendana* відкладають яйця по одному на молодих зав'язях кормових рослин або на листках поблизу них [7, 9]. У Португалії метелики *C. splendana* відкладають яйця через 4–5 днів після вильоту, і кожна самка може відкласти до 300 яєць [6]. Розвиток яєць триває протягом двох–трьох тижнів. Після вилуплення гусениці прогризають хід у зав'язі плода, живляться 35–45 днів і мають 5 віків [12]. Зазвичай заселені плоди падають на землю раніше, ніж незаселені. Гусениці старшого віку залишають жолудь, зимують під корою дерев або у ґрунті, а лялькуються навесні або навіть на початку літа [5]. Деякі гусениці залишаються в діапаузі й зимують двічі [6]. Терміни проникнення гусениць у зав'язі обмежені інтервалом між досягненням жолудями певного розміру та затвердінням шкаралупи,

а пізніше можуть заселяти жолуді з наявністю тріщин, або такі, що вже заселені довгоносиками або іншими плодожерками [9]. В Україні дослідження особливостей поширення та розвитку карпофагів жолудів розпочалися з 2022 року після виявлення чужоземного виду – жолудевої молі *Blastobasis glandulella* (Riley, 1871) (Blastobasidae) (Adamski and Brown, 2022) [13–16]. Було встановлено варіювання поширеності окремих видів карпофагів за регіонами та за біотопами [17]. Виявлено особливості сезонного розвитку листя й пагонів дуба та зав'язей жолудів, підраховано суму активних температур під час розвитку зав'язей жолудів від III декади травня до I декади вересня, встановлено динаміку заселення жолудів, зокрема гусеницями *C. splendana* – з III декади липня [16]. Оскільки відомості щодо розвитку плодожерки *C. splendana* на жолудях дуба звичайного на сході України фрагментарні, проведення наших досліджень є актуальним з погляду вдосконалення моніторингу та заходів захисту врожаю жолудів.

Матеріали та методика. Метою досліджень було встановити деякі особливості сезонного розвитку плодожерки *C. splendana* в дубових насадженнях сходу України.

Основні завдання досліджень:

– встановити діапазон зміни ширини головних капсул гусениць *C. splendana* та динаміку співвідношення гусениць різних віків після опадання жолудів;

– оцінити мінливість часу доби вильоту метеликів *C. splendana* із заселених жолудів у контрольованих умовах;

– виявити особливості динаміки вильоту метеликів *C. splendana* у варіантах переміщення заселених жолудів в опалюване приміщення в різні дати;

– розрахувати суми ефективних температур (поріг 10°C), необхідних для вильоту метеликів *C. splendana* з жолудів, утримуваних у різних умовах.

Дослідження проведені у 2023–2026 рр. У дослідах використовували жолуді, зібрані у серпні–жовтні 2023–2025 рр. у дубових насадженнях і полезахисних смугах Харківської та Полтавської областей. Під час розтинання жолудів розрізняли види комах-карпофагів за зовнішніми ознаками личинок, характером пошкоджень вмісту жолудів і виглядом екскрементів [5, 12]. Ширину головних капсул вимірювали за допомогою окуляр-мікрометра та бінокуляра МБС-9 з точністю 0,05 мм.

Жолуді, в яких виявили личинок *C. splendana*, скріплювали скотчем і маркували (вказуючи дату аналізу та номер зразку) й утримували у природному режимі температури до закладання досліду. У варіантах досліду, закладених восени 2024 року, 10 жовтня 2024 р., 2 та 14 січня 2025 р., вносили заселені жолуді (по 20–30 екземплярів) в опалюване приміщення із середньою добовою температурою 20°C та реєстрували виліт імаго до завершення вильоту останніх особин (у третій декаді травня 2025 р.).

У листопаді 2025 року по 30 жолудів, заселених *C. splendana,* розмістили в опалюваному приміщенні з середньою добовою температурою 20°C та в неопалюваному приміщенні, де добова температура в середньому на 4°C перевищувала температуру у природному режимі. Показники температури в усіх варіантах досліду щоденно записували, а наприкінці вильоту метеликів розраховували суми ефективних температур (СЕТ) із порогом 10°C у період від вміщення жолудів у контрольовані умови до завершення вильоту метеликів. В усіх варіантах досліду реєстрували час доби вильоту кожного метелика *C. splendana*, виражаючи кількість хвилин у десяткових частках години (наприклад, 21:15 = 21,25) для зручності статистичного аналізу результатів.

Під час статистичного аналізу даних застосовували методи описової статистики та однофакторного дисперсійного аналізу [18] за допомогою пакета програм MS Excel 2019.

Виклад основного матеріалу досліджень. У розподілі за шириною головних капсул гусениць *C. splendana*, виявлених у заселених жолудях у серпні-листопаді, можна виявити три піки, які відповідають III–V вікам цієї комахи [12] (рис. 1).

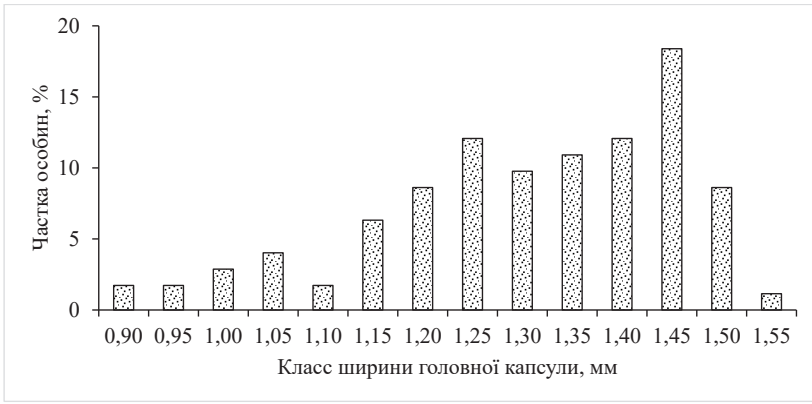


Рис. 1. Розподіл гусениць C. splendana, виявлених у жолудях у серпні–листопаді 2023–2025 рр., за шириною головної капсули (Харківська обл.)

Середнє значення ширини головних капсул за цей період становило 1,3±0,01 мм, мінімальне та максимальне – 0,9 і 1,55 мм. За період від початку серпня до середини листопада визначено збільшення середнього значення ширини головних капсул від 1,1±0,06 до 1,5±0,03 мм, мінімального – від 0,9 до 1,2 мм, максимального – від 1,3 до 1,6 мм (рис. 2).

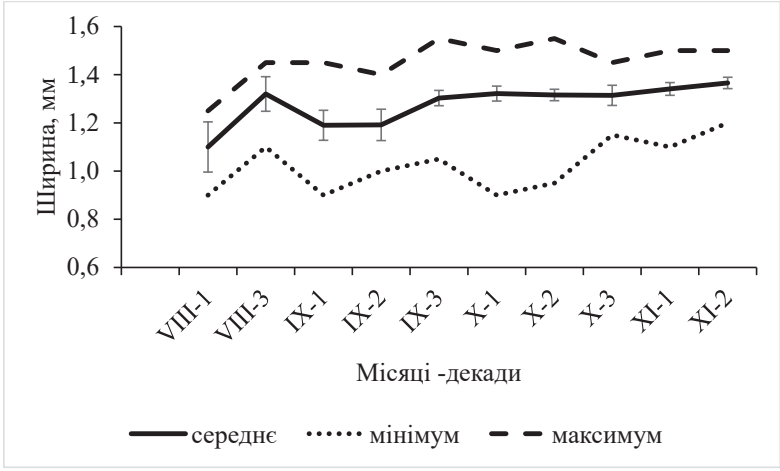


Рис. 2. Динаміка середньої ширини головних капсул гусениць C. splendana, виявлених у жолудях у серпні–листопаді 2023–2025 рр. (Харківська обл.; планки – стандартна похибка)

Зі збільшенням середнього значення ширини головних капсул гусениць *C. splendana* коефіцієнт варіювання цього показника зменшувався від 16,4 до 7,5 %.

Аналіз динаміки співвідношення гусениць *C. splendana* із різною шириною головної капсули у вибірці жолудів, зібраних від серпня до листопада, свідчить, що особини III віку траплялися лише до жовтня (рис. 3).

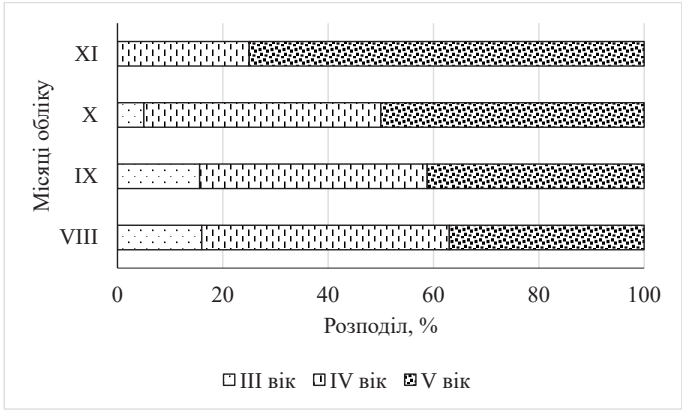


Рис. 3. Співвідношення гусениць C. splendana різного віку, виявлених у жолудях у серпні–листопаді 2023–2025 рр.

Частка гусениць IV віку мало змінювалася від серпня до жовтня, оскільки вона зменшувалася завдяки линянню частини особин IV віку на V вік і збільшувалася завдяки линянню частини особин III віку на IV вік. У листопаді гусениці III віку не виявлені, частка гусениць IV віку різко зменшилася до 25 %, а частка гусениць V віку – збільшилася від 50 до 75 % (див. рис. 3). Середній зважений вік гусениць *C. splendana* становив у серпні IV,2 та неухильно збільшувався до IV,3 у вересні, IV,5 у жовтні та IV,8 у листопаді.

У дослідах з утримання жолудів за різних температурних режимів (опалюване й неопалюване приміщення) виліт метеликів *C. splendana* відбувався у проміжку від 20,0 до 23,5 години вечора, причому різниці між варіантами не є значущими (рис. 4 і 5).

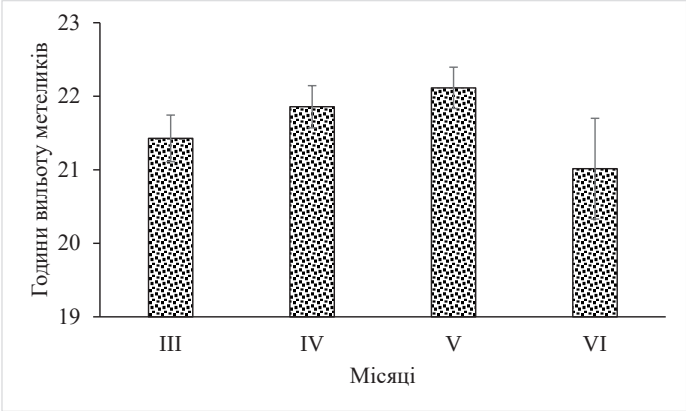


Рис. 4. Час доби вильоту метеликів C. splendana у різні місяці під час утримання заселених жолудів у контрольованих умовах
(хвилини виражені як десятковий дріб від години; планки – стандартні похибки; $F_{факт.}=1,15$; $P=0,3$; $F_{0,05}=2,93$*)*

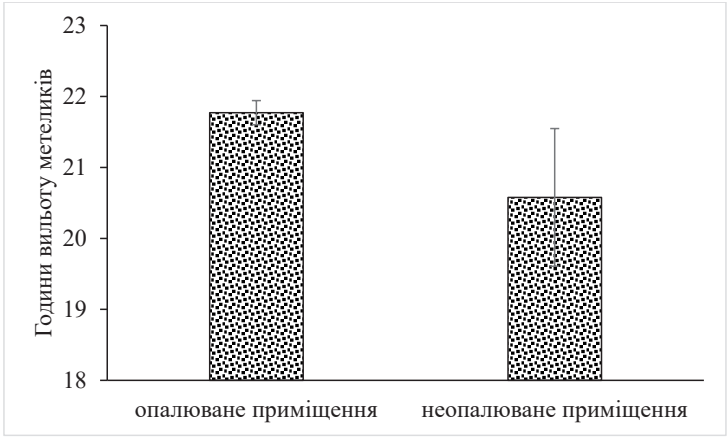


Рис. 5. Час доби вильоту метеликів C. splendana під час утримання заселених жолудів в опалюваному та неопалюваному приміщенні (хвилини виражені як десятковий дріб від години; планки – стандартні похибки; $F_{факт.}=1,1$; $P=0,4$; $F_{0,05}=2,3$)

У дослідженні з утримання жолудів, зібраних восени 2024 року, в опалюваному приміщенні виліт метеликів у варіанті закладання досліду 10 жовтня розпочався у третій декаді лютого 2025 року (рис. 6).

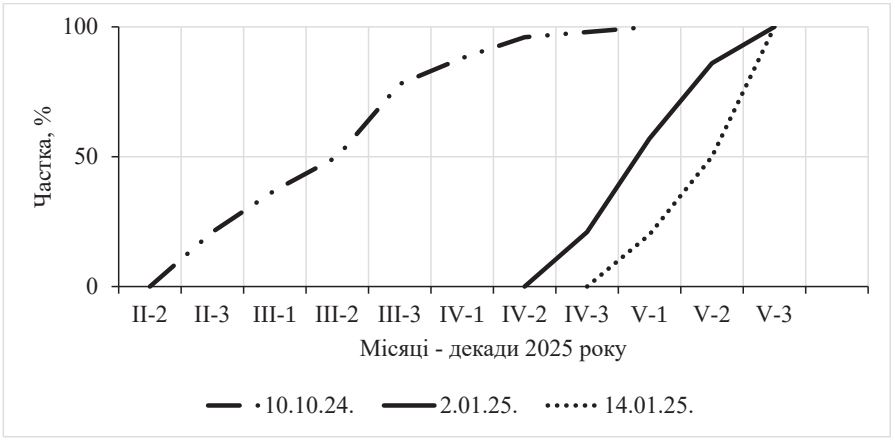


Рис. 6. Динаміка вильоту метеликів C. splendana у варіантах утримання заселених жолудів в опалюваному приміщенні, починаючи з різних дат

Виліт метеликів із жолудів, переміщених в опалюване приміщення 2 січня 2025 р., розпочався у третій декаді квітня, а переміщених в опалюване приміщення 14 січня 2025 р. – у першій декаді травня (див. рис. 6). Особини, з досліду, закладеного 10 жовтня 2024 р., розвивалися найбільш повільно. Водночас 50 % і 100 % метеликів вилетіли раніше, ніж у варіантах, закладених пізніше (у другій декаді березня та першій декаді травня відповідно). У досліді, закладеному 2 січня 2025 р., 50 % метеликів вилетіли у першій декаді травня, а у досліді, закладеному

14 січня 2025 р., у другій декаді травня. У третій декаді травня вилетіли 100 % метеликів із жолудів, закладених 2 і 14 січня 2025 р. (див. рис. 6).

Спостереження виявили, що у разі перенесення заселених жолудів в опалюване приміщення у листопаді 2025 року розвиток гусениць *C. splendana*, їхнє лялькування та виліт метеликів відбувалися на 2,5 місяця раніше, ніж у неопалюваному приміщенні (рис. 7).

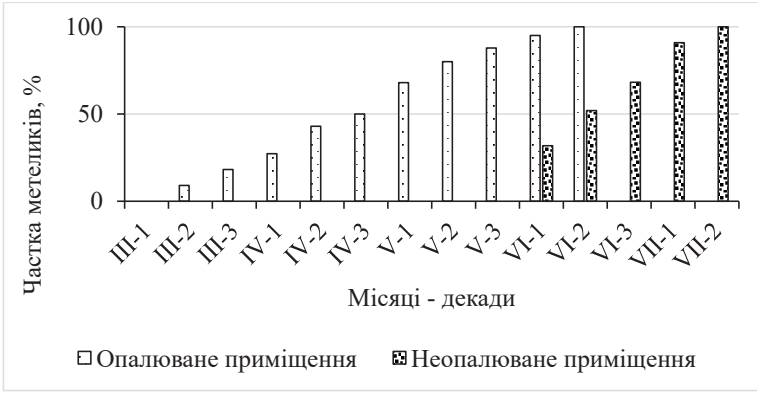


Рис. 7. Динаміка вильоту метеликів C. splendana з жолудів, розміщених в опалюваному та неопалюваному приміщеннях у листопаді 2025 року

Виліт 50 % метеликів із жолудів, які утримували в опалюваному приміщенні, зареєстровано у третій декаді квітня, а з жолудів у неопалюваному приміщенні – у другій декаді червня. Виліт 90 і 100 % метеликів в опалюваному приміщенні відбувся у першій і другій декадах червня, а в неопалюваному приміщенні – у першій і другій декадах липня (див. рис. 7).

Суми ефективних температур (СЕТ) (з порогом 10°С), що накопичилися до дати вильоту 50 % метеликів *C. splendana*, становили 510 і 508°С в опалюваному та неопалюваному приміщеннях відповідно (рис. 8).

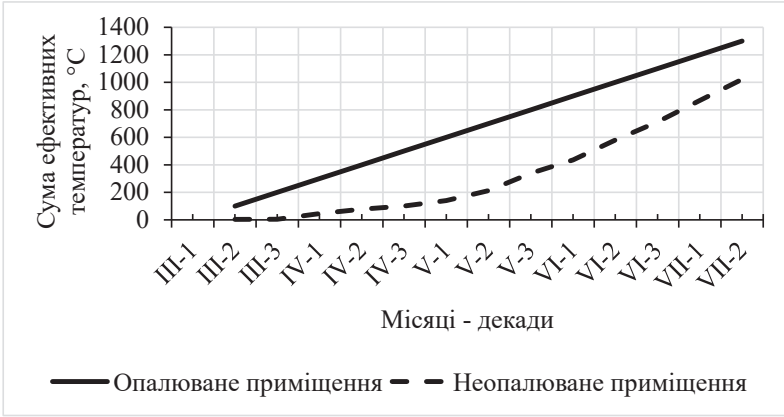


Рис. 8. Сума ефективних температур (поріг 10°С) під час досліду з утримання жолудів за різних температурних умов і реєстрації вильоту C. splendana

СЕТ, що накопичилися до дати вильоту 90 % метеликів, становили 850 і 868°С, а до дати вильоту 100 % метеликів – 1000 і 1021,8°С в опалюваному та неопалюваному приміщеннях відповідно.

У роки наших досліджень у польових умовах метеликів *C. splendana* виявляли найраніше (у ІІІ декаді червня) у 2024 році (СЕТ=677,6°С). Масовий виліт метеликів у 2024 році також відбувався найбільш рано – у першій декаді липня (СЕТ=841,9°С). В інші роки спостережень СЕТ перевищила 500°С лише у ІІІ декаді червня (507,5; 561,8 і 553,2°С у 2023, 2025 і 2026 рр. відповідно) (рис. 9). Літ метеликів тривав протягом липня та першої половини серпня. На жаль, оскільки метелики знаходилися переважно у верхній частині крон, провести їхній кількісний облік у природних умовах не було можливості.

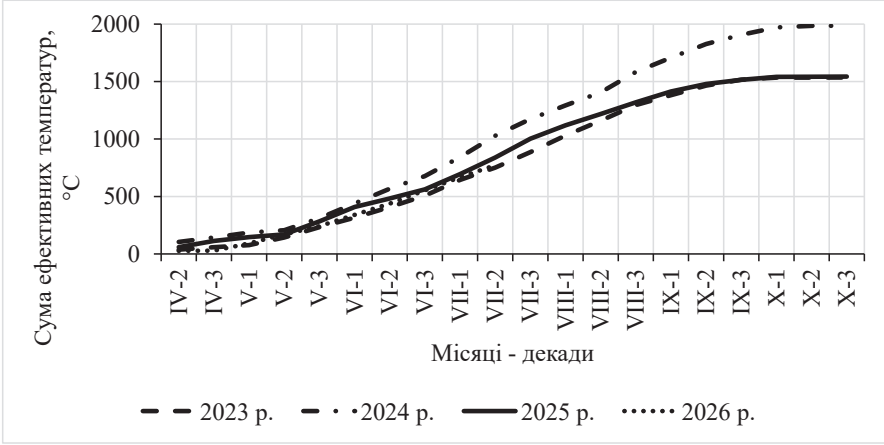


Рис. 9. Динаміка збільшення суми ефективних температур (поріг 10°С) за вегетаційні періоди 2023, 2024, 2025 і 2026 рр. (метеостанція Харків)

Висновки і перспективи подальших досліджень. У жолудях у серпні–листопаді середній зважений вік гусениць *C. splendana* становив IV,2 у серпні, IV,3 у вересні, IV,5 у жовтні та IV,8 – у листопаді. Виліт метеликів *C. splendana* відбувався у проміжку від 20:00 до 23:30, причому різниці між варіантами утримання жолудів не є значущими. Виліт метеликів *C. splendana* з жолудів, перенесених в опалюване приміщення 10 жовтня 2024 року, розпочався через 138 днів, а переміщених 2 січня та 14 січня 2025 р. – через 114 і 111 днів відповідно. За одночасного перенесення жолудів у листопаді 2025 р. із природних умов у опалюване та неопалюване приміщення суми ефективних температур (СЕТ) (з порогом 10°С) від початку вильоту до вильоту 50 % метеликів *C. splendana*, становили 510 і 508°С, до вильоту 90 % метеликів – 850 і 868°С, а до вильоту 100 % метеликів – 1000 і 1021,8°С в опалюваному та неопалюваному приміщеннях відповідно. У польових умовах у 2024 році літ метеликів *C. splendana* розпочався у ІІІ декаді червня (СЕТ=677,6°С), масовий виліт – у І декаді липня (СЕТ=841,9°С). У 2023, 2025 і 2026 рр. літ метеликів розпочався у ІІ–ІІІ декадах липня. Уточнення термінів льоту метеликів *C. splendana* та відповідних температурних умов передбачається за результатами обліку у феромонних пастках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мєшкова В. Л., Діденко М. М., Распопіна С. П., Біла Ю. М., Горошко В. В. Природне насіннєве відновлення дуба звичайного в південній частині Лівобережного Лісостепу України. Харків: «Факт», 2024. 146 с. ISBN 978-617-8175-25-2.

2. Langer G. J., Bußkamp J., Burkardt K., Hurling R., Plašil P., Rohde M. Review on temperate oak decline and oak diseases with a focus on Germany. *Journal für Kulturpflanzen*. 2025. Vol. 77(2). Pp. 36–49. https://doi.org/10.5073/JfK.2025.02.04

3. Marques M., Bugalho M. N., Acácio V., Catry F. X. Disentangling research on oak decline factors in Mediterranean-type climate regions: A systematic review. *Trees, Forests and People*. 2025. 100803. https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100803

4. Strong W. B., Mangini A. C., Candau J. N. Insects of reproductive structures. In Allison J. D., Paine T. D., Slippers B., Wingfield M. J. (eds) *Forest Entomology and Pathology. Volume 1: Entomology*. Cham: Springer International Publishing. 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11553-0_16

5. Boivin T., Auger-Rozenberg M. A. Native fruit, cone and seed insects in the Mediterranean Basin. In Paine T. D., Lieutier F. (eds.) *Insects and diseases of Mediterranean forest systems*. Springer International Publishing. 2016, https://doi.org/10.1007/978-3-319-24744-1_4

6. Aguin-Pombo D., Angeli G., Aguiar A. M. F., Lopes D. H. Critério para a Gestão Sustentada do Bichado-da-Castanha. In D. Aguin Pombo & A. M. Franquinho Aguiar. *A cultura do castanheiro na Madeira: Manual prático* (pp. 86–112). Funchal: Universidade da Madeira. 2018. http://hdl.handle.net/10400.13/2320

7. Cuestas M. I., Martin M. A., Aldebis H. K., Mena J. D., Martin L. M., Vargas-Osuna E. Differential response among chestnut traditional varieties to the attack of *Cydia splendana*. *Entomologia. Experimentalis et Applicata*. 2019. Vol. 168. P. 259–265. https://doi.org/10.1111/eea.12888

8. Ferracini C., Pogolotti C., Lentini G., Saitta V., Busato E., Rama F., Alma A. Performance of pheromone-baited traps to monitor the seasonal abundance of tortrix moths in chestnut groves. *Insects*. 2020. Vol. 11(11), P. 807. doi:10.3390/insects11110807

9. Marrão R., Lopes E., Bento A. The Chestnut moth, *Cydia splendana* (Hübner) (Lepidoptera: Tortricidae) in Portugal. *Millenium*. 2021. Vol. 2(15). P. 97–107. doi.org/10.29352/mill0215.22311

10. Ulusay H., Akşit T., Tutmuş E., Karataş K. Damage caused by the chestnut weevil *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Col.: Curculionidae) and the chestnut moth *Cydia splendana* (Hübner) (Lep.: Tortricidae) in Aydın and İzmir provinces. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2025. Vol. 13(7). Pp. 1889–1897.

11. Adjami Y., Daas H., Ghanem R., Ouakid M. L., Pujade-Villar J. Effets des attaques d'insectes sur les glands de chêne-liège: Impact sur le pouvoir germinatif. *Geo-Eco-Trop*. 2013. Vol. 37(2). P. 201–210.

12. Gál T., Bürgés G. Zur Verbreitung und Lebensweise der Eichelmotte (*Laspeyresia splendana* Hbn.; Lep., Tortricidae) in Ungarn 2. Bionomie und natürliche Feinde. *Journal of Applied Entomology*. 1987. Vol. 103(1–5). P. 363–368.

13. Зінченко О. В., Соколова І. М., Скрильник Ю. Є., Борисенко О. І., Кукіна О. М. Нові дані щодо поширення та біології *Blastobasis glandulella* (Riley, 1871)

(Blastobasidae) в Україні. Вісті Харківського ентомологічного товариства. 2023. Т. XXXI, вип. 1. С. 40–45. DOI: 10.36016/KhESG-2023-31-1-5.

14. Соколова І. М. Біологічні особливості та трофічна спеціалізація жолудевої молі *Blastobasis glandulella* (Riley, 1871) (Blastobasidae) у Західному Поділлі. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2024. Вип.144. С.119–128. https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.119

15. Sokolova I., Us V., Meshkova V. *Blastobasis glandulella*: a poorly studied alien pest of *Quercus*, *Juglans* and *Aesculus* fruits. *Proceedings of the 2nd International Electronic Conference on Entomology*, 19–21 May 2025. MDPI: Basel, Switzerland. 2025. p. 172. https://sciforum.net/paper/view/22840.

16. Ус В. М. Сезонна динаміка заселення комахами-карпофагами жолудів дуба звичайного в лісових смугах Харківської області. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2025. Вип. 147. С. 86–94. https://doi.org/10.33220/1026-3365.147.2025.86

17. Ус В. М., Дишко В. А., Порохняч І. В., Мєшкова В. Л. Поширення карпофагів жолудів дуба звичайного на сході України. *Захист і карантин рослин у xxi столітті: проблеми і перспективи* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. ювілей. датам від дня народж. фундаторів захисту і карантину рослин проф. В. Г. Аверіна, Т. Д. Страхова, Й. Т. Покозія та Є. М. Білецького (Харків, 23–24 жовт. 2025 р.). Харків : Право, 2025. С. 297–300. https://doi.org/10.31359/9786178617578. ISBN 978-617-8617-57-8

18. Атраментова Л. О., Утєвська О. М. Статистичні методи в біології. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2007. 288 с.

Дата першого надходження статті до видання: 10.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.34
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.33

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ГУСТОТИ ПОСІВІВ СОЇ ЗВИЧАЙНОЇ *(GLYCINE MAX MOENCH)* В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Чубарик М.В. *– аспірант кафедри агробіотехнологій,*
Західноукраїнський національний університет
orcid.org/0009-0001-2388-9493
Сеник І.І. *– д.с.-г.н., с.н.с.,*
професор кафедри агробіотехнологій,
Західноукраїнський національний університет
orcid.org/0000-0003-4756-7824

Наведено результати трирічних польових досліджень щодо оптимізації системи мінерального удобрення сої звичайної в умовах західного Лісостепу України. ***Мета дослідження*** *– встановити вплив формули комплексних мінеральних добрив та способу їх внесення на формування густоти рослин сої.* ***Методи.*** *Дослідження проводили упродовж 2023–2025 рр. на полях НДВГ «Наука» Західноукраїнського національного університету. Польовий дослід закладали за двофакторною схемою. Фактор А – формула мінерального добрива: 1. Контроль (без добрив), 2. YaraMila 16–16–16, 3. YaraMila 12–24–12, 4. YaraMila 8–24–24, 5. YaraMila 9–12–25. Фактор В – спосіб внесення добрив: розкидний під передпосівну культивацію та припосівний. Норма висіву насіння становила 600 тис./га схожих насінин.*

Результати. *Встановлено, що густота рослин сої істотно залежала як від складу комплексного мінерального добрива, так і від способу його внесення. Застосування добрив забезпечувало краще збереження рослин у посівах порівняно з неудобреним контролем, причому найвищі показники отримано за локального (припосівного) внесення. Найменша густота рослин сформувалася у 2024 році (459,2–524,3 тис. шт./га), що було зумовлено менш сприятливими погодними умовами. У 2025 році відмічено найвищі значення показника – 487,2–549,6 тис. шт./га, тоді як у 2023 році густота рослин становила 480,3–542,0 тис. шт./га.*

Висновки. *Найефективнішим елементом технології вирощування сої в умовах Західного Лісостепу виявилося припосівне внесення комплексного мінерального добрива YaraMila 12–24–12, яке забезпечило формування найбільшої густоти рослин – 538,6 тис. шт./га у середньому за 2023–2025 роки. Використання локального способу внесення добрив сприяло кращому збереженню рослин та створювало оптимальні передумови для формування високопродуктивного агрофітоценозу сої.*

Ключові слова: *соя звичайна, густота рослин, мінеральні добрива,, спосіб внесення, припосівне удобрення.*

Chubaryk M.V., Senyk I.I. Effect of fertilization on the formation of crop density in soybean (Glycine max Moench) under conditions of the Western Forest-Steppe

The results of three-year field studies on the optimization of the mineral fertilizer system for common soybean in the conditions of the western Forest-Steppe of Ukraine are presented. The purpose of the study is to determine the influence of the formula of complex mineral fertilizers and the method of their application on the formation of soybean plant density. ***Methods****. The study was conducted during 2023–2025 in the fields of the educational and research production farm "Nauka" of the Western Ukrainian National University. The field experiment was set up according to a two-factor scheme. Factor A - mineral fertilizer formula: 1. Control (without fertilizers), 2. YaraMila 16–16–16, 3. YaraMila 12–24–12, 4. YaraMila 8–24–24, 5. YaraMila*

© Чубарик М.В., Сеник І.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

9–12–25. Factor B - method of fertilizer application: broadcast for pre-sowing cultivation and at sowing. The seed sowing rate was 600 thousand/ha of similar seeds.

Results. *It was found that the density of soybean plants significantly depended on both the composition of the complex mineral fertilizer and the method of its application. The use of fertilizers ensured better preservation of plants in crops compared to unfertilized control, with the highest indicators obtained with local (sowing) application. The lowest plant density was formed in 2024 (459.2–524.3 thousand pcs./ha), which was due to less favorable weather conditions. In 2025, the highest values of the indicator were noted – 487.2–549.6 thousand pcs./ha, while in 2023 the plant density was 480.3–542.0 thousand pcs./ha.*

Conclusions. *The most effective element of the technology for growing soybeans in the conditions of the Western Forest-Steppe was the application of complex mineral fertilizer YaraMila 12–24–12 at the time of sowing, which ensured the formation of the highest plant density – 538.6 thousand pcs./ha on average for 2023–2025. The use of the local method of fertilizer application contributed to better plant preservation and created optimal conditions for the formation of a highly productive agrophytocenosis of soybeans.*

Key words: *common soybean, plant density, mineral fertilizers,, method of application, at the time of sowing fertilizer.*

Актуальність теми. У сучасному світовому землеробстві соя є однією з найцінніших зернобобових культур, яка має виняткове значення для забезпечення продовольчої безпеки та розвитку агропромислового комплексу. Завдяки високому вмісту білка, олії та біологічно активних речовин вона широко використовується у виробництві харчових продуктів, комбікормів і технічної продукції. Висока економічна ефективність вирощування та стійке зростання попиту на продукцію переробки зумовили стрімке поширення сої у світовому сільськогосподарському виробництві. Її посівні площі у загальнопланетарному масштабі за останні пять років знаходяться на рівні 128345,1–143175,4 тис. га, а урожайність 2,63–2,87 т/га [1].

Соя є важливим елементом сучасних польових сівозмін і найчастіше вирощується у чергуванні з кукурудзою. Поєднання цих культур сприяє підвищенню ефективності використання ґрунтових ресурсів, покращенню азотного режиму, зменшенню фітосанітарного навантаження та забезпечує зростання продуктивності сівозміни в середньому на 7,8 % [2–4].

В Україні соя (*Glycine max Moench*) належить до стратегічно важливих сільськогосподарських культур, оскільки займає провідні позиції серед експортоорієнтованих та кормових культур і відіграє вагому роль у забезпеченні продовольчої та економічної безпеки держави. Зростання її виробництва зумовлене насамперед підвищенням світового попиту на рослинний білок та продукти його переробки. Основними чинниками цього стали зміна структури харчування населення економічно розвинених країн, збільшення чисельності населення в країнах Азії, а також інтенсивний розвиток тваринництва в країнах Європейського Союзу, що потребує значних обсягів високобілкових кормів [5]. Посівні площі даної культури у 2020–2025 рр. становили 1322,9–2726,2 тис. га [6].

Територіальне розміщення посівів сої в Україні характеризується концентрацією виробництва в межах так званого «соєвого поясу», який охоплює переважно Лісостепову зону. Саме цей регіон забезпечує основний обсяг виробництва культури: протягом останніх років на нього припадало 64,5 % загальної площі посівів сої, тоді як у Степовій зоні було зосереджено 25,1 %, а на Поліссі – 10,4 % [7]. Проте, незважаючи на універсальність досліджуваної культури її урожайність в Україні є невисокою і знаходиться на рівні 2,05–2,64 т/га [5], що значно нижче потенційних можливостей зареєстрованих сортів [8–11].

Одним із факторів, що можуть наблизити фактичну урожайність сої до потенційних можливостей сучасних сортів є оптимізація системи удобрення. Результати

багаторічних досліджень свідчать, що соя є досить вимогливою до умов вирощування, а ефективність її продуктивності значною мірою залежить від попередника та забезпеченості рослин елементами живлення [12–14].

Особливістю живлення сої є її здатність поєднувати засвоєння поживних речовин із ґрунту з біологічною фіксацією атмосферного азоту завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями. Порівняно з більшістю зернових культур, соя характеризується підвищеним винесенням елементів живлення, нерівномірним їх споживанням упродовж вегетаційного періоду та високою потребою у доступних формах фосфору і калію [15–17].

Тому дослідження питання оптимізації живлення сої є надзвичайно важливим питанням та потребує всебічного вивчення в сучасних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багаточисельними дослідженнями встановлено, що удобрення сільськогосподарських культур, в тому числі і сої впливає на їх продуктивність через зміну елементів структури урожаю. Здебільшого основна увага дослідників приділяється кількості бобів на рослині, кількості насінин в бобі, їхній масі [18]. Проте, не менш важливим показником від якого залежить рівень насіннєвої продуктивності сої є густота рослин, що визначається зокрема і виживанням рослин та польовою схожістю. Так, дослідженнями деяких вчених встановлено, що рівень абсцисової кислоти (гормону стресу) залежить від азотовмісних сполук [19–20], а додавання нітрогену сприє покращенню проростання насіння [21–22]. В той же час, надмірна кількість азоту в зоні проростання насіння за посушливих умов негативно впливає на процеси росту і розвитку рослин, спричинюючи пригнічення, а у окремих випадках і повну загибель [23].

Мета досліджень – вивчити вплив мінеральних добрив та способів їх внесення на формування густоти рослин сої звичайної.

Матеріали та методика досліджень Виходячи із мети досліджень, вирішення намічених програмою завдань проводилося в польовому досліді, де у 2023–2025 роках вивчалися способи удобрення сої. Дослідження здійснювалися на полях НДВГ «Наука» Західноукраїнського національного університету. Площа облікової ділянки 50 м^2, повторність триразова.

Ґрунт дослідного поля чорнозем опідзолений, який відзначається низьким вмістом фосфору та середнім калію, показник pH – нейтральний. Обліки і спостереження в дослідах виконувалися відповідно до загальноприйнятих методик [24]. Отримані дані обробляли методом дисперсійного аналізу з використанням відповідного програмного забезпечення.

В досліді використовувався сорт сої Азюра від канадської компанії Прогрейн. Він належить до середньоранньої групи стиглості із вегетаційним періодом 116–119 днів, 2650 CHU MR 0.5. Придатний для вирощування на всіх типах ґрунтів. Відзначається високими агрономічними показниками. Технологія вирощування сої типова для Лісостепу західного. Норма висіву насіння становила 600 тис./га схожих насінин. Мінеральні комплексні добрива вносили відповідно до схеми досліду. Вивчалися два фактори: фактор А – формула мінерального добрива: 1. Контроль без добрив; 2. YaraMila 16–16–16; 3. YaraMila 12–24–12; 4. YaraMila 8–24–24; 5. YaraMila 9–12–25; фактор В – спосіб внесення мінеральних добрив: 1. Розкидний під культивацію; 2. Припосівний.

Результати досліджень. Встановлено, що досліджувані варіанти досліду по різному впливали на формування густоти посіву сої звичайної (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка густоти рослин сої звичайної залежно від удобрення, тис. шт./га

Фактор А – формула добрива	Фактор В – спосіб внесення	Роки			
		2023	2024	2025	Середнє за 2023–2024 рр.
Контроль без добрив	Розкидний	480,3	460,3	488,4	476,3
	Припосівний	480,6	459,2	487,2	475,7
YaraMila 16-16-16	Розкидний	518,1	482,1	503,0	501,1
	Припосівний	530,4	517,0	534,5	527,3
YaraMila 12-24-12	Розкидний	509,1	496,0	516,0	507,0
	Припосівний	542,0	524,3	549,6	538,6
YaraMila 8-24-24	Розкидний	495,6	474,2	506,2	492,0
	Припосівний	508,1	495,1	515,3	506,2
YaraMila 9-12-25	Розкидний	501,0	481,5	510,0	497,5
	Припосівний	515,9	499,0	519,0	511,3
$НІР_{05}$, тис.шт/га	А	6	7	5	
	В	4	6	3	
	АВ	7	8	6	

Дані таблиці свідчать, що густота рослин сої формувалася під впливом як складу комплексного мінерального добрива, так і способу його внесення. Незалежно від року досліджень застосування добрив сприяло кращому збереженню рослин у посівах порівняно з контролем, однак рівень цього впливу визначався співвідношенням елементів живлення та локалізацією добрив у ґрунті.

На контрольному варіанті середня густота рослин практично не залежала від способу внесення і становила 476,3 тис. шт./га за розкидного та 475,7 тис. шт./га за припосівного внесення. Це свідчить, що без локального забезпечення рослин поживними речовинами переваги окремих способів внесення фактично не проявлялися.

Найбільшою густотою рослин характеризувалися посіви, де застосовували добриво YaraMila 12–24–12 у припосівний спосіб. У середньому за роки досліджень цей показник досягав 538,6 тис. шт./га, що на 62,3 тис. шт./га, або 13,1 %, більше порівняно з контролем. За розкидного внесення цього ж добрива густота становила 507,0 тис. шт./га, тобто була меншою на 31,6 тис. шт./га. Отримані результати свідчать, що локальне розміщення добрива безпосередньо в зоні висіву насіння створювало більш сприятливі умови для проростання насіння та початкового розвитку кореневої системи.

Дещо нижчі, проте також високі показники отримано за внесення добрива YaraMila 16–16–16. За припосівного способу густота рослин становила 527,3 тис. шт./га, тоді як за розкидного – 501,1 тис. шт./га. Перевага локального внесення в цьому випадку дорівнювала 26,2 тис. шт./га, а порівняно з контролем збільшення густоти рослин становило відповідно 10,8 і 5,2 %.

За використання добрива YaraMila 9–12–25 середня густота рослин становила 497,5 тис. шт./га при розкидному внесенні та 511,3 тис. шт./га при припосівному. Аналогічна закономірність спостерігалася і для формули YaraMila 8–24–24, де відповідні показники дорівнювали 492,0 та 506,2 тис. шт./га. Хоча ефективність

цих добрив була нижчою порівняно з формулами 16–16–16 і 12–24–12, вони також забезпечували стабільне підвищення густоти рослин відносно контролю.

Погодні умови окремих років істотно впливали на формування густоти посіву. Найменші показники практично за всіма варіантами отримано у 2024 році, коли густота рослин коливалася від 459,2 до 524,3 тис. шт./га. Натомість у 2025 році сформувалася найбільша густота рослин – від 487,2 до 549,6 тис. шт./га, що свідчить про більш сприятливі умови для появи сходів та подальшого росту культури. У 2023 році досліджувані показники займали проміжне положення і змінювалися в межах 488,4–549,6 тис. шт./га.

Висновки. Таким чином, на основі проведених досліджень можна зрробити висновок, що застосування комплексних добрив позитивно впливає на формування густоти рослин сої, однак найбільший ефект забезпечує їх локальне внесення під час сівби. Серед досліджуваних варіантів найкращі результати отримано при використанні добрива YaraMila 12–24–12 припосівним способом, що створювало найсприятливіші умови для формування вирівняного та високощільного агрофітоценозу. В середньому за роки досліджень, на зазначенову варіанті досліду густота рослин досліджуваної культури становила 538,6 тис./га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Crops and livestock products. The Food and Agriculture Organization (FAO). https://www.fao.org/about/about-fao/en/
2. Мащенко Ю.В., Соколовська І.М. Продуктивність сої залежно від попередників та системи удобрення в сівозмінах короткої ротації Степової зони України. Аграрні інновації. 2023. №20. С. 50-55. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.8
3. Đukić V. H., Miladinov Z. J., Dozet G. K., et al. Ploughing down harvest residues of preceding crops for the purpose of soybean yield improvement. Journal of Agricultural Sciences. 2019. Vol. 64, №. 3, 2019. 215–224. https://doi.org/10.2298/JAS1903215D
4. Erickson B. 2008 Corn/Soybean Rotation Literature Summary (West Lafayette, IN: Purdue University). URL: http://www.agecon.purdue.edu/pdf/Crop_Rotation_Lit_Review.pdf
5. Соя (Glycine max (L.) Merr.) / В. В. Кириченко, С. С. Рябуха, Л. Н. Кобизєва, О. О. Посилаєва, П. В. Чернишенко : монографія / НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва . Х. 2016. 400 с.
6. Посівні площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур. Державна служба статистики України. URL: https://stat.gov.ua/uk/explorer
7. Петриченко В. Ф. Актуальні проблеми кормовиробництва в Україні. Вісник аграрної науки. 2010. № 11. С. 21–25.
8. Інформаційно-довідкова система «Сорт». URL: https://sort.sops.gov.ua/search/search
9. Бербенець О. В. Світове виробництво сої як невичерпного джерела білків рослинного походження та місце України на світовому ринку торгівлі нею. Агросвіт. 2019. № 10. С. 41–45.
10. Мазур В. А., Гончарук І. В., Дідур І. М., Панцирева Г. В., Телекало Н. В., Купчук І. М. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур: монографія. Вінниця: Нілан ЛТД, 2021. 180 с.
11. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Грабовська Т. О., Лозінський М. В., Козак Л. А. Порівняльна оцінка урожайності та якісних показників сортів сої за традиційної та органічної технологій вирощування. Зернові культури. Том 7. № 1. 2023. С. 113–122. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0266

12. Лисогоров К.С., Писаренко В.А. Наукові основи використання зрошуваних земель у степовому регіоні на засадах інтегрального управління природними і технологічними процесами. Таврійський науковий вісник. 2007. Вип. 49. С. 49–52.

13. Балюк С.А., Медведєв В.В. Стратегія збалансованого використання, відтворення й управління ґрунтовими ресурсами України. Київ : Аграрна наука, 2012. 240 с.

14. Бараболя О.В., Найдьон М.Ю., Кононенко С.М. ., Коровніченко С. Г. Вплив мінерального живлення на продуктивність сої. Scientific Progress & Innovations. 2020. (4), 35–44. https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.04

15. Господаренко Н. М., Прокопчук І. В., Леонова К. П., Бойко В. П. Урожайність і якість насіння сої за різного удобрення на чорноземі опідзоленому. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2020. Випуск 97. Частина 1. 136–144, https://doi.org/10.31395/2415- 8240-2020-97-1-136-144

16. Мащенко Ю. В., Соколовська І. М., Ткач А. Ф. Продуктивність сої залежно від її частки в сівозміні та системи удобрення в умовах Північного Степу. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Випуск 1 (38). 2023. 26–32. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.4

17. Şahane Funda Arslanoglu. The effects on the root and plant development of soybean of organic fertilizer applications. Bioscience Journal. 2022. Vol. 38. e38036. DOI: 10.14393/BJ-v38n0a2022-60382.

18. Tanchyk, S., & Y. Shashkov. Soybean yield depending on the variety and geometrical disposition of plants in the right-bank Forest-Steppe zone of Ukraine. Plant and Soil Science. 2018. (268), p. 100-106. URL: https://agriculturalscience.com.ua/uk/journals/286-2018/urozhaynist-soyi-zalyezhno-vid-sortu-ta-gyeomyetrichnogo-rozmishchyennya-roslin-u-pravobyeryezhnomu-lisostyepu-ukrayini

19. Wang, P., Du, Y., Hou, Y.J., Zhao, Y., Hsu, C. C., Yuan, F., Zhu, J.K. Nitric oxide negatively regulates abscisic acid signaling in guard cells by S-nitrosylation of OST1. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2015. 112(2), 613–618. https://doi.org/10.1073/pnas.1423481112

20. Yan, D., Easwaran, V., Chau, V. *et al.* NIN-like protein 8 is a master regulator of nitrate-promoted seed germination in *Arabidopsis*. *Nat Commun* 7, 13179 (2016). https://doi.org/10.1038/ncomms13179

21. Song, Y., Xiang, F., Zhang, G., Miao, Y., Miao, C., & Song, C. P. Abscisic acid as an internal integrator of multiple physiological processes modulates leaf senescence onset in Arabidopsis thaliana . Frontiers in Plant Science. 2016. 7, 181 https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00181

22. Luna, B., Moreno, J.M. Light and nitrate effects on seed germination of Mediterranean plant species of several functional groups. *Plant Ecol* 203, 123–135 (2009). https://doi.org/10.1007/s11258-008-9517-8

23. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник, Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.

24. Ермантраут Е.Р., Бобро М.А., Гопцій Т.І. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Х.: Харк. нац. аграрн. ун-т ім. С.В. Докучаєва, 2008. 64 с

Дата першого надходження статті до видання: 17.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 632.752:633.16(477.4)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.34

ФЕНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ЗЛАКОВИХ ПОПЕЛИЦЬ В ПОСІВАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Чухрай Р.В. *– д.філос.,*
старший викладач кафедри захисту і карантину рослин,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-6990-2008

В роботі наведено результати досліджень фенологічних особливостей розвитку основних видів злакових попелиць у посівах ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу України. Актуальність досліджень зумовлена значною шкодочинністю попелиць, які не лише пригнічують ріст і розвиток рослин унаслідок висмоктування клітинного соку, а й є переносниками вірусних хвороб зернових культур. Метою дослідження було встановлення закономірностей сезонного розвитку злакових попелиць, визначення строків проходження окремих фаз їх онтогенезу та обґрунтування оптимальних термінів проведення захисних заходів у посівах ячменю ярого. Польові дослідження виконували впродовж 2023–2025 рр. в умовах Правобережного Лісостепу України із застосуванням загальноприйнятих методик ентомологічного моніторингу.

У результаті досліджень встановлено, що комплекс сисних фітофагів ячменю ярого був представлений трьома видами немігруючих злакових попелиць: ячмінною (Brachycolus noxius Mordv.), звичайною злаковою (Schizaphis graminum Rond.) та великою злаковою (Sitobion avenae F.). Визначено строки відродження личинок, появи імаго, тривалість розвитку окремих поколінь та кількість генерацій кожного виду. Встановлено, що Brachycolus noxius і Schizaphis graminum формували в середньому шість поколінь за весняно-літню вегетацію ячменю, тоді як Sitobion avenae – п'ять–шість поколінь і заселяла посіви на одну–дві декади пізніше. На основі багаторічних спостережень складено фенологічні календарі розвитку кожного виду, які дали змогу визначити критичні періоди заселення рослин і найбільш ефективні строки проведення інсектицидних обробок. Встановлено, що оптимальним періодом для контролю чисельності попелиць є фаза кущення ячменю ярого, а за необхідності повторний захист доцільно проводити у фазі колосіння – молочної стиглості зерна. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення систем фітосанітарного моніторингу, прогнозування розвитку популяцій злакових попелиць та підвищення ефективності інтегрованого захисту ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: *фітофаги, попелиці, фенологічний календар,, захист рослин, ячмінь ярий.*

Chukhrai R.V. Pests of the order hemiptera in spring barley crops under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

The article presents the results of a study on the phenological characteristics of the development of the main cereal aphid species in spring barley crops under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the research is determined by the high harmfulness of cereal aphids, which not only suppress plant growth and development by extracting cell sap but also act as vectors of viral diseases affecting cereal crops. The aim of the study was to identify the patterns of seasonal development of cereal aphids, determine the timing of individual ontogenetic stages, and substantiate the optimal timing of plant protection measures in spring barley crops. Field studies were conducted during 2023–2025 in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine using generally accepted entomological monitoring methods.

© Чухрай Р.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

The results showed that the complex of sucking phytophagous insects associated with spring barley consisted of three non-migratory cereal aphid species: the barley aphid (Brachycolus noxius Mordv.), the greenbug (Schizaphis graminum Rond.), and the English grain aphid (Sitobion avenae F.). The timing of larval hatching, adult emergence, the duration of individual generations, and the total number of generations for each species were determined. Brachycolus noxius and Schizaphis graminum produced an average of six generations during the spring–summer growing season of barley, whereas Sitobion avenae developed five to six generations and colonized crops one to two decades later than the other two species. Based on multi-year observations, phenological calendars were developed for each species, making it possible to identify critical periods of crop infestation and determine the most effective timing for insecticide applications. The tillering stage of spring barley was identified as the optimal period for aphid control, while, if necessary, a second treatment should be applied during the heading–milk ripening stages. The obtained results can be used to improve phytosanitary monitoring systems, forecast cereal aphid population dynamics, and enhance the efficiency of integrated protection of spring barley under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: *phytophagous insects, aphids, phenological calendar, plant protection, spring barley.*

Актуальність теми досліджень. Посівні площі під ярим ячменем посідають четверте місце у світі серед хлібних злаків після пшениці, рису та кукурудзи. *Horedum vulgare* L. – це перспективна зернова культура має важливе значення для повноцінного забезпечення продовольчої безпеки нашої країни, його зерно використовується для продовольчих, технічних та кормових цілей [1, с. 144].

Потенційні втрати врожаю зернових колосових культур, в тому числі і ячменю ярого, від шкідливих організмів становлять близько 10 млн т., або 20 % валового збору зерна. Із цих втрат частка, що завдана комахами, становить біля 10–30 % [2, с. 73]. Серед широкого кола фітофагів, що розвиваються в посівах ячменю ярого, значну шкоду завдають злакові попелиці.

Широка поширеність попелиць та значний вплив її масового розмноження на розвиток рослин-живителів роблять попелиць одними із найбільш економічно небезпечних шкідників сільськогосподарських, садових і овочевих культур [3, с. 3].

Масове розмноження злакових попелиць відбувається за сприятливих гідротермічних умов, зокрема за середньодобової температури повітря +17…22°С, відносної вологості 60–80 % та випадання близько 7,5 мм опадів. Найвищі темпи приросту чисельності популяцій спостерігаються під час розвитку другого та третього поколінь комах [4, с. 11].

Шкодочинність попелиць зумовлена насамперед висмоктуванням клітинного соку та механічним пошкодженням рослинних тканин, що призводить до порушення фізіолого-біохімічних процесів і пригнічення росту рослин. Крім прямої шкоди, ці фітофаги є ефективними переносниками збудників вірусних хвороб зернових культур [5, с. 417]. Живлення попелиць негативно позначається на інтенсивності фотосинтезу, викликаючи комплекс морфологічних, фізіологічних і механічних змін. До них належать деформація листкової пластинки та зменшення асиміляційної поверхні, зниження вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілів a і b), а також закупорювання продихів медяною росою, що додатково обмежує газообмін і продуктивність рослин [6, с. 540; 7].

Постановка проблеми. Ступінь втрат урожаю залежить від фази розвитку культури, в якій відбулося заселення рослин. За масового пошкодження посівів у період від сходів до виходу в трубку можливе значне зрідження або повна загибель рослин. Заселення перед колосінням нерідко спричиняє часткове чи повне невиколошування, формування пустоколосиці та зниження врожайності на 30–50 %. У пізніші фази органогенезу пошкодження попелицями переважно проявляється у формуванні щуплого зерна, зменшенні його маси та погіршенні

якісних показників, що може зумовлювати недобір урожаю на рівні 5–10 %. Дослідженнями встановлено, що заселення рослин пшениці попелицею *Rhopalosiphum padi* L. та ячменю – *Schizaphis graminum* Rond. істотно змінює перебіг біохімічних процесів у тканинах рослин, причому характер цих змін залежить від віку листкового апарату [8, с. 13].

Найбільшої чисельності популяції злакових попелиць досягають у фазі молочної стиглості зерна. Це пояснюється інтенсивним переміщенням пластичних речовин із вегетативних органів до колоса, внаслідок чого створюються оптимальні умови для живлення та розвитку фітофагів [9, с. 2].

Виходячи з вище сказаного, розуміння фенології розвитку злакових попелиць на ячмені ярому дозволить ефективно контролювати їх чисельність за рахунок своєчасного застосування інсектицидів, що в свою чергу підвищить ефективність систем захисту культури та дозволить отримати якісний врожай зерна.

Методика досліджень. Дослідження проводили в умовах навчально-виробничого відділу Уманського національного університету на сортах ячменю ярого Командор впродовж 2023–2025 років. Моніторинг злакових попелиць на ячмені ярому проводили за загальноприйнятими методиками в захисті рослин [10, с. 78].

Результати досліджень. Кожен вид комах характеризується специфічними особливостями життєвого циклу, що визначаються кількістю поколінь, які розвиваються протягом року, стадією зимівлі, тривалістю та послідовністю активних фаз розвитку, способами розмноження, чергуванням поколінь і наявністю діапаузи. Час появи окремих стадій онтогенезу та темпи їх розвитку значною мірою залежать від комплексу погодно-кліматичних чинників, що обумовлює сезонну динаміку популяцій комах [11, с. 65].

Ефективне прогнозування чисельності та своєчасне обмеження шкідливості фітофагів можливе лише за умови ґрунтовного вивчення не тільки особливостей їх річного циклу розвитку, а й строків появи окремих стадій, а також взаємозв'язку цих процесів із сезонними природними явищами. До таких фенологічних орієнтирів належать фази розвитку рослин, початок цвітіння і плодоношення, зміна тривалості світлового дня, періоди стійкого підвищення або зниження температури повітря, а також режим і кількість атмосферних опадів [11, с. 65].

Систематичні фенологічні спостереження дають можливість встановити закономірності сезонного розвитку видів комах, визначити повторюваність окремих фенологічних явищ та оцінити вплив екологічних факторів на їх перебіг. Отримані результати є основою для характеристики фенології конкретного виду та прогнозування його розвитку в різних агрокліматичних умовах.

Одним із ключових завдань фенологічних досліджень є встановлення періодів, упродовж яких шкідники досягають максимальної шкідливості для сільськогосподарських культур. Визначення цих строків є важливою передумовою для оптимізації систем моніторингу та своєчасного застосування заходів захисту рослин.

Найбільш стислою й наочною формою запису результатів фенологічних спостережень є графічна схема їх представлення, що одержала назву фенологічного календаря. Схема такого календаря передбачає поділ кожного місяця на декади, а при необхідності й на пентади [11, с. 66].

Упродовж 2023–2025 рр. у посівах ячменю ярого було виявлено три види злакових попелиць, що належать до немігруючих видів: ячмінну (Brachycolus noxius Mordv.), звичайну злакову (Schizaphis graminum Rond.) та велику злакову (Sitobion avenae F.). Саме ці види формували основний комплекс сисних фітофагів культури та були найбільш поширеними в агроценозі.

Крім того, немігруючі види попелиць є основними переносниками вірусів рослин злакових культур, а саме наведені вище звичайна злакова, ячмінна та велика злакова попелиці [12, с. 2].

Розвиток злакових попелиць, в першу чергу залежить від температурних показників та кількості опадів, які в останні десятиріччя рухаються в бік більш посушливого клімату. Фенологічний календар розвитку ячмінної попелиці в посівах ячменю ярого наведений в таблиці 1.

Як видно з даних таблиці, зимуючою стадією *Brachycolus noxius* Mordv. є яйця, відродження личинок з яких у період наших досліджень відбувалось в І декаді квітня у 2023 році, у ІІ декаді квітня в 2024 та 2025 роках.

Таблиця 1

Фенологічний календар розвитку ячмінної попелиці *(Brachycolus noxius* Mordv.) в період досліджень (2023–2025 рр.)

Пок.	III			IV			V			VI			VII			VIII			IX			X			Зимівля			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	XI-II			
10-12	•	•	•	•																								
				-	-																							
					+	+																						
						-	-																					
							+	+																				
								-	-																			
								+	+																			
									-	-																		
										+	+																	
										-	-																	
											+	+																
												-	-															
													+	+														
														-	-													
															+	+												
																-	-											
																	+	+										
																-	-											
																		-	-									
																		+	+	+								
																			-	-	-							
																						-	-	-				
																		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

В цілому, поява дорослих імаго ячмінної попелиці спостерігалась в ІІ декаді квітня, а подальший розвиток поколінь шкідника займав близько двох-трьох тижнів.

З даних фенологічного календарю ячмінної попелиці можна вирахувати кількість поколінь, що розвиваються на ячмені ярому. В середньому за три роки досліджень до збору врожаю цей показник склав шість поколінь.

Для захисту ячменю ярого важливо визначити оптимальний термін застосування інсектицидів з метою захисту культури від ячмінної попелиці. Як бачимо одним із критичних періодів є перше заселення попелицями посівів культури, що припадає на кущення ярого ячменю. В цей час личинки перетворюються на імаго, а вони в свою чергу відроджують нових німф і відбувається накопичення шкідника на рослинах і його активне поширення по посіву.

Наступне застосування інсектицидів було б доцільним у період колосіння-молочної стиглості зерна, в залежності від даних фітосанітарного моніторингу. Живлення попелиць в ці фази значного погіршує якість зерна, а тому захист культури від них є важливою технологічною операцією.

Фенологічні дані розвитку звичайної злакової попелиці (*Schizaphis graminum* Rond.) наведені в таблиці 2. Як свідчать її дані, фенологія розвитку подібна з ячмінною попелицею.

Таблиця 2

Фенологічний календар розвитку звичайної злакової попелиці (*Schizaphis graminum* Rond) в період досліджень (2023–2025 рр.)

Пок.	III			IV			V			VI			VII			VIII			IX			X			Зимівля			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	XI-II			
10-12	•	•	•	•																								
					-	-																						
						+	+																					
							-	-																				
								+	+																			
									-	-																		
									+	+																		
										-	-																	
										+	+																	
										-	-																	
											+	+																
											-	-																
												+	+															
													-	-														
													+	+														
														-	-													
														+	+													
															-	-												
															+	+												
																-	-											
																+	+											
																	-	-										
																	+	+										
																		-	-									
																			+	+								
																			-	-								
																				+	+							
																					-	-						
																						+	+					
																			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Варто зазначити, що звичайна злакова попелиця краще пристосована до посушливих та тепліших періодів, що дає їй перевагу в швидкості розмноження в літні місяці. Як видно з даних таблиці 2, відродження личинок з яєць відбувалось в II декаду квітня, а поява імаго припадала на III декаду квітня – I декаду травня. Подальший розвиток одного покоління займав близько II декад до кінця весни, а з початку червня до воскової стиглості зерна 1–1,5 декади. У результаті нами було зафіксовано розвиток шести поколінь звичайної злакової попелиці, що підтверджує більш швидкий розвиток шкідника в літні місяці. Активне живлення попелиць спостерігалось від появи перших личинок з II декади квітня до збору врожаю культури (II декада липня).

Згідно даних літератури велика злакова попелиця (*Sitobion avenae* F.) в посівах ячменю ярого з'являється дещо пізніше за ячмінну та звичайну злакову попелиці [9, с. 4], що підтверджується і нашими спостереженнями (табл. 3).

Таблиця 3

Фенологічний календар розвитку великої злакової попелиці (*Sitobion avenae* F.) в період досліджень (2023–2025 рр.)

Пок.	III			IV			V			VI			VII			VIII			IX			X			Зимівля			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	XI-II			
10-12	•	•	•	•	•																							
					-	-																						
						+	+																					
							-	-																				
								+	+																			
									-	-																		
										+	+																	
											-	-																
												+	+															
												-	-															
													+	+														
														-	-													
														+	+													
															-	-												
																+	+											
																	-	-										
																		+	+									
																			-	-								
																				+	+							
																					-	-						
																						+	+					
																							-	-				
																								+				
																		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Згідно з фенологічного календаря розвитку поява *Sitobion avenae* F. в посівах ячменю ярого спостерігалась в II декаді квітня в 2023 році, в I декаді травня в 2024 році та в III декаді квітня в 2025 році, що на I–II декади пізніше за попередні два види.

Вихід личинок попелиць з зимуючих яєць, спостерігався в II–III декаді квітня залежно від року досліджень та температурних умов. Активне живлення личинок та дорослих попелиць відбувалось впродовж усієї вегетації ячменю ярого. А загальна кількість поколінь, що розвивалась на ячмені ярому становила 5–6, в залежності від року дослідів.

Критичний період для застосування засобів захисту проти великої злакової попелиці в цілому співпадає з періодами для попередніх видів, а тому застосовувати інсектициди потрібно в один період з метою контролю їх чисельності та зменшення обробок в системі захисту культури.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті фенологічних досліджень, проведених у 2023–2025 рр. в умовах Правобережного Лісостепу України, у посівах ячменю ярого встановлено поширення трьох основних видів немігруючих злакових попелиць: ячмінної (Brachycolus noxius Mordv.), звичайної

злакової (Schizaphis graminum Rond.) та великої злакової (Sitobion avenae F.). Ці види формують основний комплекс сисних фітофагів культури та мають важливе фітосанітарне значення як переносники вірусних захворювань зернових культур.

Встановлено, що строки появи, тривалість розвитку окремих поколінь і загальна кількість генерацій попелиць визначаються насамперед температурним режимом та умовами зволоження вегетаційного періоду. Відродження личинок із зимуючих яєць відбувалося переважно у I–III декадах квітня залежно від погодних умов року, що свідчить про високу залежність фенології цих видів від абіотичних факторів.

За період вегетації ячменю ярого Brachycolus noxius та Schizaphis graminum формували в середньому шість поколінь, тоді як Sitobion avenae – п'ять–шість поколінь. Велика злакова попелиця заселяла посіви на 1–2 декади пізніше порівняно з ячмінною та звичайною злаковою попелицями, проте інтенсивно розвивалася до завершення вегетації культури.

Фенологічні календарі дали змогу визначити критичні періоди розвитку попелиць, які мають вирішальне значення для організації фітосанітарного моніторингу та своєчасного проведення захисних заходів. Найбільш ефективним є контроль чисельності шкідників у період первинного заселення посівів у фазі кущення ячменю ярого, коли відбувається масова поява імаго та швидке наростання чисельності популяцій. Другим критичним періодом є фази колосіння – молочної стиглості зерна, коли живлення попелиць найбільше впливає на формування врожаю та якість зерна.

Отримані результати підтверджують доцільність використання фенологічних календарів як практичного інструменту прогнозування розвитку злакових попелиць, удосконалення системи фітосанітарного моніторингу та оптимізації строків застосування інсектицидів у сучасних технологіях захисту ячменю ярого.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Горобець М. В., Писаренко П. В., Чайка Т. О., Міщенко О. В. Наукові підходи щодо екологізації технології вирощування ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. № 4. С 142–149. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.17

2. Трибель С.О., Гетьман М.В., Грикун О.А. Стійкі сорти – радикальне вирішення проблеми захисту рослин. *Захист і карантин рослин*. 2006. Вип. 52. С. 71–89.

3. Luo K., Zhao H., Wang X., Kang Z. Prevalent Pest Management Strategies for Grain Aphids: Opportunities and Challenges. *Frontiers in Plant Science.* 2022. № 12. 790919. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.790919

4. Костюковский М.Г. Кушерник В.М. Особливості динаміки чисельності злакових попелиць на посівах озимої пшениці. *Захист рослин*. 1990. Вип. 37. С. 10–13.

5. Jayasinghe W.H., Akhter M.S., Nakahara, K.; Maruthi, M.N. Effect of aphid biology and morphology on plant virus transmission. *Pest Management Science.* 2021. № 78. 416–427. DOI:10.1002/ps.6629

6. Dedryver C.A., Le Ralec A., Fabre F. The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. *Comptes Rendus Biologies.* 2010. № 333. P. 539–553. DOI: 10.1016/j.crvi.2010.03.009

7. Thanakitpipattana D., Mongkolsamrit S., Khonsanit A., Himaman W., Luangsa-ard J.J., Pornputtapong N. Is Hyperdermium Congeneric with Ascopolyporus? Phylogenetic Relationships of Ascopolyporus spp. (Cordycipitaceae, Hypocreales) and a New Genus Neohyperdermium on Scale Insects in Thailand. *Jornal of Fungi*. 2022. № 8. P. 516. DOI: 10.3390/jof8050516

8. Nietupski M., Ludwiczak E., Olszewski J., Gabryś B., Kordan B. Effect of Aphid Foraging on the Intensity of Photosynthesis and Transpiration of Selected Crop Plants in Its Early Stages of Growing. Agronomy. 2022. № 12. P. 1–14. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy12102370

9. Захист зернових культур від шкідників, хвороб і бур'янів при інтенсивних технологіях / Б.А. Арєшніков та ін.; за ред. Б.А. Арєшнікова. Київ: Урожай, 1992. С. 12–17.

10. Станкевич С. В., Забродіна І. В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур. Харків: Бровін О.В. 2016. 216 с.

11. Федоренко В.П., Покозій Й.Т., Круть М.В. Ентомологія: підручник / за ред. акад. В.П. Федоренка. Київ: Колобіг, 2013. 380 с.

12. Jayasinghe W.H., Akhter M.S., Nakahara, K.; Maruthi, M.N. Effect of aphid biology and morphology on plant virus transmission. *Pest Management Science.* 2021. № 78. 416–427. DOI: 10.1002/ps.6629

Дата першого надходження статті до видання: 17.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 633.11:632.4:631.53.01(477.63)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.35

ФАКТОРИ ПОШИРЕННЯ ТА ОБМЕЖЕННЯ МІКОБІОТИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Шевченко С.М. *– д.с.-г.н., професор,*
професор кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-1666-3672
Деревенець-Шевченко К.А. *– д.с.-г.н., с.н.с.,*
провідний науковий співробітник лабораторії захисту рослин,
Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-0469-0972
Пришедько Н.О. *– старший викладач кафедри загального землеробства*
та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0004-3944-0211
Лемішко С.М. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри агрохімії,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-4973-7455

Метою дослідження було встановити закономірності формування і зміни мікобіоти зерна пшениці озимої сорту Комерційна від повної стиглості до підготовки насіння до сівби та визначити ефективність передпосівного протруювання. Дослідження проводили у 2023–2025 рр. у польових і лабораторних умовах науково-дослідного поля Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету в зоні Північного Степу України. Зразки зерна відбирали у фазі повної стиглості, після комбайнового збирання й очищення, через 90 і 180 діб зберігання, а також перед сівбою без обробки та після протруювання препаратом Вайбранс Тріо 60 FS, ТН у нормі 2,0 л/т. Схожість визначали відповідно до ДСТУ 4138–2002 і правил ISTA, а мікологічний аналіз виконували методом вологої камери та висіванням на картопляно-декстрозний агар із морфологічною ідентифікацією колоній. Ураховували Alternaria spp., Fusarium spp., Penicillium spp., Aspergillus spp., Bipolaris sorokiniana та інші гриби. У середньому загальна частка інфікованих зернівок на етапі повної стиглості становила 54,4 %, після очищення зменшувалася до 47,1 %, після 90 діб зберігання – до 44,7 %, а через 180 діб становила 46,9 %. Триваліше зберігання супроводжувалося перебудовою складу мікобіоти: частка Alternaria spp. знизилася з 40,4 до 25,4 %, тоді як Penicillium spp. зросла з 4,1 до 9,3 %, а Aspergillus spp. – з 2,4 до 7,3 %. Схожість необробленого зерна перед сівбою становила 88,6 % проти 91,5 % на етапі повної стиглості. Протруювання зменшило загальну інфікованість до 9,0 %, або на 38,2 % та 80,9 % відносно необробленого насіння, а схожість підвищило до 95,3 %. У різні роки ефективність препарату становила 79,9–82,5 %, приріст схожості – 5,1–7,9 процентного пункту. Установлено, що початковий рівень інфікування визначався сукупністю погодних і фітосанітарних умов року, а під час зберігання відбувалася зміна співвідношення польових і складських грибів. Поєднання своєчасного очищення, контролю стану зерна під час зберігання та передпосівного протруювання обмежувало розвиток грибної інфекції й сприяло збереженню посівних якостей насіння.

Ключові слова: *пшениця озима, сорт Комерційна, мікобіота зерна, інфікованість, зберігання, протруювання.*

© Шевченко С.М., Деревенець-Шевченко К.А., Пришедько Н.О., Лемішко С.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Shevchenko S.M., Derevenets-Shevchenko K.A., Pryshedko N.O., Lemishko S.M. Factors affecting the spread and limitation of winter wheat grain mycobiota in the Northern Steppe of Ukraine

The aim of the study was to determine the patterns of formation and change in the mycobiota of winter wheat grain of the Komertsiina cultivar from full maturity to seed preparation for sowing and to assess the efficacy of pre-sowing fungicidal treatment. The research was conducted in 2023–2025 under field and laboratory conditions at the research field of the Educational and Scientific Centre of Dnipro State Agrarian and Economic University in the Northern Steppe of Ukraine. Grain samples were collected at full maturity, after combine harvesting and cleaning, after 90 and 180 days of storage, and before sowing both without treatment and after treatment with Vibrance Trio 60 FS, TH at 2.0 L t−1. Germination was assessed according to DSTU 4138–2002 and the ISTA Rules, while fungal infection was analyzed by the blotter method and plating on potato dextrose agar followed by morphological identification of colonies. Alternaria spp., Fusarium spp., Penicillium spp., Aspergillus spp., Bipolaris sorokiniana and other fungi were recorded. On average, the total proportion of infected kernels was 54.4% at full maturity, decreased to 47.1% after cleaning and to 44.7% after 90 days of storage, and reached 46.9% after 180 days. Longer storage changed the structure of the mycobiota: the occurrence of Alternaria spp. decreased from 40.4 to 25.4%, whereas Penicillium spp. increased from 4.1 to 9.3% and Aspergillus spp. from 2.4 to 7.3%. The germination of untreated grain before sowing was 88.6%, compared with 91.5% at full maturity. Seed treatment reduced the total infection to 9.0%, which was 38.2 percentage points and 80.9% lower than in untreated seed, and increased germination to 95.3%. Across the study years, treatment efficacy ranged from 79.9 to 82.5%, while germination increased by 5.1–7.9 percentage points. The initial infection level was determined by the combined weather and phytosanitary conditions of the year, whereas storage changed the balance between field and storage fungi. Timely cleaning, monitoring of grain condition during storage and pre-sowing fungicidal treatment limited fungal infection and contributed to the preservation of seed quality.

Key words: *winter wheat, Komertsiina cultivar, grain mycobiota, seed infection, storage, seed treatment.*

Актуальність теми дослідження. Пшениця озима є однією з основних зернових культур Північного Степу України, а якість посівного матеріалу визначає повноту сходів, рівномірність розвитку рослин і передумови формування врожаю. Важливою складовою якості насіння є його фітосанітарний стан, оскільки зернівки можуть бути носіями комплексу епіфітних, ендофітних і патогенних мікроміцетів. Частина грибів заселяє колос і зернівку ще в полі, а інша активізується після збирання, особливо за порушення умов зберігання. Наявність грибної інфекції може супроводжуватися зниженням схожості, погіршенням енергії проростання та погіршенням санітарної якості зерна [1, 2, 3].

Постановка проблеми. Нерівномірний розподіл опадів, підвищення температури в період достигання, ущільнення строків збирання та необхідність тривалого зберігання насіннєвого матеріалу ускладнюють прогнозування розвитку мікобіоти зерна. За однакової культури й сорту її склад може змінюватися залежно від умов формування зерна, стану посіву та післязбиральних операцій. Загальна інфікованість не завжди відображає ці зміни, оскільки зменшення польових грибів може відбуватися одночасно з активізацією плісеневих видів, характерних для зберігання. Тому оцінювання насіннєвої партії має охоплювати послідовність етапів від повної стиглості до сівби, а також окремий облік основних груп грибів і схожості насіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У наукових публікаціях наведено дані про поширення на зерні пшениці представників родів *Alternaria, Fusarium, Penicillium, Aspergillus і Bipolaris*. Їх співвідношення залежить від гідротермічного режиму, фази розвитку рослин та умов післязбирального поводження із зерном. Для зернофуражу в умовах північно-західного Причорномор’я встановлено

зміну частоти основних груп мікроміцетів залежно від погодних умов року [2]. У зерні пшениці, сформованому за вологих умов достигання, частка *Alternaria* spp. досягала 52,5 %, *Fusarium* spp. – 11,17 %, а загальна колонізація – 68,8 % [3].

Результати насіннєвого фітопатологічного аналізу істотно залежать від застосованого методу. Поєднання вологої камери, низькотемпературного оброблення та агарового середовища дає змогу виявляти як польові, так і складські гриби, зокрема *Alternaria alternata, Bipolaris sorokiniana* та представників *Fusarium* [4]. У партіях зерна, що перебували на зберіганні, часто домінують *Aspergillus flavus*, A. *niger*, A. *ochraceus* та A. *terreus*; за штучного інфікування окремими видами цих грибів схожість насіння істотно знижувалася [5]. Отже, результати аналізу доцільно трактувати з урахуванням методу виявлення та локалізації інфекції.

Фітосанітарно здорове насіння не є мікробіологічно стерильним. Грибні угруповання можуть включати нейтральні або потенційно корисні ендофітні компоненти, а ризик визначається таксономічною належністю, штамом, місцем локалізації та умовами середовища [6]. Для насіння пшениці описано взаємодію ендофітних грибів з патогенними видами, що додатково підтверджує необхідність розрізняти загальну присутність грибів і фітопатологічно значущу інфекцію [7]. Тому метою протруювання має бути зменшення життєздатного інокулюму цільових збудників і захист проростка, а не повне знищення всієї мікобіоти зерна.

Ефективність передпосівної санації визначається складом діючих речовин, видом збудника, якістю нанесення препарату, строком сівби та погодним фоном. Взаємодія сорту, строку сівби та протруйника може зумовлювати істотні відмінності у рівні насіннєвої інфекції [8]. Сучасні підходи передбачають поєднання контактних, системних, фізичних і біологічних способів, які добирають з урахуванням фактичного складу мікобіоти [9].

Для Північного Степу України важливо враховувати взаємодію сортових властивостей пшениці озимої з агроценотичними чинниками. Щільність бур'янів і потенційна засміченість ґрунту залежать від структури сівозміни та системи обробітку, що опосередковано впливає на фітосанітарний стан посівів [10]. Сорт Комерційна характеризується адаптивністю до умов підзони Північного Степу, стабільною зерновою продуктивністю та достатньою стійкістю до несприятливих чинників [11, 12]. Це обґрунтовує його використання для порівняння динаміки мікобіоти в різні за погодою роки.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Для умов Північного Степу недостатньо даних про послідовну зміну польової та складської складових мікобіоти в межах однієї насіннєвої партії. Потребують уточнення спрямованість зміни основних груп грибів після 90 і 180 діб зберігання, зв'язок вихідної інфікованості з погодним та фітосанітарним фоном року, а також результативність передпосівного протруювання зерна сорту Комерційна.

Мета дослідження. Визначити динаміку схожості та поширення основних груп грибів у зерні пшениці озимої сорту Комерційна залежно від етапу відбору, післязбирального очищення і тривалості зберігання, оцінити ефективність передпосівного протруювання та зіставити результати з погодними й фітосанітарними умовами 2023–2025 рр.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. у польових і лабораторних умовах науково-дослідного поля Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету (Дніпропетровська область, Дніпровський район). Об'єктом досліджень було насіння пшениці м'якої озимої сорту Комерційна. Під час аналізу

враховували погодні та польові показники року: кількість опадів, середню температуру повітря, урожайність і передзбиральну чисельність бур'янів.

У кожному році середні проби відбирали у п'ять строків: у фазі повної стиглості до збирання; після комбайнового збирання, очищення і доведення зерна до базисної вологості; через 90 діб; через 180 діб зберігання; перед сівбою після 6–7 місяців зберігання. Окремо досліджували необроблене зерно та зерно після протруювання. Для кожного строку формували чотири лабораторні повторення по 100 зернівок. Для порівняння умов року використовували три стани зерна: повна стиглість, перед сівбою без обробки та перед сівбою після протруювання.

Лабораторну схожість визначали відповідно до ДСТУ 4138–2002 та International Rules for Seed Testing 2025 [13, 14]. Фітопатологічний аналіз виконували методом вологої камери та висіванням поверхнево стерилізованих зернівок на картопляно-декстрозний агар за температури 22–24°С. Колонії обліковували на 5–7-му добу. Гриби ідентифікували за морфологічними ознаками та об'єднували в групи *Alternaria spp., Fusarium spp., Penicillium spp., Aspergillus spp., Bipolaris sorokiniana* та інші. У таблицях наведено частку зернівок, на яких виявлено відповідну групу грибів.

Частоту виявлення окремої групи визначали як відношення кількості зернівок із відповідним грибом до загальної кількості проаналізованих зернівок, виражене у відсотках. Загальну інфікованість розраховували за кількістю зернівок, на яких виявлено хоча б один гриб. Одна зернівка могла бути колонізована кількома таксонами, тому частки окремих груп не підсумовуються до загальної інфікованості. Ефективність протруювання визначали за формулою $E = (P0 – Pt) / P0 \times 100$, де P0 – інфікованість необробленого зерна перед сівбою, Pt – інфікованість протруєного зерна.

Для передпосівного захисту застосовували Вайбранс Тріо 60 FS, ТН у нормі 2,0 л/т. Препарат містить седаксан – 25 г/л, флудиоксоніл – 25 г/л і тебуконазол – 10 г/л; характеристику препарату та регламент застосування наведено в офіційних матеріалах виробника [16]. Обробляли насіння, відібране після зберігання та підготовлене до сівби.

Середні значення за 2023–2025 рр. визначали як середнє арифметичне річних показників. Для інтерпретації результатів використовували абсолютні зміни у процентних пунктах, відносні зміни та порівняння середніх значень за етапами відбору. Статистичне опрацювання та узагальнення даних виконували із застосуванням методичних підходів, прийнятих у дослідженнях з агрономії [17, 18]. Погодні й польові показники розглядали як характеристику комплексного фону року, без встановлення однофакторної причинності за трирічним рядом спостережень.

Результати досліджень. У середньому за 2023–2025 рр. зерно пшениці озимої сорту Комерційна на етапі повної стиглості мало схожість 91,5 %, а загальна інфікованість становила 54,4 % (табл. 1). У структурі грибного комплексу переважали Alternaria spp., які виявлено на 40,4 % зернівок. Частота *Fusarium* spp. становила 6,3 %, *Penicillium* spp. – 4,1 %, *Aspergillus* spp. – 2,4 %, Bipolaris sorokiniana – 2,5 %, інших грибів – 5,8 %. Переважання *Alternaria* spp. на цьому етапі свідчить про домінування польової складової мікобіоти, яка формується під час достигання зерна та збирання врожаю.

Після збирання й очищення загальна інфікованість зменшилася до 47,1 %, тобто на 7,3 процентного пункту або на 13,4 % відносно зерна повної стиглості. Найпомітніше зменшилася частка *Alternaria* spp. – з 40,4 до 34,2 %, а *Fusarium* spp. – з 6,3 до 5,2 %. Одночасно схожість підвищилася на 1,2 % і становила 92,7 %. Таке поєднання результатів можна пояснити вилученням частини щуплих, травмованих та інфікованих зернівок під час очищення.

Таблиця 1

Динаміка схожості та інфікованості насіння за етапами відбору і зберігання, середнє за 2023–2025 рр., % зернівок

Етап відбору / стан насіння	Час аналізу	Схожість, %	Alt. spp.	Fus. spp.	Pen. spp.	Asp. spp.	B. sorok.	Інші гриби	Усього
Повна стиглість	до збирання	91,5	40,4	6,3	4,1	2,4	2,5	5,8	54,4
Після збирання й очищення	1–3 доби	92,7	34,2	5,2	3,7	2,0	2,1	4,9	47,1
Зберігання, необроблене	90 діб	91,0	28,8	4,7	6,9	4,8	1,8	3,6	44,7
Зберігання, необроблене	180 діб	88,7	25,6	4,4	9,4	7,2	1,6	3,2	46,9
Перед сівбою, необроблене	6–7 міс.	88,6	25,4	4,3	9,3	7,3	1,8	3,5	47,2
Перед сівбою, Вайбранс Тріо	після обробки	95,3	5,2	0,9	1,2	0,8	0,4	1,4	9,0

Примітка. Alt. spp. – Alternaria spp.; Fus. spp. – Fusarium spp.; Pen. spp. – Penicillium spp.; Asp. spp. – Aspergillus spp.; B. sorok. – Bipolaris sorokiniana.

Після 90 діб зберігання загальна інфікованість необробленого зерна становила 44,7 %, а схожість – 91,0 %. За нижчого інтегрального показника відбулася помітна перебудова складу мікобіоти: частка *Alternaria* spp. зменшилася до 28,8 %, тоді як *Penicillium* spp. зросла до 6,9 %, а *Aspergillus* spp. – до 4,8 %. Отже, зменшення загальної інфікованості на цьому етапі не означало відсутності ризику, оскільки одночасно зростала частка грибів, здатних розвиватися у зерновій масі під час зберігання.

Після 180 діб зберігання загальна інфікованість зросла до 46,9 %, а перед сівбою необробленого зерна становила 47,2 %. За цей період частка *Penicillium* spp. досягла 9,3 %, що на 5,2 процентного пункту, або у 2,3 раза, більше за рівень повної стиглості. Частка *Aspergillus* spp. зросла з 2,4 до 7,3 %, тобто на 4,9 процентного пункту, або у 3,0 раза. Натомість Alternaria spp. зменшилася до 25,4 %. Таким чином, за відносно близького рівня загальної інфікованості на етапах 90–180 діб змінювалося співвідношення між польовими та складськими компонентами мікобіоти.

Зміна складу грибного комплексу супроводжувалася поступовою втратою посівних якостей. Схожість зменшилася з 91,5 % на етапі повної стиглості до 88,7 % після 180 діб і до 88,6 % перед сівбою без обробки. Загальне зниження становило 2,9 процентного пункту, причому найбільша втрата припала на період від 90 до 180 діб зберігання. Це обґрунтовує необхідність повторної перевірки насіннєвого матеріалу не лише після очищення, а й у другій половині періоду зберігання.

Передпосівне протруювання Вайбранс Тріо істотно поліпшило фітосанітарний стан зерна. Загальна інфікованість зменшилася з 47,2 % у необробленого зерна до 9,0 % після обробки, тобто на 38,2 процентного пункту, або на 80,9 %. Частота *Alternaria* spp. знизилася до 5,2 %, *Fusarium* spp. – до 0,9 %, *Penicillium* spp. – до 1,2 %, *Aspergillus* spp. – до 0,8 %, *Bipolaris sorokiniana* – до 0,4 %, інших грибів – до 1,4 %. Залишкова інфікованість свідчить, що препарат істотно обмежує грибний комплекс, але результативність заходу залежить від попереднього очищення та умов зберігання зерна.

Одночасно зі зменшенням інфікованості схожість протруєного зерна підвищилася до 95,3 %, що на 6,7 % більше, ніж у необробленого перед сівбою, і на 3,8 % більше, ніж на етапі повної стиглості. Підвищення схожості можна пов’язати зі зменшенням життєздатної грибної інфекції, яка пригнічує проростання та розвиток проростків. Водночас цей результат не є підставою ототожнювати лабораторну

схожість із повною відсутністю прихованої інфекції, тому насіннєвий контроль має включати фітопатологічний аналіз.

Розподіл показників за роками засвідчив контрастність погодного та фітосанітарного фону (табл. 2). У 2023 р. за 51,1 мм опадів, середньої температури 22,4°С, урожайності 4,97 т/га та передзбиральної чисельності бур'янів 18,6 шт./м² загальна інфікованість зерна на етапі повної стиглості була найвищою і становила 63,5 %. Частка *Alternaria* spp. досягала 48,6 %, *Fusarium* spp. – 8,4 %, а схожість – 88,9 %. У 2024 р. за 55,2 мм опадів, вищої середньої температури 25,9°С, урожайності 4,43 т/га та меншої забур'яненості 12,4 шт./м² загальна інфікованість була найнижчою – 44,6 %, а схожість становила 93,8 %. У 2025 р. за найменшої кількості опадів 14,3 мм, температури 24,1°С, урожайності 1,76 т/га і 15,1 бур'яну на 1 м² загальна інфікованість становила 55,2 %, а схожість – 91,7 %.

Таблиця 2

Схожість та інфікованість насіння пшениці озимої залежно від умов року та стану насіння

Рік	Гідротермічні та польові умови	Стан насіння	Схожість, %	*Alt.* spp.	*Fus.* spp.	*Pen.* spp.	*Asp.* spp.	*B. sorok.*	Інші	Усього
2023	Опади 51,1 мм; 22,4°С; урожайність 4,97 т/га; бур'яни 18,6 шт./м²	Повна стиглість	88,9	48,6	8,4	4,1	1,8	3,4	6,3	63,5
		Перед сівбою, без обробки	85,9	31,6	6,0	11,5	7,1	2,3	3,8	56,8
		Перед сівбою, протруєне	93,8	6,4	1,3	1,5	0,9	0,5	1,7	11,4
2024	Опади 55,2 мм; 25,9°С; урожайність 4,43 т/га; бур'яни 12,4 шт./м²	Повна стиглість	93,8	31,8	4,2	3,7	3,1	1,8	4,0	44,6
		Перед сівбою, без обробки	91,2	19,7	2,8	7,4	7,9	1,3	2,9	38,9
		Перед сівбою, протруєне	96,3	3,9	0,6	0,9	0,7	0,3	1,0	6,8
2025	Опади 14,3 мм; 24,1°С; урожайність 1,76 т/га; бур'яни 15,1 шт./м²	Повна стиглість	91,7	40,7	6,3	4,5	2,4	2,3	6,2	55,2
		Перед сівбою, без обробки	88,7	24,8	4,2	9,1	7,0	1,7	3,7	45,8
		Перед сівбою, протруєне	95,9	5,3	0,8	1,2	0,8	0,4	1,4	8,7

Примітка. Alt. spp. – Alternaria spp.; Fus. spp. – Fusarium spp.; Pen. spp. – Penicillium spp.; Asp. spp. – Aspergillus spp.; B. sorok. – Bipolaris sorokiniana.

Зіставлення повної стиглості з передпосівним необробленим зерном показало спільну спрямованість змін у різні роки. У 2023 р. загальна інфікованість зменшилася з 63,5 до 56,8 %, *Alternaria* spp. – з 48,6 до 31,6 %, а *Penicillium* spp. та *Aspergillus* spp. зросли відповідно з 4,1 до 11,5 % і з 1,8 до 7,1 %. Схожість за цей період знизилася з 88,9 до 85,9 %. У 2024 р. загальна інфікованість зменшилася з 44,6 до 38,9 %, *Alternaria* spp. – з 31,8 до 19,7 %, тоді як Penicillium spp. зросла з 3,7 до 7,4 %, а *Aspergillus* spp. – з 3,1 до 7,9 %. У 2025 р. зафіксовано аналогічний напрям: *Alternaria* spp. знизилася з 40,7 до 24,8 %, *Penicillium* spp. зросла з 4,5 до 9,1 %, Aspergillus spp. – з 2,4 до 7,0 %, а схожість зменшилася з 91,7 до 88,7 %.

Отже, перебудова мікобіоти під час тривалого зберігання простежувалася незалежно від вихідного рівня інфікованості.

Виявлена міжрічна мінливість не формує простої лінійної залежності від кількості опадів. У 2024 р. опадів було дещо більше, ніж у 2023 р., однак інфікованість зерна була значно нижчою; у 2025 р. за найменшої кількості опадів вона знову зросла. На результат могли одночасно впливати температура, тривалість зволоження колосу, стан посіву, швидкість збирання, травмування зернівок та умови його післязбирального дороблення. Передзбиральна забур'яненість була найбільшою у 2023 р. і найменшою у 2024 р., що узгоджується з можливим впливом вологості нижнього ярусу та збереженням інокулюму, проте трирічний ряд не дає підстав для розрахунку надійної кореляції або встановлення причинного зв'язку.

Урожайність також не можна використовувати як самостійний показник фітосанітарного стану партії. У 2023 р. найвища урожайність поєднувалася з найбільшою інфікованістю, тоді як у 2025 р. різке зниження урожайності супроводжувалося збереженням досить високого рівня інфікованості. Це свідчить про те, що умови, сприятливі для формування врожаю, можуть одночасно подовжувати період контакту зерна з інокулюмом, а низька урожайність не гарантує фітосанітарної безпеки насіннєвого матеріалу.

Передпосівне протруювання було ефективним у кожному році досліджень. У 2023 р. інфікованість зменшилася з 56,8 до 11,4 %, що відповідає ефективності 79,9 %, а схожість підвищилася на 7,9 процентного пункту. У 2024 р. зниження становило з 38,9 до 6,8 %, ефективність – 82,5 %, приріст схожості – 5,1 процентного пункту. У 2025 р. показник зменшився з 45,8 до 8,7 %, ефективність становила 81,0 %, а схожість зросла на 7,2 процентного пункту. Відносна стабільність результату за різного вихідного інфекційного фону підтверджує доцільність застосування протруювання як завершального етапу підготовки насіння, за умови дотримання вимог до очищення та зберігання зерна.

Практично доцільно проводити фітопатологічний контроль щонайменше після очищення та безпосередньо перед сівбою. За тривалого зберігання додатковий аналіз через 90–180 діб дає змогу своєчасно виявити зростання Penicillium spp. та Aspergillus spp., яке може не проявлятися під час зовнішнього огляду. Передпосівне протруювання слід проводити на очищеному зерні, що відповідає вимогам до посівних якостей [15]. Результати дослідження загалом узгоджуються з даними про поєднання польової та складської мікобіоти, поширеність змішаного інфікування та залежність ефективності протруйників від складу діючих речовин [2, 4, 9]. Водночас для сорту Комерційна в умовах Північного Степу уточнено послідовність зміни грибного комплексу від повної стиглості до сівби та кількісно підтверджено дію передпосівного протруювання.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Мікобіота зерна пшениці озимої сорту Комерційна змінюється протягом усього періоду від повної стиглості до сівби. Початковий рівень загальної інфікованості у різні роки становив 44,6–63,5 %, а частка *Alternaria* spp. – 31,8–48,6 %. Очищення зерна через 1–3 доби після збирання знизило середню загальну інфікованість на 7,3 процентного пункту та підвищило схожість на 1,2 процентного пункту.

Під час зберігання до 180 діб і перед сівбою загальна інфікованість необробленого зерна залишалася в межах 44,7–47,2 %, проте структура грибного комплексу істотно перебудовувалася: Alternaria spp. зменшилася до 25,4 %, а *Penicillium* spp. та *Aspergillus* spp. зросли відповідно до 9,3 і 7,3 %. Схожість необробленого зерна

знизилася до 88,6 %, що підтверджує необхідність контролю його стану впродовж усього періоду зберігання.

Вайбранс Тріо 60 FS, ТН у нормі 2,0 л/т зменшував загальну інфікованість у різні роки на 79,9–82,5 % і підвищував схожість на 5,1–7,9 процентного пункту. У середньому за три роки інфікованість знизилася з 47,2 до 9,0 %, а схожість зросла з 88,6 до 95,3 %. Для виробництва рекомендовано поєднувати своєчасне очищення, контроль вологості й температури зерна під час зберігання, періодичний фітопатологічний аналіз та передпосівне протруювання. Перспективними є дослідження впливу вологості й температури зернової маси на видовий склад мікобіоти та порівняння ефективності різних протруйників для сортів, що відрізняються за екологічною пластичністю і строками достигання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Деревенець-Шевченко К.А. Фактори розповсюдження і обмеження мікофлори зерна пшениці озимої. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2013. № 4. С. 85–88.

2. Bogach M.V., Paliy A.P., Bohach D.M., Kovalenko L.V., Selishcheva N.V., Ganova L.O., Stegniy B.T., Pavlichenko O.V., Vovk D.V. Influence of weather conditions on contamination of grain fodder by micromycetes in the Northwestern Black Sea Region of Ukraine. Mikrobiolohichnyi Zhurnal. 2024. Vol. 86, No. 5. P. 75–86. DOI: https://doi.org/10.15407/microbiolj86.05.075.

3. Mic (Giurgiu) C., Şopterean L., Suciu L., Vălean A.-M., Tărău A., Kadar R., Duda M. The influence of weather changes on wheat seed mycosis in the Transylvanian Plateau. Journal of Central European Agriculture. 2025. Vol. 26, No. 4. P. 986–994. DOI: https://doi.org/10.5513/JCEA01/26.4.4749.

4. Khan A.M., Khan M., Salman H.M., Ghazali H.M.Z.U., Ali R.I., Hussain M., Yousaf M.M., Hafeez Z., Khawja M.S., Alharbi S.A., Alfarraj S., Arif M., Nabeel M. Detection of seed-borne fungal pathogens associated with wheat (Triticum aestivum L.) seeds collected from farmer fields and grain market. Journal of King Saud University – Science. 2023. Vol. 35, No. 4. Article 102590. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102590.

5. Kumar N., Khurana S.M.P., Pandey V.N. Deciphering of seed health of common food grains (wheat, rice) of North Eastern UP and Gurgaon Haryana, India. Scientific Reports. 2023. Vol. 13. Article 8480. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-34510-3.

6. Becker L.E., Cubeta M.A. The contribution of beneficial wheat seed fungal communities beyond disease-causing fungi: advancing heritable mycobiome-based plant breeding. Environmental Microbiology Reports. 2024. Vol. 16, No. 6. Article e70004. DOI: https://doi.org/10.1111/1758-2229.70004.

7. Rozhkova T., Biliavska L., Spychak Y. Interaction of endophytic fungi of winter wheat seeds. Journal of Plant Protection Research. 2023. Vol. 63, No. 4. P. 399–404. DOI: https://doi.org/10.24425/jppr.2023.147827.

8. Sabeckis A., Semaškienė R., Jonavičienė A., Lavrukaitė K., Venslovas E. Evaluation of sowing time and seed treatment fungicides on Microdochium spp. DNA quantity in winter wheat cultivars. Frontiers in Plant Science. 2025. Vol. 16. Article 1694784. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1694784.

9. Moumni M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. Food Security. 2023. Vol. 15, No. 5. P. 1365–1382. DOI: https://doi.org/10.1007/s12571-023-01384-2.

10. Shevchenko S., Tkalich Yu., Shevchenko M., Kolesnykova K., Derevenets-Shevchenko K. The evaluation of total weed density and seed bank of agricultural landscapes as an example of the Steppe Zone of Ukraine. Scientific Horizons. 2023. Vol. 26, No. 11. P. 80–89. DOI: https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.80.

11. Ващенко В.В., Назаренко М.М. Екологічне випробування сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах підзони Північного Степу України. Біологічний вісник МДПУ. 2015. № 1. С. 12–16.

12. Shevchenko M.S., Tkalich Y.I., Shevchenko S.M., Derevenets-Shevchenko K.A. Global and local trends in weed management under conventional and conservation agriculture. Agrology. 2025. Vol. 8, No. 3. P. 121–131. DOI: https://doi.org/10.32819/202516.

13. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. Edition 2025. Wallisellen: ISTA, 2025.

14. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138–2002. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

15. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови: ДСТУ 2240–93. Київ: Держстандарт України, 1994. 75 с.

16. Syngenta Україна. Вайбранс Тріо 60 FS, ТН: фунгіцидний протруйник насіння зернових. URL: https://www.syngenta.ua/product/crop-protection/vaybrans-trio-060-fs-th (дата звернення: 05.09.2026).

17. Мазур В.А., Липовий В.Г., Мордванюк М.О. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Вінниця: ВЦ ТОВ Твори, 2020. 204 с.

18. Ушкаренко В.О., Нікішенко В.Л., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

Дата першого надходження статті до видання: 09.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 631.8.022.3:633.15
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.36

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ

Шкатула Ю.М. *– к.с.-г.н., доцент,*
завідувач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-4275-309X
Джаббаров Е.А. *– торгівельний представник,*
ТОВ «Еліксир Україна»
orcid.org/0009-0006-4876-2356

Представлені результати досліджень з технологічних рішень застосування норм мінеральних добрив при вирощуванні кукурудзи на зерно. Метою дослідження є наукове обґрунтування впливу різних норм і видів мінеральних добрив на продуктивність кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Кукурудза позитивно реагує на оптимізацію фону мінерального живлення. Розробка та вдосконалення науково обґрунтованих технологій вирощування кукурудзи на зерно за змін клімату і вивчення внесення норм мінеральних добрив і проведення позакореневих підживлень сприяє суттєвому підвищенню продуктивності культури. Важливим чинником підвищення врожайності та якості зерна кукурудзи за умов запровадження інтенсивних технологій є мікроелементи. Дефіцит будь-якого елемента живлення може бути обмежувальним чинником у підвищенні врожайності та зернової якості кукурудзи Найбільш необхідним мікроелементом є цинк. Крім нього потрібні молібден, кобальт, бор, залізо, марганець і мідь За результатами вимірювань доведено, що в середньому по досліду максимальні показники висоти рослин кукурудзи – 221 см, були на ділянках де вносились мінеральні добрива Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$) і проводились позакореневі обприскування мікродобривами Мікро-Мінераліс (Цинк) у нормі витрат 1,5 л/га у фазі 3–5 листків та у фазу 7–9 листків кукурудзи. Інтенсивний тип живлення макроелементами та мікродобривами зумовлював підвищення врожайності зерна кукурудзи середньостиглого гібриду ЛГ 31330 (на 3,78–6,03 т/га) в порівнянні з контрольними ділянками де не вносились мінеральні добрива та не проводилось позакореневе підживлення мікродобривами. В результаті внесення мінеральних добрив Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$) та проведення позакореневих підживлень мікродобривом Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га у фазу 3–5 листочків кукурудзи + Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га у фазу 7–9 листків кукурудзи сприяло отриманню врожайності зерна кукурудзи на рівні 10,05 т/га, що більше за контрольний варіант (без добрив) на 6,03 т/га.

Ключові слова: *кукурудза, технологія, мінеральні добрива, мікродобрива, норма внесення, висота, зерно, урожайність.*

Shkatula Yu.M., Jabbarov E.A. Influence of mineral fertilizers on corn productivity

The results of research on technological solutions for the application of mineral fertilizer rates when growing corn for grain are presented. The purpose of the research is to scientifically substantiate the impact of different rates and types of mineral fertilizers on corn productivity in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. Corn responds positively to the optimization of the mineral nutrition background. The development and improvement of scientifically based technologies for growing corn for grain under climate change and the study of the application of mineral fertilizers and foliar feeding contribute to a significant increase in crop productivity. An important factor in increasing the yield and quality of corn grain under the conditions of the introduction of intensive technologies are trace elements. A deficiency of any nutrient can be a limiting factor in increasing the yield and grain quality of corn. The most necessary trace element

© Шкатула Ю.М., Джаббарова Е.А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

is zinc. In addition to it, molybdenum, cobalt, boron, iron, manganese and copper are also needed. The results of the measurements proved that on average, the maximum height of corn plants in the experiment was 221 cm, and was in areas where mineral fertilizers Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + KAS ($N_{64}$) were applied and foliar spraying with microfertilizers Micro-Mineralis (Zinc) was carried out at a consumption rate of 1,5 l/ha in the 3–5 leaf phase and in the 7–9 leaf phase of corn. The intensive type of nutrition with macroelements and microfertilizers led to an increase in the yield of corn grain of the mid-ripening hybrid LG 31330 (by 3,78–6,03 t/ha) compared to control areas where mineral fertilizers were not applied and foliar spraying with microfertilizers was not carried out. As a result of applying mineral fertilizers Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + KAS ($N_{64}$) and conducting foliar top dressing with microfertilizer Micro-Mineralis (Zinc) 1,5 l/ha in the phase of 3-5 leaves of corn + Micro-Mineralis (Zinc) 1,5 l/ha in the phase of 7–9 leaves of corn contributed to obtaining a corn grain yield of 10,05 t/ha, which is 6,03 t/ha higher than the control option (without fertilizers).

Key words: *corn, technology, mineral fertilizers, microfertilizers, application rate, height, grain, yield.*

Актуальність теми дослідження. Кукурудза посідає основне місце у зерновому балансі України. За врожайністю зерна вона перевищує всі зернові культури, а її частка в загальній структурі зерновиробництва досягає майже 50 % [1].

Зерно кукурудзи – прекрасний корм для тварин. У 1 кг зерна міститься – 1,34 кормової одиниці та 78 г перетравного протеїну [2]. На світовому ринку попит на зерно кукурудзи з кожним роком збільшуються, що обумовлено затребованістю в продовольчій, кормовій та енергетичних галузях. Підвищення попиту на споживання кукурудзи та зростання обсягів її виробництва пов'язане з подорожанням енергоресурсів, коли культура стала основною сировиною для виробництва біоетанолу.

Новітні гібриди кукурудзи на зерно інтенсивного типу потребують дотримання технологічних заходів вирощування у конкретних ґрунтово-кліматичних районах. Для досягнення максимальних врожаїв зерна кукурудзи важливе значення має впровадження ефективних елементів технології, які сприяють оптимальному росту та розвитку рослин. Серед основних напрямів успішного одержання запланованого врожаю кукурудзи на зерно є науково-обґрунтоване застосування мінеральних добрив.

Кукурудза позитивно реагує на оптимізацію фону мінерального живлення. Розробка та вдосконалення науково обґрунтованих технологій вирощування кукурудзи на зерно за змін клімату і вивчення внесення норм мінеральних добрив, які у великій мірі впливають на урожайність культури є важливими завданнями. Тому актуальним є завдання пошуку ефективних технологічних рішень застосування норм мінеральних добрив при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Лісостепу правобережного.

Постановка проблеми. Рівень урожайності зерна кукурудзи обумовлена дією та взаємодією ґрунтово-кліматичних умов регіону, відповідною технологією вирощування, наявною кількістю вологи та елементів живлення у ґрунті.

Система живлення кукурудзи повинна бути розрахована з урахуванням загальної кількості поживних речовин в ґрунті, необхідних для запланованого урожаю, а також потреби рослин у різних етапах росту та розвитку, ґрунтово-кліматичних умов та інших факторів. Так, для формування 1 тонни зерна кукурудза виносить із ґрунту 17,6–22,2 кг азоту, 6,3–7,6 кг фосфору та 16,2–18,0 кг калію [3].

Науковці В.Д. Паламарчук, Б.С. Демчук у своїй науковій праці відмічають, що кукурудза засвоює елементи із ґрунту впродовж усього вегетаційного періоду [4]. У період інтенсивного росту кукурудзи, який розпочинається від викидання волотей і триває до початку цвітіння, рослини кукурудзи потребують близько половини

елементів живлення, а до фази молочної стиглості зерна дана кількість зростає до 90 % від загальної потреби [5].

При мінеральному живленні кукурудзи на зерно слід звернути на два критичні періоди. Перша критична фаза потребує підвищену потребу культурних рослин у фосфорі (від 3 до 5 листків), що обумовлює необхідність обов'язкового припосівного внесення фосфорних або складних мінеральних добрив у дозі 10–15 кг/га. У другу критичну фазу, під час активного росту і розвитку (період 9–10 листків – викидання волотів), відзначається підвищена потреба рослин кукурудзи у азотному живленні, що обумовлює необхідність проведення локального прикореневого підживлення у фазі 3–5 листків азотними мінеральними добривами.

Застосування мінеральних добрив, особливо азотних у технології вирощування кукурудзи позитивно впливає на формування показників зернової продуктивності культури. Найбільш оптимальною системою мінерального живлення кукурудзи є внесення у передпосівну культивацію $N_{128}P_{128}K_{128}$ з подальшим підживленням азотом у дозі N_{70} у фазі 6–7 листків кукурудзи, що забезпечує врожайність зерна на рівні 12,18–12,88 т/га зерна [6].

Дослідження проведені Вожеговою Р.А., та Беловою Я.В., підтверджують, що внесення мінеральних добрив призводить до зростання врожайності зерна на 1,8–4,7 тонн/га порівняно з контрольним варіантом, без добрив. Максимальну врожайність зерна кукурудзи (16,0 т/га) отримано при внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{120}$ [7].

Одним з методів оптимізації мінерального живлення є використання не лише ґрунтового, але й позакореневого удобрення в системі живлення сільськогосподарських культур. Використання позакореневого підживлення є досить мобільним і ефективним з агротехнічної точки зору, дозволяє уникати складних процесів перетворення в ґрунті, забезпечує надходження елементів живлення безпосередньо до органів рослин [8]. Важливим чинником підвищення врожайності та якості зерна кукурудзи за умов запровадження інтенсивних технологій є мікроелементи. Вони необхідні для росту та розвитку рослин і виконують важливі фізіологічно-біологічні функції. Дефіцит будь-якого елемента живлення може бути обмежувальним чинником у підвищенні врожайності та якості кукурудзи різних груп стиглості. Найбільш необхідним мікроелементом є цинк. Крім нього потрібні молібден, кобальт, бор, залізо, марганець і мідь [9]. Недостатня кількість цинку відмічається у ґрунтах з кислою реакцією, що зумовлює затримку росту рослин кукурудзи, погіршення процесу фотосинтезу, може спричинити відсутність качана на рослині [10]. У процесі вегетації рослини кукурудзи поглинають 350–400 г/га цинку, до 80 г/га марганцю, 70 г/га бору, 50–60 г/га міді [11].

Дослідження проведені науковцями Молдован В. Г., Молдован Ж. А., [12] показали, шо при позакореневому підживленні кукурудзи у фазі 5–6 та 8–9 листків висококонцентрованим рідким цинковим добривом Хімік Цинк зумовлює збільшення висоти рослин ранньостиглого гібрида ДН Атон та середньораннього гібрида ДН Астра на 11,6 та 11,9 %, відповідно врожайність зерна – на 8,2 та 8,6 %.

Максимальна врожайність відзначена на варіанті досліду за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк і Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив $N_{100}P_{31}$ за густоти 60 тис. рослин /га у гібридів кукурудзи ДКС 3795 – 9,3; ДКС 3972 – 10,4; і ДКС 4351 – 10,2 т/га. Це є вище, порівнюючи з контрольним варіантом на 3,6; 4,5; 4,3 т/га [13].

Поєднання внесення на посівах кукурудзи КАС з мікродобривами Авангард Кукурудза та Мікро-Мінераліс сприяла підвищенню зернової продуктивності. Так,

урожайність гібрида кукурудзи ДКС 3939 на контрольних ділянках була в межах 8,3 т/га, що на 0,29 т/га нижча за показник у варіанті 2 (КАС + Мікро-Мінераліс (Кукурудза)); у варіанті 3 (КАС + Авангард Р Кукурудза) показник продуктивності вищий від контролю на 0,97 т/га [14].

У сучасних умовах господарювання агроформуваннями особливого значення набуває впровадження адаптивно-інтенсивних технологій вирощування кукурудзи, які забезпечують ефективне живлення макро і мікроелементами на протязі вегетаційного періоду. Вибір складу і норм мінеральних добрив під посіви кукурудзи на зерно повинні базуватися на врахуванні ґрунтово-кліматичних особливостей зони, біології культури, попередників та інших чинників. Важливим напрямком підвищення врожайності зерна кукурудзи є використання мінеральних добрив які містять макро і мікроелементи, ефективні і легкодоступні для засвоєння культурними рослинами.

Мета дослідження полягає в науковому обґрунтуванні впливу різних норм і видів мінеральних добрив на продуктивність кукурудзи.

Методика досліджень. Впродовж 2024–2025 рр. в умовах ФГ «Флора А.А.» Тульчинського району» проводили дослід із визначення впливу мінеральних добрив на врожайність та ефективність вирощування кукурудзи.

Ґрунти дослідного поля сірі лісові, мають середнє забезпечення азотом, фосфором і калієм. За агрокліматичним районуванням господарство розташоване в південній зоні Лісостепу правобережного. Для зони характерно нерівномірність випадання опадів, подовжені періоди посух, перепади нічних і денних температур повітря.

Головними чинниками вирощування кукурудзи є тривалість теплового періоду впродовж якого проходить вегетація рослин, забезпеченість достатньою кількістю вологи у ґрунті та мінерального живлення, що впливає на подальший розвиток рослини та формування відповідної продуктивності.

Посів проводили широкорядним способом, з міжряддям 70 см, на заплановану густоту стеблостою 65 тис. шт/га. Попередник – соя. Гербіциди вносили у фазу 3–4 листочків кукурудзи.

Дослідженнями передбачалось вивчити ефективність впливу мінерального живлення на продуктивність кукурудзи. В дослідженнях вивчали гібрид кукурудзи ЛГ 31330, від компанії Лімагрейн. Група стиглості – середньостиглий, ФАО – 320.Тип зерна – зубовидний.

Серед мінеральних добрив в досліді використовувались мінеральні добрива Elixir Zorka $N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$. Країна виробництва: Сербія. Дане мінеральне добриво макрогранульоване, містить у своєму складі легкорозчинні та добре доступні рослинам форми NP, а також S та B. Добриво цінне для вирощування сільськогосподарських культур, які дуже чутливі до сірки яка покращує азотне живлення рослин, ріст, відіграє важливу роль в утворенні білків.

КАС – водний розчин аміачної селітри і карбаміду в співвідношенні 1:1. У КАС утримується амонійна, амідна й нітратна форми азоту, завдяки чому добриво діє пролонговано, а рослини протягом вегетації забезпечуються трьома формами азоту.

Мікро-Мінераліс (Цинк) – це універсальне та легкозасвоюване рідке мікродобриво, призначене для позакореневого підживлення кукурудзи. Застосовуючи мікродобриво, можна підвищити урожай зерна кукурудзи, допомогти рослинам впоратись із несприятливими погодними умовами. Склад мікродобрива «Мікро-Мінераліс» (Цинк), амонійно-карбоксилатних комплексонів, Zn-2,5%; N-2,0%. Підживлення рослин кукурудзи проводиться у фазу 3–5 листків, повторно через 2 тижні, у фазу 7–9 листків культури. Норма внесення препарату 1,0–1,5 л/га.

Технологія вирощування кукурудзи в досліді однакова для даної ґрунтово-кліматичної зони. У дослідженнях використовували польові загальноприйняті та лабораторні методи досліджень [15].

Результати досліджень. Стабільне та інтенсивне виробництво зерна кукурудзи можливе завдяки підвищенню врожайності культури за рахунок подальшого вдосконалення та впровадження технологій вирощування в кожній ґрунтово-кліматичній зоні, а також максимального використання потенціалу сучасних гібридів.

Важливою проблемою вітчизняного землеробства є підвищення ефективності застосування мінеральних добрив, їх складу, норм внесення тощо. Головним технологічним аспектом за вирощування є оптимізація мінерального живлення кукурудзи. Слід відмітити, що мінеральні добрива ефективні при достатній кількості продуктивної вологи у ґрунті, завдяки якій всі біологічні та біохімічні процеси проходять інтенсивніше. Тому достатня кількість вологи і опадів під час певних фаз росту і розвитку кукурудзи є передумовою одержання високої продуктивності.

Умови Вінницької області характеризуються нестачею вологи, високими температурами у літній період, посухами, що ускладнює засвоєння елементів живлення з ґрунту. В таких умовах листкове підживлення може значно поліпшити дану ситуацію.

В 2024–2025 роках було проведено дослід по вивченню ефективності мінеральних добрив (зокрема Elixir Zorka $N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$ та КАС) і мікродобрива Мікро-Мінераліс (Цинк) в агроценозах кукурудзи на зерно. Складно-змішані мінеральні добрива вносили з осені під основний обробіток, а карбамідно-аміачну суміш з весни до посіву кукурудзи перед культивацією. У ході досліджень аналізували висоту рослин, визначали урожайність зерна кукурудзи по варіантах.

Необхідно відмітити, що умови 2024 року виявилися менш сприятливими для оптимальних процесів росту й розвитку рослин гібридів кукурудзи, відмічалися високі критичні температури та дефіцит опадів у критичні періоди по забезпеченні вологою рослин. Погодні умови 2025 року характеризувалися підвищеними температурами повітря і достатньою кількістю опадів в середині вегетації кукурудзи. Завдяки сприятливим умовам вологозабезпечення, відзначалися рослини кукурудзи у фазі викидання волоті швидким приростом вегетаційної маси. Активний приріст кукурудзи спостерігався майже до фази цвітіння, після завершення якої інтенсивні ростові процеси суттєво уповільнились.

Встановлено, що оптимізація живлення посівів кукурудзи макро- і мікроелементами за рахунок внесення підвищувала стійкість рослин до несприятливих умов середовища, сприяла покращенню процесів росту й розвитку рослин.

В результаті досліджень дієвим фактором регулювання висоти рослин виявився режим живлення мінеральних добрив та проведення позакореневих підживлень мікродобривом Мікро-Мінераліс (Цинк) у нормі внесення 1,5 л/га. Так, в результаті внесення мінеральних добрив Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{32}$) висота рослин кукурудзи в середньому за два роки досліджень була в межах 190 см, тоді як на контрольних ділянках (без добрив) висота рослин 156 см, що на 34 см менше. Найвищі показники висоти рослин кукурудзи були на ділянках де вносились мінеральні добрива Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$) і проводились позакореневі обприскування Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га у фазі 3–5 листків та у фазу 7–9 листків кукурудзи: висота збільшилась на 65 см в порівнянні з контролем без добрив і становила 221 см (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив мінеральних добрив і позакореневих підживлень мікродобривами на висоту рослин кукурудзи, (середнє 2025–2026 рр.)

Варіанти досліду	Висота рослин, см	+/- до контролю, см	+/- до контролю, %
Контроль (без добрив)	156	-	-
Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{32}$)	190	+ 34	+ 22
Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$)	213	+ 57	+ 37
Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$) + Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га	218	+ 62	+ 40
Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$) Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га + + Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га	221	+ 65	+ 42

Поверхня збільшувалося з ростом і розвитком рослин і максимальних величин досягала до фази цвітіння з подальшим незначним зменшенням площі листкового апарату у наступні періоди вегетації. Зазначена залежність чітко простежується при обприскуванні рослин мікродобривом Мікро-Мінераліс (Цинк) в нормі внесення 1,5 л/га.

Інтенсивний тип живлення макроелементами та мікродобривами зумовлював підвищення врожайності зерна кукурудзи середньостиглого гібриду ЛГ 31330 (на 3,78–6,03 т/га) в порівнянні з контрольними ділянками де не вносились мінеральні добрива та не проводилось позакореневе підживлення мікродобривами.

В середньому за роки досліджень відмітимо позитивну дію мінеральних добрив, які вносились згідно схеми досліджень. Відмічено найкращий варіант внесення мінеральних добрив Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$) та проведення позакореневих підживлень мікродобривом Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га у фазу 3–5 листочків кукурудзи + Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га у фазу 7–9 листків кукурудзи. Урожайність зерна кукурудзи на данному варіанті був найвищий і становив – 10,05 т/га, що більше за контрольні ділянки на 6,03 т/га або на 150 % (Табл. 2).

Таблиця 2

Вплив мінеральних добрив і мікродобрив на урожайність зерна кукурудзи, (середнє 2025–2026 рр.)

Варіанти досліду	Урожайність зерна, т/га	+/- до контролю т/га	+/- до контролю %
Контроль (без добрив)	4,02	-	-
Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$)+ КАС ($N_{32}$)	7,80	+ 3,78	+ 94
Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$)	9,21	+ 5,19	+ 129
Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$) + Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га	9,47	+ 5,45	+ 136
Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$) Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га + + Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га	10,05	+ 6,03	+ 150

Таким чином, внесення мінеральних добрив до посіву кукурудзи та позакореневого обприскування мікродобривами сприяє суттєвому підвищенню врожайності зерна кукурудзи.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведені дослідження показали, що формування продуктивності кукурудзи визначається за умов мінерального живлення та сучасних гібридів інтенсивного типу вирощування.

Дієвим фактором збільшення висоти рослин кукурудзи виявився режим живлення мінеральних добрив та проведення позакореневих підживлень мікродобривоми. Висота рослин кукурудзи за внесення мінеральних добрив Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$) і проведення позакореневих обприскуваннь мікродобривом Мікро-Мінераліс (Цинк) у фазі 3–5 листків та у фазу 7–9 листків кукурудзи була на рівні 221 см, що на 65 см більше ніж на контрольному варіанті (без добрив).

Внесення мінеральних добрив Elixir Zorka ($N_{16}P_{20}S_{30}B_{0,5}$) + КАС ($N_{64}$) та проведення позакореневих підживлень мікродобривом Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га у фазу 3–5 листочків кукурудзи + Мікро-Мінераліс (Цинк) 1,5 л/га у фазу 7–9 листків кукурудзи сприяли отриманню врожайності зерна кукурудзи на рівні 10,05 т/га, що більше за контроль (без добрив) на 6,03 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Каменщук Б.Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 85–92. DOI: 10.31073/ kormovyrobnytstvo202089-08.

2. Дідур І.М., Циганський В.І., Телеватюк Б.І., Циганська О.І. Агроекологічне обґрунтування біологізації системи живлення кукурудзи: монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2026. – 286 с.

3. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Мартинюк А.Т., Бойко В.П. Винесення основних елементів живлення з ґрунту культурами польової сівозміни за різного удобрення. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. Вип. 91. Харків : ННЦ «ІҐА ім. О.Н. Соколовського». 2021. С. 31–40. DOI: https://doi.org/ 10.31073 /acss91-04

4. Паламарчук В.Д., Демчук Б.С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 60–76. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-5.

5. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Засвоєння елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив кукурудзою. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва.* 2019. Вип. 95, 1 ч. С. 76–89. DOI 10.31395/2415-8240-2019-95-1-76-89

6. Забарна Т. А. Економічна ефективність при вирощуванні гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах НДГ «Агрономічне» ВНАУ. *Сільське господарство та лісівництво.* 2023. № 26. С. 114–124. URL: http://nbuv. gov.ua/UJRN/ agf_2022_26_11

7. Вожегова Р.А., Белов Я.В. Удосконалення технології вирощування гібридів кукурудзи в умовах зрошення півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 2. С. 41–47. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-2(102)6

8. Крестьянінов Є.В., Єрмакова Л.М., Антал Т.В. Формування врожаю та якості зерна кукурудзи залежно від фону та позакореневого підживлення посівів в умовах Лівобережного Лісостепу. НУБіП. *Рослинництво та ґрунтознавство.* 2019. Том. 10. № 2. С. 18–26. DOI: https://doi.org/10.31548 /agr 2019.01.018

9. Юрченко С.О., Шакалій С.М., Баган А.В. Формування продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи за групами стиглості. *Аграрні інновації*. 2022а. № 113. С. 7–11. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.1.

10. Коваленко О., Ковбель А. Елементи живлення та стреси польових культур. *Пропозиція*. 2013. № 5 (215). С. 78–79.

11. Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В., Пащак М. О. Біологічні вимоги гібридів кукурудзи до умов вирощування в Західному Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2019. Вип. 65. С. 22–36. URL: http:/ /nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2019_65_5

12. Молдован В. Г., Молдован Ж. А. Ефективність використання цинку у позакореневому підживленні кукурудзи у західному Лісостепу України. *Зернові культури.* 2023. Том 7. № 1. С. 146–152. DOI https://doi.org/1 0.31867/ 2523-4544/0270

13. Богомаз С.О. Вивчення впливу густоти рослин і удобрення на урожайність гібридів кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво. 2024. № 2 (33). С. 209–220. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-2-17.

14. Ласло О.О., Олепір Р.В. Ефективність комплексного удобрення в технології вирощування кукурудзи. *Український журнал природничих наук* № 1. 2025. С. 170–177. DOI https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.18

15. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків, 2016. 316 с.

Дата першого надходження статті до видання: 01.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

УДК 639.3:636.085.2
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.37

РІСТ МОЛОДІ АФРИКАНСЬКОГО СОМА (CLARIAS GARIEPINUS) ЗА РІЗНИХ РІВНІВ АРГІНІНУ У КОМБІКОРМАХ

Вознюк Р.Р. *– д.філос.,*
асистент кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П.Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-4710-5371
Голубєва Т.А. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П.Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-2467-5972
Недашківський В.М. *– д.с.-г.н., професор,*
завідувач кафедри генетики, розведення та годівлі тварин,
Білоцерківський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5487-6807
Соболєв О.І. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри генетики, розведення та годівлі тварин,
Білоцерківський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-3239-0560
Позняковський Ю.В. *– к.с.-г.н.,*
науковий співробітник кафедри годівлі тварин та технології кормів
імені П.Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-0120-0296

Статтю присвячено вивченню впливу різних співвідношень аргініну до лізину у складі екструдованих комбікормів на інтенсивність росту, ефективність використання корму та збереженість молоді африканського сома (Clarias gariepinus). Дослідження виконано

© Вознюк Р.Р., Голубєва Т.А., Недашківський В.М., Соболєв О.І., Позняковський Ю.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

в межах державного наукового проєкту № 0124U000924. Експериментальну частину проведено у 2026 році на базі ТОВ «Аквафарм» в умовах рециркуляційної аквакультурної системи (РАС) за температури води 26°С протягом 28 діб. Об'єктом дослідження слугувала молодь африканського сома з початковою середньою масою 44,91–45,02 г. Сформовано три групи риб по 1500 екземплярів, які отримували ізоазотисті й ізоенергетичні комбікорми зі співвідношенням аргініну до лізину 0,65 (1-ша контрольна), 1,00 (2-га) та 1,34 (3-тя дослідна), де вміст аргініну регулювали внесенням L-аргініну.

За результатами досліджень зафіксовано, що оптимізація співвідношення аргінін/лізин до 1,00 у раціоні 2-ї групи забезпечила найкращі ростові показники молоді африканського сома. Середня маса риб на 28 добу в цій групі становила 190,22 г, що на 7,68 г перевищувало показник контролю (182,54 г), хоча виявлена різниця не мала статистичної значущості ($p > 0,05$). Аналогічні тенденції зафіксовано за абсолютним (145,20 г) та середньодобовим приростом (5,19 г проти 4,91 г у контролі). Водночас збільшення співвідношення аргінін/лізин до 1,34 у 3-й групі призвело до пригнічення росту: середня маса риб склала 179,40 г, що поступилося показникові 2-ї групи на 10,82 г із наявністю статистично достовірної різниці ($p < 0,05$).

Показник конверсії корму в 3-й групі становив 0,787, що був найнижчим порівняно з контролем (0,847) та 2-ю групою (0,821). Збереженість риб протягом експерименту залишалася на високому рівні в усіх групах (97,67–98,23 %).

Зроблено висновок, що для стимулювання ростових процесів та підвищення ефективності використання корму в годівлі молоді африканського сома (Clarias gariepinus) оптимальним є застосування комбікормів зі співвідношенням аргініну до лізину 1,00.

Ключові слова: *африканський сом (Clarias gariepinus), аргінін, лізин, співвідношення амінокислот, інтенсивність росту, конверсія корму.*

Vozniuk R.R., Holubieva T.A., Nedashkivskyi V.M., Sobolev O.I., Poznyakovsky Yu.V. Growth performance of juvenile african catfish (Clarias gariepinus) fed diets with different arginine levels

The article is devoted to studying the effect of different dietary arginine-to-lysine (Arg:Lys) ratios in extruded compound feeds on growth performance, feed utilization efficiency, and survival rate of juvenile African catfish (Clarias gariepinus). The study was carried out within the framework of state research project № 0124U000924. The experimental part was conducted in 2026 at "Aquafarm" LLC in a recirculating aquaculture system (RAS) at a water temperature of 26 °C for 28 days. The object of the study was juvenile African catfish with an initial average body weight of 44.91–45.02 g. Three groups of fish with 1500 individuals each were formed and fed isonitrogenous and isoenergetic compound feeds with Arg:Lys ratios of 0.65 (1st control group), 1.00 (2nd experimental group), and 1.34 (3rd experimental group), where the arginine level was adjusted by adding crystalline L-arginine.

According to the research results, optimizing the arginine-to-lysine ratio to 1.00 in the diet of the 2nd group provided the best growth performance of juvenile African catfish. The average body weight of fish on day 28 in this group reached 190.22 g, which exceeded the control group indicator (182.54 g) by 7.68 g, although the observed difference was not statistically significant ($p>0,05$). Similar trends were recorded for absolute weight gain (145.20 g) and average daily gain (5.19 g vs. 4.91 g in control). At the same time, increasing the arginine-to-lysine ratio to 1.34 in the 3rd group resulted in growth suppression: the average body weight of fish was 179.40 g, which was significantly lower than that of the 2nd group by 10.82 g ($p<0,05$).

The feed conversion ratio in the 3rd group was 0.787, which was the lowest compared to the control group (0.847) and the 2nd group (0.821). Fish survival during the experiment remained high across all groups (97.67–98.23 %).

It was concluded that to stimulate growth processes and improve feed efficiency in juvenile African catfish (Clarias gariepinus) feeding, compound feeds with an arginine-to-lysine ratio of 1.00 are optimal.

Key words: *African catfish (Clarias gariepinus), arginine, lysine, amino acid ratio, growth performance, feed conversion ratio.*

Актуальність теми дослідження. Аквакультура є важливою галуззю виробництва продовольства для забезпечення глобальної продовольчої та нутрієнтної безпеки з метою подолання проблем голоду та недоїдання. За загальною думкою

науковців та експертів зростаючий світовий попит та водні біоресурси неможливо покрити лише за рахунок вилову в природних водоймах через надмірні обсяги, зміну клімату, забруднення та неналежне ведення рибного господарства [1, 2]. Водночас обсяги продукції аквакультури та її частка у світовому забезпеченні рибою значно зросли й досягли 122,6 млн тонн, з яких 87,5 млн тонн припадає на водних тварин, а 35,1 млн тонн – на водорості [1]. Крім того, за останні 20 років обсяги виробництва в аквакультурі зросли більш ніж утричі, що супроводжувалося численними досягненнями у напрямку забезпечення сталості цього сектору [3]. Наразі частка аквакультури у світовому забезпеченні харчовою рибою перевищує 50 %, випереджаючи показники промислового рибальства, обсяги вилову якого протягом останніх років загалом знижувалися [1].

Разом з тим, серед різноманіття перспективних об'єктів аквакультури особливе місце посідає африканський сом (*Clarias gariepinus*). Завдяки своїм унікальним біологічним особливостям цей вид набув значного поширення та популярності в аквакультурі країн Африки [4], Азії [5] та Європи [6, 7].

Водночас ефективне культивування *C. gariepinus* в РАС потребує використання високоякісних і збалансованих комбікормів із достатнім рівнем протеїну, необхідного для забезпечення високих темпів росту та реалізації продуктивного потенціалу риб [8]. Потреба кларієвого сома у протеїні та його поживна цінність досліджувалися в низці наукових робіт [9, 10, 11, 12], однак ефективність його використання значною мірою залежить від амінокислотного складу корму та збалансованості незамінних амінокислот [12, 13].

Дисбаланс незамінних амінокислот може потенційно призвести до зниження темпів росту та збільшення викиду метаболічних сполук азоту в навколишнє середовище [8]. Хоча в природі існує понад 200 різних типів амінокислот, лише 10 з них вважаються незамінними (або необхідними) для риб. Ці незамінні амінокислоти включають метіонін, аргінін, треонін, триптофан, гістидин, ізолейцин, лізин, лейцин, валін та фенілаланін, які не можуть синтезуватися рибою в достатніх кількостях для задоволення потреб клітин, тому їх необхідно отримувати з кормами [8, 13]. Отримання високих ростових показників *C. gariepinus* можливе лише за умови використання протеїну з оптимальним співвідношенням незамінних амінокислот.

Однак потреби африканського сома в окремих незамінних амінокислотах залишаються недостатньо вивченими. Окремі дослідження були присвячені визначенню потреб *C. gariepinus* у таких амінокислотах, як лізин [14, 15] та метіонін [16, 17], що підтверджує важливість оптимізації амінокислотного складу комбікормів. Водночас дані щодо потреби африканського сома в інших незамінних амінокислотах, зокрема аргініні, є обмеженими, що зумовлює необхідність подальших досліджень у цьому напрямі.

Постановка проблеми. Аргінін – незамінна амінокислота для оптимального росту риб. Він відіграє важливу фізіологічну роль і визнаний незамінною в раціоні багатьох видів риб і є найбільш універсальною амінокислотою для риб [12]. Дефіцит аргініну в раціоні призводить до уповільнення росту та поганого засвоювання білка, як показано у кижуча (*Oncorhynchus kisutch*) [18], європейського морського окуня (*Dicentrarchus labrax*) [19] та індійського великого коропа (*Cirrhinus mrigala*) [20].

Вміст аргініну є обмеженим у деяких джерелах рослинного протеїну, таких як кукурудзяне борошно, а також у раціонах на основі зеїну чи казеїну, тому потреба в цій амінокислоті має задовольнятися за рахунок її екзогенного надходження

з кормом [21]. Було показано, що внесення аргініну стимулює ріст та покращує ефективність засвоєння корму у багатьох видів риб. Залежно від видової специфіки, потреба в аргініні коливається від 1,0 % до 3,1 % сухої маси раціону, що відповідає 3,8–8,1 % від вмісту сирого протеїну [22].

Дослідження показали, що аргінін у раціоні відіграє фундаментальну роль у загальній активності імунної системи риб [23, 24]. Встановлено, що збагачення раціону аргініном у кількості, яка вдвічі перевищує норму, необхідну для оптимального росту, сприяє підвищенню виживаності канального сома (*Ictalurus punctatus*) після інфікування *Edwardsiella ictaluri* [25]. Внесення добавок аргініну стимулює макрофаги до секреції цитокінів – процес, який також опосередковується поліамінами [26]. Помірне надходження аргініну з кормом є оптимальним для посилення фагоцитозу, тоді як його вищі дози сприяють зростанню вмісту гемоглобіну, гематокриту та кількості еритроцитів у периферичній крові [25].

Водночас ефективність використання аргініну в організмі риб може залежати не лише від його абсолютного вмісту в кормі, а й від співвідношення з іншими амінокислотами, зокрема лізином. Аргінін і лізин мають подібні шляхи транспорту та метаболічні взаємозв'язки, унаслідок чого надлишок однієї з них потенційно може впливати на засвоєння та використання іншої [27]. Водночас характер і вираженість такої взаємодії можуть відрізнятися залежно від виду риб та рівня амінокислот у раціоні [28, 29, 30].

Водночас, незважаючи на важливу роль аргініну в забезпеченні росту, білкового обміну та фізіологічних функцій риб, питання його потреби в раціонах *C. gariepinus* залишається недостатньо вивченим. Кількість досліджень, безпосередньо присвячених визначенню потреби африканського сома в аргініні, є обмеженою, а наявні дані значною мірою отримані в дослідженнях попередніх років [31, 32].

З огляду на сучасні підходи до рецептури комбікормів та необхідність точного балансування амінокислотного складу раціонів, дослідження потреби *C. gariepinus* в аргініні залишається актуальним напрямом досліджень.

Методика досліджень. Дослідження проводились в межах державного наукового проєкту № 0124U000924. Дослідження впливу різних рівнів аргініну в комбікормах для африканського сома (*Clarias gariepinus*) проведено у 2026 р. на базі ТОВ «Аквафарм» (м. Васильків, Київська обл., Україна).

З метою оцінки впливу співвідношення аргініну до лізину у раціоні на інтенсивність росту та ефективність використання корму *C. gariepinus* було сформовано три дослідні групи риб. Особини контрольної (1-ї) групи отримували комбікорм з співвідношення аргініну до лізину 0,65. У раціонах 2-ї та 3-ї дослідних груп це співвідношення оптимізували до 1,00 та 1,34 відповідно. Тривалість досліду становила 28 діб від початкової середньої маси близько 45 г (табл. 1).

Таблиця 1

Схема досліду

Показник	Група		
	1	дослідні	
	контрольна	2	3
Вміст аргініну в кормі по відношенню до лізину, %	66	100	134
Кількість риб у досліді, екз.	1500	1500	1500
Середня маса 1 екз. риб на початку досліду, г	45	45	45

На початку досліду для кожної групи за принципом аналогів відібрали по 1500 екз. риб з початковою середньою масою 45,02–44,91 г, яких утримували у круглих басейнах робочим об'ємом 1 м³, діаметром 1,5 м і висотою 0,75 м. Щільність посадки на початку досліду становила 67,37–67,53 кг/м³.

Піддослідних риб вирощували у рециркуляційній аквакультурній системі (РАС), яка складалася з круглих басейнів, фільтра механічного очищення, сумматора та фільтра біологічного очищення. Водообмін у системі відбувався один раз на годину, щоденна підміна води становила 10 % об'єму системи. Температуру води в РАС протягом усього досліду підтримували на рівні 26°С. що відповідає умовам вирощування молоді кларієвого сома. Контроль температури проводився щоденно. Тривалість досліду становила 28 діб.

Добова норма згодовування комбікорму для піддослідних риб становила 4,5 % від маси риб. Розмір гранул комбікорму – 3,0 мм.

Хімічний склад комбікормів визначали в лабораторії кафедри годівлі тварин та технології кормів ім. П. Д. Пшеничного Національного університету біоресурсів і природокористування України з використанням стандартних методик відповідно до чинних державних стандартів України.

Вміст сухої речовини та вологи у комбікормах визначали методом висушування у сушильній шафі СНОЛ 58/350: загальну вологу – за температури 65 ± 2°С, гігроскопічну вологу – за температури 103 ± 2°С. Вміст сирої золи визначали методом сухого озолення у муфельній печі SNOL-8.2/1100 за температури 550 ± 20°С.

Загальний азот визначали за методом К'єльдаля: озолення проводили на блоці Gerhardt Turbotherm TT-625, дистиляцію – на напівавтоматичному паровому дистиляторі VELP Scientifica UDK139. Вміст сирого протеїну розраховували за коефіцієнтом 6,25.

Вміст сирого жиру визначали методом Сокслета на апараті Gerhardt Soxtherm SOX 412, як екстрагент використовували діетиловий ефір. Сиру клітковину визначали за методом Геннеберга і Штомана шляхом послідовного промивання зразків у розведеній сірчаній кислоті та розчині гідроксиду калію з використанням апарата Gerhardt FibreBag-System FBS6.

Вміст безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) визначали розрахунковим методом як різницю між вмістом органічної речовини та сумою сирого протеїну, сирого жиру і сирої клітковини.

Вміст амінокислот визначали на автоматичному аналізаторі амінокислот ААА Т-339 після кислотного гідролізу білка 6 М розчином хлористоводневої кислоти протягом 24 год за температури 110°С. Для калібрування та кількісної оцінки хроматограм використовували стандартні розчини амінокислот Lachema. Вміст триптофану визначали окремо після лужного гідролізу зразків (4 М NaOH, 100–110°С) із подальшим іонообмінно-хроматографічним розділенням на тому самому аналізаторі з флуориметричним детектуванням (λ збудження = 280 нм).

Наприкінці досліду було проведено зважування риб із використанням лабораторних електронних ваг AXIS AD 500. Обліку підлягала вибірка, що становила щонайменше 10 % від загальної чисельності особин у кожній групі. За результатами зважувань визначали збереженість поголів'я, абсолютний та середньодобовий прирости, відносний приріст, споживання корму та витрати корму на 1 кг приросту.

Обробку біометричних даних проводили на персональному комп'ютері з використанням програми Statistica 10. Достовірність відмінностей між групами оцінювали

за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з подальшим використанням критерію множинних порівнянь Тьюкі HSD та Тьюкі-Крамера як пост-хок тесту. Нормальність розподілу вибіркових даних перевіряли за допомогою критерію Шапіро-Вілка та P-plot (ймовірнісного графіка). У разі, якщо розподіл даних істотно відрізнявся від нормального, застосовували непараметричний критерій Манна–Уїтні. Різницю між групами вважали статистично достовірною при $p < 0,05$.

Результати досліджень. Під час проведення досліду рибу годували трьома ізоазотистими та ізоенергетичними екструдованими комбікормами, збалансованими відповідно до потреб *C. gariepinus* у період вирощування від 45 г до до закінчення дослідного періоду. Комбікорми відрізнялися лише за вмістом аргініну, рівень якого регулювали внесенням кристалічного L-аргініну. При цьому співвідношення аргінін:лізин становило 0,65 у комбікормі для 1-ї (контрольної) групи, 1,00 – для 2-ї та 1,34 – для 3-ї дослідної групи. Решта компонентів рецептури була однаковою для всіх груп. Рецептуру досліджуваних комбікормів наведено у таблиці 2, а їх хімічний склад та поживну цінність – у таблиці 3.

Таблиця 2

Рецепти досліджуваних комбікормів

Показник	Групи		
	1 контрольна	дослідні	
		2	3
Рибне борошно	25,221	25,221	25,221
Висівки пшеничні	2,702	2,702	2,702
Зерно пшениці	9,728	9,980	10,215
Кров'яне борошно	7,386	5,693	4,053
Високобілковий соняшниковий концентрат	7,882	7,882	7,882
Соєвий шрот	7,882	7,882	7,882
Премікс	1,982	1,982	1,982
Кормові дріжджі	3,603	3,603	3,603
Зерно кукурудзи	11,710	11,710	11,710
Альгімун (сульфатовані полісахариди)	0,180	0,180	0,180
Сіль кухонна	0,090	0,090	0,090
L-лізин	1,802	1,802	1,802
DL-метіонін	0,901	0,901	0,901
L-Аргінін 98,5 %	0,000	1,441	2,846
Глютен пшеничний	9,008	9,008	9,008
Соєва олія	0,901	0,901	0,901
Фосфатидний концентрат соняшниковий	0,901	0,901	0,901
Риб'ячий жир	4,053	4,053	4,053
Жир кормовий	4,053	4,053	4,053
Антиоксидант	0,015	0,015	0,015
Разом	100	100	100

Початкова маса піддослідних особин у всіх групах була однорідною та статистично не мала істотних відмінностей, коливаючись у межах від 44,91 до 45,02 грамів (табл. 4).

Таблиця 3

Хімічний склад та поживна цінність досліджуваних комбікормів

Показник	Групи		
	1 контрольна	дослідні	
		2	3
Суха речовина, %	90,00	90,00	90,00
Валова енергія, МДж	1,731	1,731	1,731
Сирий протеїн, %	42,093	42,092	42,098
у сирому протеїні міститься, %:			
лізин	4,379	4,368	4,358
гістидин	1,419	1,411	1,402
аргінін	2,867	4,352	5,819
треонін	2,187	2,182	2,176
метіонін	3,128	3,123	3,118
валін	2,745	2,733	2,722
фенілаланін	2,712	2,703	2,694
ізолейцин	1,905	1,903	1,901
лейцин	4,099	4,082	4,067
Сирий жир, %	12,132	12,133	12,133
Сира клітковина, %	2,125	2,125	2,126
БЕР, %	24,763	24,772	24,775
Сира зола, %	6,982	6,981	6,980

Таблиця 4

Продуктивні показники молоді кларієвого сома за різного співвідношеннння аргініту до лізину

Показник	Групи		
	1 контрольна	Дослідні	
		2	3
Досліджуваний фактор: аргінін/лізин, %	66	100	134
Збереженість риб, %	98,23	98,00	97,67
Маса риб на початку досліду (x±SD, n=1500), г	45,02±2,907	45,02±2,854	44,91±2,840
Маса риб на 28 добу досліду (x±SD, n=150), г	182,54±29,797^{ab}	190,22±27,592^{a}	179,40±32,337^{b}
Абсолютний приріст, г	137,52	145,20	134,49
Середньодобовий приріст, г	4,91	5,19	4,80
Відносний приріст, %	120,86	123,45	119,91
Витрати корму на 1 кг приросту, кг	0,847	0,821	0,787

Примітки: Значення з різними надрядковими літерами (a, b) у межах одного рядка достовірно різняться при $p < 0,05$ (критерій Тьюкі HSD).

У результаті проведених досліджень зафіксовано, що особини 2-ї групи, які отримували комбікорм із співвідношенням аргініну до лізину 1,00, за середньою масою тіла переважали рибу контрольної групи, якій згодовували комбікорм з співвідношенням агрініну до лізину 0,65, на 7,68 грамів. Попри тенденцію до збільшення даного показника, виявлена розбіжність виявилася статистично незначущою ($p > 0,05$).

Разом із цим у 3-й дослідній групі, особини якої споживали комбікорм із співвідношенням аргініну до лізину 1,34, спостерігалися дещо нижчі показники росту. Зокрема, середня маса риб у цій групі була меншою за контроль на 3,14 грамів, що також не мало статистичної значущості ($p > 0,05$). Проте між 2-ю та 3-ю дослідними групами зафіксовано статистично достовірну різницю: середня маса риб 3-ї групи поступилася показникові 2-ї групи на 10,82 грамів ($p < 0,05$).

Показники абсолютного приросту маси риби характеризувалися аналогічною тенденцією. Особини 3-ї дослідної групи поступалися за цим параметром контролю на 3,03 грамів, а 2-й дослідній групі – на 10,71 грамів. Разом із цим, риба 2-ї групи перевищувала контрольну за абсолютним приростом маси на 7,68 грамів.

Аналіз середньодобового приросту показав, що найкращі результати спостерігалися у 2-й дослідній групі, де цей показник становив 5,19 грамів. Це на 0,28 грамів перевищувало значення контрольної групи та на 0,39 грамів – показник 3-ї дослідної групи.

Щодо відносного приросту маси риби, то найвищий показник зафіксовано у 2-й дослідній групі, де він становив 123,45 %. У контрольній групі цей параметр складав 120,86 %, тоді як найнижче значення спостерігалося у 3-й дослідній групі – 119,91 %.

За результатами досліджень виявлено відмінності у показниках конверсії корму між дослідними та контрольною групами. Зокрема, найкращий коефіцієнт конверсії корму спостерігався у 3-й дослідній групі й становив 0,787, що на 0,060 менше порівняно з контролем та на 0,034 нижче порівняно з 2-ю групою.

Збереженість риб залишалася на високому рівні впродовж усього експериментального періоду. У контрольній групі цей показник був найвищим і становив 98,23 %. У 2-й дослідній групі збереженість поступалася контролю на 0,23 %, а в 3-й групі – на 0,56 %.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що використання комбікорму зі співвідношенням аргініну до лізину 1,00 забезпечило найкращі ростові показники африканського сома (*Clarias gariepinus*), перевищивши контроль за середньою масою на 7,68 г ($p > 0,05$), та сприяло покращенню конверсії корму. Згодовування ж раціону зі співвідношенням аргініну до лізину 1,34 призвело до пригнічення росту риби, унаслідок чого середня маса особин 2-ї групи достовірно переважала показник 3-ї групи ($p < 0,05$).

Таким чином, для стимулювання ростових процесів та підвищення ефективності використання корму в годівлі кларієвого сома найкраще застосовувати співвідношення аргініну до лізину 1,00.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. The state of world fisheries and aquaculture 2022. FAO, 2022. URL: https://doi.org/10.4060/cc0461en

2. Climate change effects on aquaculture production: sustainability implications, mitigation, and adaptations / S. Maulu et al. *Frontiers in sustainable food systems*. 2021. Vol. 5. URL: https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.609097

3. A 20-year retrospective review of global aquaculture / R. L. Naylor et al. Nature. 2021. Vol. 591, no. 7851. P. 551–563. URL: https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6

4. Addressing catfish (clarias spp.) supply gap in nigeria: a perspective on strategies for sustainable aquaculture growth / K. Srikulnath et al. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, no. 21. P. 9645. URL: https://doi.org/10.3390/su17219645

5. Sustainable aquaculture in thailand: balancing economic growth and ecological integrity with north african catfish integration / K. Srikulnath et al. Aquaculture research. 2025. Vol. 2025, no. 1. URL: https://doi.org/10.1155/are/2688051

6. Proteau J.-P., Hilge V., Linhart O. État actuel et perspectives de la production aquacole des poissons-chats (Siluroidei) en Europe. *Aquatic living resources*. 1996. Vol. 9. P. 229–235. URL: https://doi.org/10.1051/alr:1996057

7. Pasch J., Palm H. W. Economic analysis and improvement opportunities of african catfish (clarias gariepinus) aquaculture in northern germany. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, no. 24. P. 13569. URL: https://doi.org/10.3390/su132413569

8. Nutritional requirements and effect of culture conditions on the performance of the African catfish (Clarias gariepinus): a review / S. Langi et al. Cogent food & agriculture. 2024. Vol. 10, no. 1. URL: https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2302642

9. Determination of optimum dietary crude protein requirement for maximum growth of african catfish (clarias gariepinus) / M. R. Ali et al. *Sarhad journal of agriculture*. 2024. Vol. 40, no. 2. URL: https://doi.org/10.17582/journal.sja/2024/40.2.595.602

10. Ahmad M. H. Response of African Catfish,Clarias gariepinus, to Different Dietary Protein and Lipid Levels in Practical Diets. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2008. Vol. 39, no. 4. P. 541–548. URL: https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00178.x

11. Wilson R. P., Moreau Y. Nutrient requirements of catfishes (Siluroidei). *Aquatic living resources*. 1996. Vol. 9. P. 103–111. URL: https://doi.org/10.1051/alr:1996045

12. Nutrient requirements of fish. Washington, D.C. : National Academies Press, 1993. URL: https://doi.org/10.17226/2115

13. Miles R. D., Chapman F. A. Benefits of fish meal in aquaculture diets. *Edis*. 2006. Vol. 2006, no. 12. URL: https://doi.org/10.32473/edis-fa122-2006

14. Dietary lysine requirement of the african catfish,clarias gariepinus / O. A. Fagbenro et al. *Journal of applied aquaculture*. 1998. Vol. 8, no. 2. P. 71–77. URL: https://doi.org/10.1300/j028v08n02_07

15. Nutritional requirements and effect of culture conditions on the performance of the African catfish (*Clarias gariepinus*): a review / S. Langi et al. *Cogent food & agriculture*. 2024. Vol. 10, no. 1. URL: https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2302642

16. Fagbenro O. A., Balogun A. M., Fasakin E. A. Dietary methionine requirement of the african catfish,clarias gariepinus. *Journal of applied aquaculture*. 1999. Vol. 8, no. 4. P. 47–54. URL: https://doi.org/10.1300/j028v08n04_06

17. Quantifying methionine requirement of juvenile African catfish (Clarias gariepinus) / F. E. Elesho et al. *Aquaculture*. 2021. Vol. 532. P. 736020. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736020

18. Luzzana U., Hardy R. W., Halver J. E. Dietary arginine requirement of fingerling coho salmon (Oncorhynchus kisutch). *Aquaculture*. 1998. Vol. 163, no. 1-2. P. 137–150. URL: https://doi.org/10.1016/s0044-8486(98)00228-2

19. Tibaldi E., Tulli F., Lanari D. Arginine requirement and effect of different dietary arginine and lysine levels for fingerling sea bass (Dicentrarchus labrax). *Aquaculture*. 1994. Vol. 127, no. 2-3. P. 207–218. URL: https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90427-8

20. Sveier H., Raae A. J., Lied E. Growth and protein turnover in Atlantic salmon (Salmo salar L.); the effect of dietary protein level and protein particle size. *Aquaculture*. 2000. Vol. 185, no. 1-2. P. 101–120. URL: https://doi.org/10.1016/s0044-8486(99)00344-0

21. Mai K., Mercer J. P., Donlon J. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, Haliotis tuberculata L. and Haliotis discus hannai Ino. Aquaculture. 1994. Vol. 128, no. 1-2. P. 115–130. URL: https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90107-4

22. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, D.C. : National Academies Press, 2011. URL: https://doi.org/10.17226/13039

23. Quantitative arginine requirement of Atlantic salmon (Salmo salar) reared in sea water / S. P. Lall et al. *Aquaculture*. 1994. Vol. 124, no. 1-4. P. 13–25. URL: https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90350-6

24. Effects of dietary arginine on hematological parameters and innate immune function of channel catfish / J. A. Buentello et al. *Journal of aquatic animal health*. 2007. Vol. 19, no. 3. P. 195–203. URL: https://doi.org/10.1577/h07-004.1

25. Buentello J. A., Gatlin D. M. The dietary arginine requirement of channel catfish (Ictalurus punctatus) is influenced by endogenous synthesis of arginine from glutamic acid. *Aquaculture*. 2000. Vol. 188, no. 3-4. P. 311–321. URL: https://doi.org/10.1016/s0044-8486(00)00344-6

26. Dietary arginine requirement of juvenile yellow grouper Epinephelus awoara / Q.-C. Zhou et al. *Aquaculture*. 2012. Vol. 350-353. P. 175–182. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.042

27. Evaluating the impact of arginine-to-lysine ratios on growth performance, antioxidant defense, and immune modulation in juvenile largemouth bass (micropterus salmoides) / Y. Sun et al. *Animals*. 2025. Vol. 15, no. 13. P. 1947. URL: https://doi.org/10.3390/ani15131947

28. Effects of dietary arginine and lysine levels on growth performance and biochemical parameters of juvenile Japanese flounder Paralichthys olivaceus / M. S. Alam et al. *Fisheries science*. 2002. Vol. 68, no. 3. P. 509–516. URL: https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00455.x

29. Effects of different arginine/lysine level on growth performance, body composition and digestive enzyme activity of Macrobrachium rosenbergii / X. J. Dong et al. *Aquaculture nutrition*. 2018. Vol. 24, no. 3. P. 1101–1111. URL: https://doi.org/10.1111/anu.12649

30. Berge G. E., Sveier H., Lied E. Effects of feeding Atlantic salmon (Salmo salar L.) imbalanced levels of lysine and arginine. *Aquaculture nutrition*. 2002. Vol. 8, no. 4. P. 239–248. URL: https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2002.00211.x

31. Fagbenro O. A., Nwanna L. C., Adebayo O. T. Dietary arginine requirement of the african catfish,clarias gariepinus. Journal of applied aquaculture. 1999. Vol. 9, no. 1. P. 59–64. URL: https://doi.org/10.1300/j028v09n01_05

32. Singh S., Khan M. A. Dietary arginine requirement of fingerling hybridClarias(Clarias gariepinus×Clarias macrocephalus). *Aquaculture research*. 2006. Vol. 38, no. 1. P. 17–25. URL: https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01618.x

Дата першого надходження статті до видання: 25.10.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 613.2:546.3:595.7
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.38

МІНЕРАЛЬНА ЦІННІСТЬ ТА БЕЗПЕЧНІСТЬ ЛИЧИНОК ЧОРНОЇ ЛЬВИНКИ (*HERMETIA ILLUCENS*)

Голембовська Н.В. *– к.т.н., доцент кафедри технології м'ясних рибних та морепродуктів,*
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0001-8159-4020
Статкевич О.І. *– доктор філософії (PhD),*
старший викладач кафедри ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-7157-4912
Коломієць Ю.В. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри екобіотехнології та біорізноманіття,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-1919-6336
Баль І.М. *– доктор філософії (PhD),*
асистент кафедри аквакультури,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0009-0007-1608-5263
Кононенко Р.В. *– к.вет.н.,*
доцент кафедри гідробіології та іхтіології,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-7818-2583

У статті обґрунтовано перспективність використання їстівних комах як альтернативного джерела поживних і біологічно активних речовин у виробництві харчових продуктів. Метою дослідження було комплексне оцінювання мінерального складу личинок чорної львинки (Hermetia illucens), визначення вмісту макро- та мікроелементів, а також оцінювання показників безпечності за концентраціями токсичних елементів і радіонуклідів. Досліджували зразки чорної львинки китайського походження та сировину, вирощену в умовах Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Визначення мінеральних елементів проводили методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії після попереднього сухого озолення. Виявлено суттєві відмінності мінерального профілю між зразками різного походження. Зокрема, у власноруч вирощеній сировині відзначено підвищений вміст магнію та цинку, тоді як концентрації кальцію, міді, марганцю та хрому були нижчими порівняно з китайським зразком.

Встановлено, що за окремими мінеральними елементами 100 г сировини може забезпечувати понад 100 % розрахункової 10 % добової потреби дорослого населення. Оцінювання безпечності показало відсутність виявленого миш'яку та низький рівень стронцію. Водночас встановлено необхідність контролю вмісту свинцю та кадмію перед використанням ентомологічної сировини у харчовому виробництві.

Порівняння з літературними даними підтвердило значну залежність мінерального складу H. illucens L. від виду, кормового субстрату, умов вирощування, стадії розвитку та способу підготовки сировини. Отримані результати підтверджують перспективність

© Голембовська Н.В., Статкевич О.І., Коломієць Ю.В., Баль І.М., Кононенко Р.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

чорної львинки як альтернативного джерела мінеральних речовин і сировини для створення функціональних харчових продуктів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення біодоступності мінеральних елементів, амінокислотного та жирнокислотного складу, вмісту біоактивних сполук і впливу технологічних способів оброблення на харчову цінність та безпечність ентомологічної сировини.

Ключові слова: *їстівні комахи, Hermetia illucens L., ентомологічна сировина, мінеральний склад, макроелементи, мікроелементи, токсичні елементи, радіонукліди.*

Holembovska N.V., Statkevych O.I., Kolomiiets Yu.V., Bal I.M., Kononenko R.V. Mineral value and safety of Hermetia illucens larvae

The article substantiates the prospects for using edible insects as an alternative source of nutrients and bioactive substances in the production of food products. The aim of the study was a comprehensive assessment of the mineral composition of Hermetia illucens larvae, determination of the content of macro- and microelements, and assessment of safety indicators in terms of concentrations of toxic elements and radionuclides. Samples of the black lionfish of Chinese origin and raw materials grown in the conditions of the National University of Life Resources and Environmental Sciences of Ukraine were studied.

Determination of mineral elements was performed using atomic absorption spectrophotometry after preliminary dry ashing. Significant differences in the mineral profile between samples of different origins were found. In particular, in the home-grown raw materials, an increased content of magnesium and zinc was noted, while the concentrations of calcium, copper, manganese and chromium were lower compared to the Chinese sample.

It was found that for individual mineral elements, 100 g of raw material can provide more than 100% of the estimated 10% daily requirement of the adult population. The safety assessment showed no detected arsenic and a low level of strontium. At the same time, the need to control lead and cadmium content before using entomological raw materials in food production was established.

Comparison with literature data confirmed the significant dependence of the mineral composition of H. illucens L. on the species, feed substrate, growing conditions, development stage and method of preparation of raw materials. The results confirm the potential of black lionfish as an alternative source of minerals and raw materials for the development of functional food products.

Further research should be directed to determining the bioavailability of mineral elements, amino acid and fatty acid composition, content of bioactive compounds and the influence of technological processing methods on the nutritional value and safety of entomological raw materials.

Key words: *edible insects, Hermetia illucens L., entomological raw materials, mineral composition, macroelements, microelements, toxic elements, radionuclides.*

Актуальність теми дослідження. Проблема гарантування продовольчої безпеки та переходу до принципів сталого сільськогосподарського виробництва набуває дедалі більшого значення у глобальному масштабі [1]. Традиційні моделі отримання харчової продукції характеризуються значним ресурсним навантаженням і можуть негативно впливати на навколишнє середовище через високий рівень викидів парникових газів, значне споживання води та використання земельних ресурсів. У зв'язку з цим особливу увагу дослідників і представників харчової промисловості привертають альтернативні джерела білка, які розглядаються як один із перспективних напрямів формування більш стійких продовольчих систем [2].

Історично склалося так, що багато культур у різних частинах світу зробили комах частиною свого раціону. Найдавніші зафіксовані згадки про людей, які їли комах, датуються VIII століттям до нашої ери на Близькому Сході. За останніми оцінками, приблизно 2111 видів комах споживається приблизно у 140 країнах [3], а ентомофагія задокументована по всьому світу: в Азії та Австралії, а також в Африці та Америці [4, 5].

Проблеми продовольчої безпеки стимулюють дослідження різних альтернативних джерел їжі для людей (комахи, гриби, культивоване м'ясо, мікро- та макроводорості) та кормів для тварин (комахи, побічні продукти харчового виробництва,

біопаливні побічні продукти), які є поживними та можуть бути отримані сталим шляхом [6]. Комахи дедалі ширше розглядаються як перспективне джерело харчового білка та кормової сировини, а їх промислове масове культивування інтенсивно розвивається та набуває широкого поширення у світовій біоекономіці.

Членистоногі характеризуються вирізняються високою ефективністю конверсії корму, швидкими темпами росту та низьким екологічним слідом, що робить їх перспективною альтернативою традиційному тваринництву. Крім того, харчова цінність комах, зокрема високий вміст білка, жирних кислот, вітамінів і мінералів, підтверджує доцільність їх інтеграції у раціон людини та використання як кормової бази для тварин. Це відкриває можливості для вирішення проблеми забезпечення населення якісними продуктами харчування без шкоди для екології.

Промислове культивування їстівних комах характеризується значно вищою ефективністю використання земельних ресурсів у порівнянні з традиційними джерелами білка [7]. Для отримання 1 кг білка з комах потрібно у 2–10 разів менше сільськогосподарських угідь, ніж для виробництва такої ж кількості білка зі свинини чи великої рогатої худоби [8].

Крім того, викиди парникових газів від вирощування комах є значно нижчими, ніж у випадку традиційного тваринництва [9]. Наприклад, свині продукують у 10–100 разів більше парникових газів на 1 кг маси, ніж борошняні черв'яки (FAO, 2013) [10].

Комахи як стійке джерело білка, яких можна вирощувати цілий рік. Більша частина їхнього тіла їстівна, вони мають високу плодючість та темпи росту, і вони ефективно перетворюють свої субстрати на масу тіла. Приблизно 80 % маси цвіркуна придатне для споживання, тоді як у курей та свиней цей показник становить близько 55 %, а у великої рогатої худоби – лише 40 %. За даними Imathiu [11], цвіркуни удвічі ефективніше перетворюють корми на білок, ніж свійська птиця, та значно переважають свиней і велику рогату худобу – у чотири та дванадцять разів відповідно. Важливо й те, що розведення комах не потребує великих площ, що забезпечує гнучкість їхнього вирощування як у сільських, так і в міських умовах [12].

Отже, ентомологічна харчова сировина є перспективним альтернативним джерелом білка та важливим компонентом сталих продовольчих систем. Вони характеризуються високою ефективністю конверсії корму, швидким ростом, значною часткою їстівної біомаси та меншим використанням земельних ресурсів порівняно з традиційним тваринництвом. Висока харчова цінність комах, зокрема вміст білка, жирних кислот, вітамінів і мінеральних речовин, обумовлює доцільність їх використання у харчуванні людини. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оцінювання поживної цінності, безпечності та можливостей застосування ентомологічної сировини у виробництві харчових продуктів.

Постановка проблеми. Однією з найбільш значущих проблем сучасного світу залишається гарантування населення достатніми обсягами продовольства та зменшення масштабів голоду. Загострення цієї проблеми пов'язане передусім із постійним збільшенням світової чисельності населення, нерівномірністю забезпечення регіонів природними ресурсами та істотними відмінностями в рівні доступу до харчових продуктів у різних частинах світу [13]. Недостатнє харчування, спричинене зокрема бідністю та воєнними конфліктами, серйозно погіршує стан здоров'я мільйонів людей [14]. Водночас інша крайність – надмірне або незбалансоване споживання їжі – призводить до ожиріння та розвитку неінфекційних захворювань.

Комплексне вирішення цих викликів потребує не лише зростання обсягів виробництва продуктів харчування, а й просування ідей здорового харчування та

раціональної дієти [15]. У цьому контексті пошук нових, нетрадиційних джерел білка набуває надзвичайної актуальності – це вже не лише перспективний науковий напрям, а вимога часу [16].

Науковці розглядають комах [17], як потенційно важливе джерело білку, жирів, амінокислот, жирних кислот і харчових волокон для використання у виробництві харчових продуктах та отримання з них різних видів порошків, паст, борошна, рослинної олії [18].

Аналіз літературних джерел показав, що борошно з комах є сировиною, яка на даний час найширше використовується у харчовій промисловості [17–20]. Борошно із цвіркунів (переклад з анг. – *Cricketflour*) – це сировина з підвищеним вмістом білку, яка має колір від сіруватого до коричневого та ніжно-горіховий смак.

Розробкою борошна із цвіркунів займаються вчені з Америки [19], Киргизстану, Азії, Африки, на разі в Україні вирощування цвіркунів відбувається на фермі в місті Запоріжжя. В світовій практиці для борошна із цвіркунів зазвичай використовується домашній цвіркун (*Achetadomesticus*). Цвіркуни вирощують на так званих фермах. Так, компанія Aspire (США) вирощує цвіркунів на фермах великих за площею; всі способи вирощування є автоматизовані [21]. Цвіркуни вирощують на вертикальних фермах, яка оснащені сенсорами та автоматичними системами. За допомогою роботизованого модуля цвіркуни отримають ідеально розраховані обсяги їжі.

Перед виготовленням борошна та визначенням його реологічних властивостей автори RaquelLucas-González [18], Dorothy K. Murugu [19], Zieli´nska, E [22] зазначають, що цвіркуни попередньо заморожуються при температурі -20°C, протягом 48 годин і ліофілізуються. Далі комах подрібнюють за допомогою млина, і отримане борошно просіюють через сито з отворами не менше 20 мм.

У роботі Геліха А. О. проведено оцінювання якісних характеристик соусів, рецептури яких передбачають використання альтернативних джерел білка з урахуванням специфічних потреб військового харчування. У дослідженні розглянуто вплив білкових компонентів рослинного та нетрадиційного походження, серед яких білки комах і білкові інградієнти. Основним напрямом роботи було створення емульсійного соусу типу айолі на основі гарбузової олії та білкового ізоляту, отриманого зі шроту насіння гарбуза, з подальшим визначенням його якісних і безпекових характеристик [23].

Накопичення токсичних металів у їстівних комах залежить від ряду чинників: виду металу, біологічних особливостей комах, стадії їх розвитку, складу субстрату та рівня забруднення довкілля [24–26]. Дослідження показали, що чорна львинка і польовий цвіркун (*Gryllus assimilis*), які мають значний комерційний потенціал, здатні накопичувати кадмій [27, 28]. Крім того, личинки чорної львинки можуть акумулювати свинець за вирощування на субстратах із високим його вмістом [29], а підвищені концентрації цього металу виявлено також у сушених коніках із мексиканського штату Оахака.

Щодо миш'яку, експериментальні дані свідчать про різні механізми його метаболізму: чорна львинка виводить більшу частину спожитого елемента, тоді як личинки хрущака борошняного (*Tenebrio molitor*) схильні його накопичувати, що становить потенційний ризик для безпеки харчових продуктів [30].

Стадія личинки охоплює значну частину різноманіття видів їстівних комах, які використовуються людиною в різних регіонах світу. Личинки є цінним джерелом високоякісного білка, ліпідів, вітамінів і мінеральних речовин, а їх вирощування та споживання відіграють важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки та

засобів до існування населення в багатьох регіонах. Серед відомих прикладів можна назвати лялечки шовкопряду, що традиційно споживаються в Австралії та бамбуковий хробак (*Omphisa fuscidentalis*), популярну в Таїланді та Лаосі [31].

У харчуванні населення окремих регіонів світу використовують різні форми термітів, зокрема статевозрілих крилатих особин (імаго). Така практика, зокрема, зафіксована в Центральноафриканській Республіці, Демократичній Республіці Конго, Венесуелі та Зімбабве [32]. Їх зазвичай смажать або використовують у подрібненому вигляді для приготування коржів.

У науковій роботі Бондаренко Л. проаналізовано санітарно-гігієнічні та біобезпекові аспекти застосування личинок *H. illucens* як складника корму для креветок в умовах аквакультурного виробництва. Авторка дослідила мікробіологічні характеристики ентомологічної сировини, її вплив на стан здоров'я гідробіонтів, а також оцінила екологічні переваги цього виду білка порівняно з традиційними кормовими компонентами [33].

Ван і Шеломі провели огляд наукових досліджень щодо використання личинок чорної львинки (*Hermetia illucens L.*) як корму для тварин та потенційного джерела білка для людей. Автори досліджують харчовий склад личинок, підкреслюючи високий рівень білка, жирів, вітамінів і мінералів, а також їх здатність ефективно переробляти органічні відходи у цінну біомасу. Авторами зроблено висновок, що чорна львинка має значний потенціал для сталого розвитку як кормова база і альтернативне джерело білка, особливо з урахуванням зростаючого світового попиту на білкову продукцію [34].

Садикова та ін. досліджували харчову та біологічну цінність біомаси личинок чорної львинки (*Hermetia illucens L.*). Автори провели аналіз основних поживних речовин, включно з вмістом білків, жирів, амінокислотним складом, а також мікро- і макроелементів. Отримані результати підтверджують перспективність застосування чорної львинки у харчовій та кормовій промисловості як екологічно сталого джерела білка [35].

Метою даного дослідження є комплексна оцінка мінерального складу чорної львинки (*Hermetia illucens L.*), визначення вмісту макро- та мікроелементів, а також аналіз показників їх безпечності за вмістом токсичних елементів і радіонуклідів з метою обґрунтування доцільності використання цієї сировини у виробництві харчових продуктів.

Методика досліджень. Об'єктом дослідження була чорна львінка (*Hermetia illucens L.*) з Китаю та власне вирощена упродовж тривалого терміну часу в Національному університеті біоресурсів і природокористування України за відомими технологіями у авторській модифікації на кафедрі ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин.

Визначення концентрації мінеральних елементів проводили після попередньої мінералізації досліджуваного матеріалу методом сухого озолення відповідно до вимог ДСТУ 7670:2014 [36]. Зразки піддавали озоленню в муфельній печі за температури 450–550°С до отримання однорідного світло-сірого зольного залишку. Після завершення мінералізації отриману золу розчиняли в азотній кислоті, після чого об'єм розчину доводили до необхідного значення за допомогою дистильованої води.

Визначення кількісного вмісту макроелементів, зокрема кальцію, магнію та калію, а також мікроелементів – заліза, цинку, міді, нікелю, алюмінію, кобальту, арсену, хрому, молібдену та марганцю – здійснювали за допомогою методу атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Дослідження проводили відповідно до вимог ДСТУ EN ISO 7980:2022 [37] та ДСТУ EN 14082:2019 [38].

Для характеристики безпечності досліджуваної сировини проводили визначення рівнів токсичних елементів із використанням фізико-хімічних методів аналізу, регламентованих ДСТУ EN 14082:2019 [38] і ДСТУ EN 13806:2022 [39]. Оцінювання радіологічної безпечності зразків здійснювали за показниками вмісту радіонуклідів цезію та стронцію. Визначення проводили відповідно до методичних вказівок МВ 5778 та МВ 5779, затверджених Міністерством охорони здоров'я України [40, 41].

Результати досліджень. Результати досліджень мінерального складу комах дозволяють комплексно оцінити їхню харчову та біологічну цінність як перспективної рослинної сировини для виробництва функціональних харчових продуктів. Отримані дані свідчать про наявність у комахах широкого спектра макро- та мікроелементів, які відіграють важливу роль у забезпеченні фізіологічних потреб організму людини.

Основні результати щодо вмісту макро- та мікроелементів у комахах наведені в таблиці 1, де показники подано у перерахунку на 100 г їстівної частини продукту.

Таблиця 1

Мінеральний склад чорної львинки (*Hermetia illucens*)

Показник	Вміст, мг/100 г		Адекватний рівень споживання, мг; 10% добової потреби [42]	
	Чорна львинка	Чорна львинка*		
Макроелементи			Жінки	Чоловіки
Калій	896,9	1351,38	-	
Кальцій	295,1	247,21	110	120
Магній	180,6	306,26	50	40
Фосфор	-	505,19		
Срібло	-	0,0015		
Мікроелементи				
Мідь	0,77	0,51	0,1	
Залізо	42,9	3,89	1,7	1,5
Цинк	4,78	6,78	1,2	1,5
Нікель	0,05	0,01	-	
Марганець	5,27	4,77	0,2	
Алюміній	17,35	0,35	-	
Хром	0,18	0,003	0,005	
Молібден	0,03	0,03	0,007	
Кобальт	0,004	0,003		
Селен	-	0,01		
Ванадій	-	0,02		
Силіцій	-	39,55		

*власне вирощування

Джерело: розроблено автором на основі досліджень

Для візуального представлення рівня забезпечення організму мінеральними елементами в обсязі 10 % від адекватної добової потреби результати доцільно відобразити графічно (рис. 1, 2).

Найнижчий серед представлених показників рівень забезпечення зафіксовано для кальцію – 268,3 % у жінок та 245,9 % у чоловіків. Загалом отримані дані свідчать, що 100 г досліджуваної ентомологічної сировини потенційно забезпечують

понад 100 % від встановленої 10 % частки добової потреби за більшістю досліджених мінеральних елементів, причому найбільш виражений внесок характерний для хрому, марганцю та заліза.

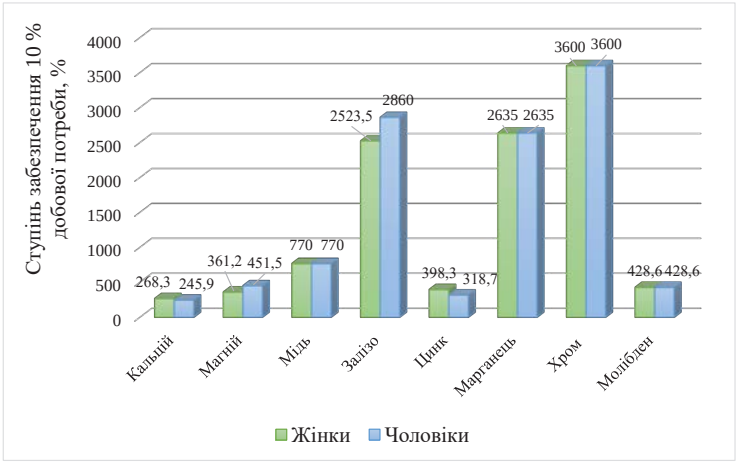


Рис. 1. Ступінь забезпечення 10 % добової потреби дорослого населення в мінеральних речовинах (Чорна львинка, Китай)

Джерело: розроблено автором

Порівняння отриманих результатів показує, що мінеральний профіль чорної львинки, власне вирощеної (рис. 2), суттєво відрізняється від попередньо дослідженого зразка, придбаного в Китаї. Найбільш виражене зростання встановлено для магнію: рівень забезпечення 10 % добової потреби підвищився з 361,2 до 612,5 % у жінок та з 451,5 до 765,7 % у чоловіків. Також вищим став показник забезпечення цинком – з 398,3 до 565,0 % у жінок та з 318,7 до 452,0 % у чоловіків.

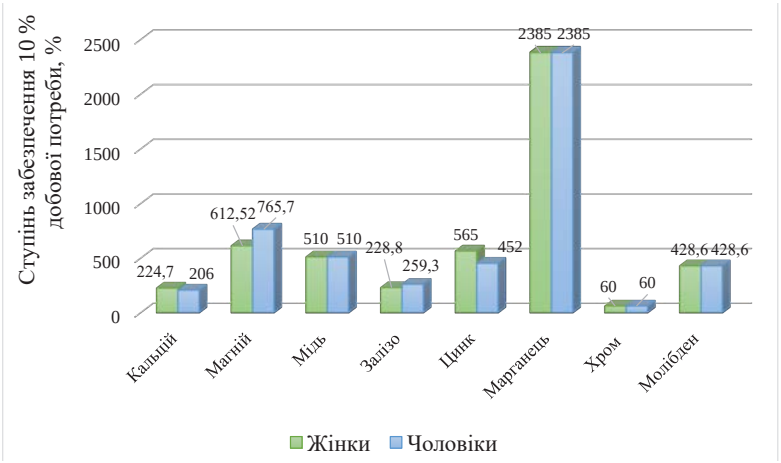


Рис. 2. Ступінь забезпечення 10 % добової потреби дорослого населення в мінеральних речовинах (Чорна львинка, власне вирощування)

Джерело: розроблено автором

Водночас для кальцію спостерігається помірне зниження показників – з 268,3 до 224,7 % у жінок та з 245,9 до 206,0 % у чоловіків. Рівень забезпечення міддю також зменшився з 770 до 510 %, а марганцем – з 2635 до 2385 %.

Найбільш суттєві відмінності зафіксовано щодо заліза та хрому. Забезпечення хромом зменшилося з 3600 до 60 %. Це означає, що у другому зразку вміст цих елементів був значно нижчим.

Виявлені відмінності можуть бути пов'язані з видовими або технологічними особливостями сировини, складом субстрату та умовами вирощування.

У межах дослідження проведено оцінювання безпечності ентомологічної сировини шляхом визначення вмісту токсичних елементів і радіонуклідів. Отримані значення зіставлено з гранично допустимими рівнями, регламентованими чинними нормативними документами. Результати проведеної оцінки наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Вміст важких металів та радіонуклідів у чорній львинці (*Hermetia illucens*)

Показник	Гранично допустимі рівні, мг/кг (для радіонуклідів Бк/кг), не більше [43, 44]					Вміст, мг/кг	
	молоко	м'ясо	риба	рис	дієтична добавка	Чорна львинка	Чорна львинка*
Токсичні елементи							
Свинець	0,02	0,1	0,3	0,2	3,0	1,1	0,36
Кадмій	-	0,05	0,05	0,2	1,0	0,18	0,076
Миш'як	-	-	-	0,2	-	-	-
Барій	-	-	-	-	-	1,23	1,85
Радіонукліди							
Стронцій	20	20	35	-	200	-	10,83

Джерело: розроблено автором

Отримані результати свідчать, що личинки чорної львинки (*Hermetia illucens L.*) містять низькі концентрації більшості досліджуваних токсичних елементів і радіонуклідів. Вміст миш'яку не виявлено. Вміст свинцю власного виробництва значно нижчий. Водночас концентрації свинцю та кадмію перевищували нормативи, встановлені для окремих традиційних харчових продуктів, але були нижчими за наведені рівні для дієтичних добавок. Отже, отримані дані характеризують досліджувану ентомологічну сировину як таку, що потребує контролю вмісту важких металів перед використанням у харчових або кормових цілях.

Lu та співавт. узагальнили дані щодо мінерального складу личинок чорної львинки (*Hermetia illucens L.*) та встановили різний вміст концентрацій мінеральних елементів залежно від умов вирощування, складу субстрату та способу підготовки сировини. За даними авторів, вміст кальцію у личинках становив 1200–35 700 мг/кг, магнію – 1000–3500 мг/кг, калію – 1700–15 400 мг/кг, міді – 100–15 000 мг/кг, заліза – 100–191 000 мг/кг, марганцю – 200–166 000 мг/кг, а цинку – 700–103 000 мг/кг.

У наших зразках чорної львинки вміст калію та магнію перебував у межах діапазонів, наведених Lu та співавт. При цьому концентрація калію у зразку власного вирощування була близькою до верхньої частини літературного діапазону. Вміст цинку (47,8 та 67,8 мг/кг), міді (7,7 та 5,1 мг/кг) та марганцю (52,7 та 47,7 мг/кг) у наших зразках був нижчим за наведені авторами узагальнені діапазони [45].

Загалом результати підтверджують, що досліджені види комах є перспективними джерелами мінеральних речовин, проте вид комах, кормовий субстрат,

умови вирощування, стадія розвитку та методика аналізу можуть істотно впливати на їхній мінеральний профіль. Це необхідно враховувати під час оцінювання харчової цінності ентомологічної сировини та визначення її потенціалу для використання у функціональних харчових продуктах.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження підтвердило перспективність личинок чорної львинки (*Hermetia illucens L.*) як джерела мінеральних речовин для харчових продуктів. Встановлено наявність широкого спектра макро- та мікроелементів, серед яких найбільш вагомий внесок у мінеральну цінність сировини забезпечують калій, кальцій, магній, фосфор, залізо, цинк, мідь і марганець. Вміст окремих елементів забезпечував понад 100 % від розрахункової 10 % добової потреби дорослого населення.

Порівняння з літературними даними показало, що мінеральний склад *H. illucens L.* може суттєво відрізнятися залежно від походження сировини, кормового субстрату, умов вирощування, стадії розвитку та способу підготовки зразків. У досліджених зразках вміст калію та магнію відповідав діапазонам, наведеним у літературі, тоді як за окремими мікроелементами спостерігалися суттєві відмінності.

Оцінювання безпечності показало, що рівні свинцю та кадмію свідчать про необхідність постійного контролю безпечності ентомологічної сировини перед її використанням у харчовому виробництві.

Отже, результати дослідження підтверджують доцільність подальшого вивчення *H. illucens L.* як альтернативної сировини для створення функціональних харчових продуктів. Перспективними напрямами подальших досліджень є оцінювання біодоступності мінеральних елементів, визначення вмісту біоактивних сполук, амінокислотного та жирнокислотного складу, а також встановлення впливу кормових субстратів і технологічних способів оброблення на харчову цінність та безпечність ентомологічної сировини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Голембовська Н. В. Використання альтернативних джерел білка для розробки нових харчових продуктів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2025. 2(4), 26-38. https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.2.3

2. Голембовська Н.В., Ісраелян В.М., Статкевич О.І., Баль-Прилипко Л.В., Коломієць Ю.В. Потенціал їстівних комах як нового джерела біоактивних сполук *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2025. Вип. 146. Ч. 1. с. 235-238. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.25

3. Van Itterbeeck J., & Pelozuelo L. How many edible insect species are there? A not so simple question. *Diversity*, 2022. *14*(2), 143. https://doi.org/10.3390/ d14020143

4. van Huis A. Insects as food in sub-Saharan Africa. *Insect Science and its Application*, 2022. 23, pp. 163–185. https://doi.org/10.1017/S1742758400023572

5. Costa-Neto, E.M. Edible insects in Latin America: old challenges, new opportunities. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2016. 2, pp. 1–2. https://doi.org/10.3920/JIFF2016.x001

6. Parodi A., Leip A., De Boer I.J.M., Slegers P.M., Ziegler F., Temme E.H.M., Herrero M., Tuomisto H., Valin H., van Middelaar C.E., van Loon J.J.A. & van Zanten H.H.E. The potential of future foods for sustainable and healthy diets. *Nature Sustainability*, 2018. Vol. 1, pp. 782–789. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0189-7

7. Alexander P., Brown C., Arneth A., Dias C., Finnigan J., Moran D. & Rounsevell M.D.A. Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security*, 2017. 15, pp. 22–32. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001

8. Oonincx D. G., De Boer I. J. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans–a life cycle assessment. *PloS one*, 2012. Vol. *7*(12), e51145. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145

9. Oonincx D. G., Van Itterbeeck J., Heetkamp M. J., Van Den Brand H., Van Loon J. J., Van Huis A. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PloS one*, 2010. *5*(12), e14445. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445

10. Van Huis A., Van Itterbeeck J., Klunder H. et al. Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome: FAO, 2013. 201 p. URL: https://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf (дата звернення: 07.09.2026).

11. Imathiu S. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS journal*, 2020. 18, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002

12. Statkevych O. I., Kolomiiets Y. V., Holembovska N. V., Israelian V. M., Babych O. A., Slobodyanyuk N. M., Babytskiy A. I., & Statkevych A. O. Effects of nutrient medium on various-age larvae of Hermetia illucens (Diptera, Stratiomyidae). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2024. 15(4), 907-911. https://doi.org/10.15421/0224131

13. Barrett C. B. Food Security and Sociopolitical Stability. *Annual Review of Resource Economics*, 2013. Vol. 16(1). https://doi.org/10.1146/annurev-resource-102722-025202

14. Popkin B. M., Corvalan C., & Grummer-Strawn L. M. Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality. *The Lancet*, 2020. 403(10421), 42-55. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01871-4

15. Willett W., Rockström J., Loken B., Springmann M., Lang T., Vermeulen S., ... & Jonell M. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet,* 2019. 403(10426), 447-492. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)02139-2

16. van Huis A. Insectsas food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2024. Vol. 10(1), 1-18. https://doi.org/10.3920/JIFF2023.0056

17. Govorushko S. Global status of insects as food and feed source: a review. *Trends in food science & technology*, 2019. Vol. 91, 436-445. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.032

18. Lucas-González R., Fernández-López J., Pérez-Álvarez J. A., Viuda-Martos M. Effect of drying processes in the chemical, physico-chemical, techno functional and antioxidant properties of flours obtained from house cricket (Acheta domesticus). European Food Research and Technology. 2019. https://doi.org/10.1007/s00217-019-03301-4.

19. Murugu D. K., Onyango A. N., Ndiritu A. K., Osuga I. M., Xavier C., Nakimbugwe D., Tanga C. M. From farm to fork: crickets as alternative source of protein, minerals, and vitamins. *Frontiers in Nutrition*, 2021. 8, 704002. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.704002

20. Messina C. M., Gaglio R., Morghese M., Tolone M., Arena R., Moschetti G., ... & Settanni L. Microbiological profile and bioactive properties of insect powders used in food and feed formulations. *Foods*, 2019. *8*(9), 400. https://doi.org/10.3390/foods8090400

21. Цвіркуни проти яловичини: що будемо їсти через 5 років. Landlord. 2017. URL: https://landlord.ua/news/tsvirkuni-proti-yalovichini-shho-budemo-yisti-cherez-5-rokiv/ (дата звернення: 07.09.2026).

22. Biró B., Sipos M. A., Kovács A., Badak-Kerti K., Pásztor-Huszár K., Gere A. Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysisand Sensory Evaluation. Foods. 2020. Vol. 9, No. 11. Art. 1561. https://doi.org/10.3390/foods9111561

23. Геліх А. О. Дослідження показників якості соусів з використанням альтернативних білків для військового харчування. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки,* 2025. (1), 294-303. https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.29

24. Vijver M., Jager T., Posthuma L., & Peijnenburg W. Metal uptake from soils and soil–sediment mixtures by larvae of Tenebrio molitor (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2003. 54(3), 277-289. https://doi.org/10.1016/S0147-6513(02)00027-1

25. Zhang Z. S., Lu X. G., Wang Q. C., & Zheng D. M. Mercury, cadmium and lead biogeochemistry in the soil–plant–insect system in Huludao City. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 2009. 83(2), 255-259. https://doi.org/10.1007/s00128-009-9688-6

26. Greenfield R., Akala N., & Van Der Bank F. H. Heavy metal concentrations in two populations of mopane worms (Imbrasia belina) in the Kruger National Park pose a potential human health risk. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 2014. 93(3), 316-321.

27. Diener S., Zurbrügg C., Tockner K. Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, Hermetia illucens and effects on its life cycle. *Journal of insects as food and feed*, 2015. Vol. 1(4), 261-270.

28. Bednarska A. J., Opyd M., Żurawicz E., Laskowski R. Regulation of body metal concentrations: Toxicokinetics of cadmium and zinc in crickets. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2015. 119, 9-14.

29. Purschke B., Scheibelberger R., Axmann S., Adler A., Jäger H. Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on the growth performance and composition of black soldier fly larvae (Hermetia illucens) for use in the feed and food value chain. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2017. *34*(8), 1410-1420. https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1299946

30. Van der Fels-Klerx H. J., Camenzuli L., Van Der Lee M. K., & Oonincx D. G. A. B. Uptake of cadmium, lead and arsenic by Tenebrio molitor and Hermetia illucens from contaminated substrates. *PloS one*, 2016. 11(11), e0166186. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166186

31. Yhoung-Aree J., Viwatpanich K. Edible insects in the Lao PDR, Myanmar, Thailand, and Vietnam. Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails / ed. by M. G. Paoletti. Enfield: Science Publishers, 2005. P. 415–440.

32. Paoletti M.G., Buscardo E., Vanderjagt D.J., Pastuszyn A., Pizzoferrato L., Huang Y.S., Chuang L.T., Glew R.H., Millson M., Cerda H. Nutrient content of termites (Syntermes soldiers) consumed by Makiritare Amerindians of the Alto Orinoco of Venezuela. *Ecology of Food and Nutrition,* 2003. 42(2), 177–191.

33. Бондаренко Л. В. Біобезпека та санітарно-гігієнічні характеристики використання Hermetia illucens у аквакультурі креветок. Всеукраїнська науково-практична конференція науковців, викладачів та аспірантів, 22–23 квітня 2025 р. Харків, 2025. С. 166.

34. Wang Y. S., & Shelomi M. Review of black soldier fly (Hermetia illucens) as animal feed and human food. *Foods*. 2017. *6*(10), 91.

35. Zulkifli N. F. N. M., Seok-Kian A. Y., Seng L. L., Mustafa S., Kim Y. S., Shapawi R. Nutritional value of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae processed by different methods. *PloS one*, 2022. 17(2), 1-14. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263924

36. ДСТУ 7670:2014. Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначення вмісту токсичних елементів. [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2014. 14 с..

37. ДСТУ EN ISO 7980:2022. Якість води. Визначення кальцію та магнію. Атомно-абсорбційний спектрометричний метод. [Чинний від 2023-12-31]. Київ. 2022. 14 с. (Інформація та документація).

38. ДСТУ EN 14082:2019. Продукти харчові. Визначення вмісту свинцю, кадмію, цинку, міді, заліза та хрому методом атомно-абсорбційної спектрометрії після сухого озолення. [Чинний від 2019-09-01]. Київ. 16 с. (Інформація та документація).

39. ДСТУ EN 13806:2022. Харчові продукти. Визначення мікроелементів. Визначення ртуті атомно-абсорбційної спектрометрії з холодною парою після бродіння під тиском. [Чинний від 2023-12-31]. Київ. 22 с. (Інформація та документація).

40. Міністерство охорони здоров'я України. Методичні вказівки № 5778-91. Визначення вмісту стронцію-90 у харчових продуктах. 1991. К.: МОЗ України. 12 с.

41. Міністерство охорони здоров'я України. Методичні вказівки № 5779-91. Визначення вмісту цезію-137 у харчових продуктах.1991. К.: МОЗ . – 12 с.

42. Міністерство охорони здоров'я України. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії: наказ МОЗ України від 03.09.2017 № 1073. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text (дата звернення: 07.09.2026).

43. Міністерство охорони здоров'я України. Державні гігієнічні нормативи. Допустимі рівні радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у харчових продуктах та питній воді. 2006. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06#Text (дата звернення: 08.04.2025).

44. Про внесення змін до Державних гігієнічних правил і норм «Положення про максимальні рівні певних забруднюючих речовин у харчових продуктах». 2020. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0684-20#Text (дата звернення: 04.02.2021).

45. Lu S., Taethaisong N., Meethip W., Surakhunthod J., Sinpru B., Sroichak T., ... & Paengkoum P. Nutritional composition of black soldier fly larvae (Hermetia illucens L.) and its potential uses as alternative protein sources in animal diets: A review. *Insects*, 2022. 13(9), 831.

Дата першого надходження статті до видання: 08.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 636.2.082 / 57.087.01
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.39

ВПЛИВ ТИПУ ВЕНТИЛЯЦІЇ КОРІВНИКА ТА НОМЕРА ЛАКТАЦІЇ НА РЕПРОДУКТИВНІ ОЗНАКИ МОЛОЧНИХ КОРІВ

Голосний Б.С. *– д.філос. за спеціальністю 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», оператор, Фермерське господарство «Органік Сістемс» orcid.org/0009-0000-8007-7814*
Підпала Т.В. *– д.с.-г.н., професорка, професорка кафедри переробки продукції тваринництва та харчових технологій, Миколаївський національний аграрний університет orcid.org/0000-0002-4072-7576*
Крамаренко О.С. *– к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри біотехнології та біоінженерії, Миколаївський національний аграрний університет orcid.org/0000-0002-2635-526X*
Крамаренко С.С. *– д.біол.н., професор, професор кафедри біотехнології та біоінженерії, Миколаївський національний аграрний університет orcid.org/0000-0001-5658-1244*

Мета дослідження полягала у визначенні впливу типу корівника, порядкового номера лактації та їх взаємодії на основні репродуктивні ознаки корів голштинської породи. Дослідження проведено з урахуванням двох систем утримання: традиційного корівника з природною вентиляцією (контрольна група) та корівника з механічною низькопрофільною поперечною вентиляцією (LPCV-корівник; експериментальна група). Оцінювали тривалість тільності, сервіс-періоду, сухостійного та міжотельного періодів під час першої-третьої лактації. Статистичний аналіз проводили з урахуванням основних ефектів типу корівника, номера лактації та їх взаємодії.

Було встановлено вірогідний (P < 0,001) вплив типу корівника, номера лактації та їх взаємодії на досліджувані репродуктивні ознаки. Винятком була тривалість сухостійного періоду, для якої загальний ефект типу корівника не досягав рівня статистичної значущості. Тривалість тільності у корів контрольної групи була вірогідно (P < 0,001) більшою порівняно з тваринами експериментальної незалежно від номера лактації. У первісток вона становила, відповідно, 272,0 та 267,1 днів, а за 3-ю лактацію – 279,0 та 272,0 днів, тобто, середня міжгрупова різниця зросла з 4,9 до 7,0 днів.

За тривалістю сервіс-періоду для первісток вірогідної міжгрупової різниці не виявлено: 119,4 та 117,3 днів, відповідно. Натомість за 2-у та 3-ю лактації корови, що утримувалися в LPCV-корівнику, мали вірогідно (P < 0,001) довший сервіс-період порівняно з тваринами контрольної групи. Тривалість сухостійного періоду у корів експериментальної групи збільшувалася від 54,7 днів за 1-у до 59,1 днів за 3-ю лактації, у той час як у тварин контрольної групи залишалася відносно стабільною – у межах 56…58 днів. Міжотельний період зростав зі збільшенням номера лактації у тварин обох груп і за 3-ю лактацію досягав 428,7…430,9 днів; вірогідна (P < 0,001) міжгрупова різниця була встановлена лише за 1-у лактацію.

Отримані результати свідчать про те, що система вентиляції корівника та порядковий номер лактації є важливими факторами, пов'язаними з репродуктивною функцією

© Голосний Б.С., Підпала Т.В., Крамаренко О.С., Крамаренко С.С., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

корів голштинської породи. Перевага LPCV-системи найбільше виражалася у корів старших лактацій, що може бути пов'язано із кращим контролем мікроклімату та зниженням теплового навантаження. Водночас для остаточного підтвердження фізіологічних механізмів такого впливу необхідні додаткові дослідження з безпосереднім визначенням температурно-вологісного індексу (THI), температури тіла та показників теплового й метаболічного статусу тварин.

Ключові слова: *голштинська порода, репродуктивні ознаки, LPCV-корівник, номер лактації, молочне скотарство.*

Holosnyi B.S., Pidpala T.V., Kramarenko O.S., Kramarenko S.S. Association of barn ventilation system and parity with reproductive performance of dairy cows

The aim of this study was to determine the effects of barn type, lactation number, and their interaction on the main reproductive performance indicators of Holstein cows. The study considered two housing systems: a traditional naturally ventilated barn (control group) and a low-profile cross-ventilated barn (LPCV; experimental group). The duration of gestation, days open, dry period, and inter-calving interval was evaluated in cows during the first to third lactations. Statistical analysis was performed by considering the main effects of barn type, lactation number, and their interaction.

A statistically significant effect of barn type, lactation number, and their interaction was established for the studied reproductive indicators. The exception was dry period duration, for which the overall effect of barn type did not reach statistical significance. Gestation length was significantly longer in cows from the control group than in those from the experimental group, regardless of lactation number ($P < 0.001$). In primiparous cows, gestation length was 272.0 and 267.1 days in the control and experimental groups, respectively, whereas during the third lactation it was 279.0 and 272.0 days, respectively. Thus, the between-group difference increased from 4.9 to 7.0 days with increasing lactation number.

No statistically significant between-group difference in days open was observed in primiparous cows: 119.4 and 117.3 days in the control and experimental groups, respectively. In contrast, during the second and third lactations, cows housed in the LPCV-barn had a significantly longer days open than cows in the control group ($P < 0.001$). Dry period duration in the experimental group increased from 54.7 days during the first lactation to 59.1 days during the third lactation, whereas it remained relatively stable in the control group, ranging from 56 to 58 days. Inter-calving interval increased with increasing lactation number in both groups and reached 428.7…430.9 days during the third lactation; a statistically significant ($P < 0.001$) between-group difference was observed only during the first lactation.

The results indicate that barn ventilation system and lactation number are important factors associated with reproductive performance in Holstein cows. The advantage of the LPCV-system was most pronounced in cows during later lactations, which may be associated with improved microclimate control and reduced heat load. However, further studies directly measuring temperature-humidity index (THI), body temperature, and indicators of thermal and metabolic status are required to confirm the physiological mechanisms underlying these associations.

Key words: *Holstein breed, reproductive performance, LPCV-barn, parity, dairy farming.*

Постановка проблеми. Сучасне молочне скотарство характеризується постійним підвищенням вимог до продуктивності та ефективності використання тварин. Висока молочна продуктивність супроводжується збільшенням метаболічного навантаження та теплопродукції організму, внаслідок чого високопродуктивні корови стають більш чутливими до несприятливих умов навколишнього середовища. Одним із найбільш вагомих екологічних факторів, що обмежують реалізацію продуктивного та репродуктивного потенціалу молочної худоби, є теплове навантаження. Підвищення температури та вологості повітря порушує механізми терморегуляції, зменшує споживання корму, змінює метаболічний та ендокринний статус тварин і може негативно впливати на продуктивність, здоров'я та відтворну здатність корів [4; 6].

Тепловий стрес корів призводить до гормональних та репродуктивних порушень, погіршення якості ооцитів, ембріонів і функціонального стану матки. Сукупність

цих ефектів може призводити до зниження запліднюваності та подовження сервіс-періоду [5; 6]. Отже, забезпечення належних умов мікроклімату є важливою складовою технології утримання високопродуктивних молочних корів.

Постановка завдання. Одним із основних технологічних засобів контролю теплового навантаження є організація ефективного повітрообміну та охолодження тварин. Системи вентиляції визначають швидкість руху повітря в зоні перебування корів, забезпечують видалення надлишкового тепла і вологи, а також зниження концентрації забруднювачів повітря. Особливе значення це має в умовах високої температури навколишнього середовища, коли збільшення швидкості руху повітря сприяє підвищенню ефективності конвективної та випарної тепловіддачі. У сучасних механічно вентильованих корівниках, зокрема в системах *low-profile cross-ventilated* (LPCV), параметри повітрообміну можуть бути більш контрольованими, ніж у традиційних системах з природною вентиляцією.

Результати порівняльних досліджень різних систем утримання підтверджують, що конструкція корівника і система вентиляції можуть впливати на умови перебування тварин. Так, в роботі [7] не було встановлено суттєвих відмінностей між LPCV-корівниками та корівниками з природною вентиляцією за низкою ознак стану здоров'я тварин, хоча у LPCV-корівниках було відмічено тенденцію до покращення індексу комфорту та вищий індекс використання стійл. Це свідчить про те, що сама зміна системи вентиляції може впливати на умови перебування тварин, хоча її ефект не є універсальним для всіх ознак.

Останні дослідження також підтверджують важливість саме швидкості руху повітря в зоні перебування корів. В роботі [11], досліджуючи шість природно вентильованих та шість молочних ферм із системами механічної крос-вентиляції, було встановлено вищу середню швидкість руху повітря на рівні зони відпочинку корів у механічно вентильованих корівниках (2,0 ± 0,7 м/с) порівняно корівниками із природною вентиляцією (1,4 ± 0,3 м/с). Також було відмічено зв'язок між швидкістю руху повітря, температурою тіла та поведінковими ознаками корів під час теплового навантаження.

Водночас зв'язок між умовами мікроклімату та репродуктивними ознаками не обмежується безпосереднім впливом температури повітря. Репродуктивна відповідь корів залежить від низки факторів, насамперед, стадії лактації, продуктивності, енергетичного статусу, порядкового номеру лактації та тривалості дії несприятливих умов. Високопродуктивні та повновікові корови більш чутливі до теплового навантаження, оскільки мають вищу теплопродукцію та більші метаболічні потреби [4]. Відмінності між коровами-первістками та коровами старших лактацій можуть бути важливим фактором, що модифікує реакцію репродуктивної системи на умови утримання.

Важливість цього питання підтверджується результатами ретроспективного дослідження [8], у якому було проаналізовано 5722 корів голштинської породи, зокрема, 2324 корови-первістки та 3397 корів старших лактацій. Було встановлено, що теплове навантаження у перед- та післяотельний періоди було пов'язане з погіршенням здоров'я та репродукції, а реакція тварин залежала від періоду впливу теплового стресу. Зокрема, післяотельний тепловий стрес асоціювався зі зниженням частки тварин, які стали тільними після першого осіменіння.

Разом із тим більшість досліджень впливу теплового стресу на репродуктивну функцію молочних корів оцінювало безпосередньо температуру, відносну вологість, температурно-вологісний індекс (THI) або застосування систем охолодження. Значно менше уваги було приділено оцінці довготривалої репродуктивної

відповіді корів, які постійно утримуються в корівниках із різними системами вентиляції, особливо з урахуванням порядкового номера їх лактації. Крім того, порівняння природно вентильованих та LPCV-корівників переважно стосується ознак продуктивності, поведінки, комфорту та здоров'я, у той час як комплексна оцінка таких репродуктивних ознак, як тривалість тільності, сервіс-період, сухостійний та міжотельний періоди, залишається недостатньо представленою.

Особливого значення набуває оцінка взаємодії між типом корівника (з точки зору системи вентиляції) та номером лактації. Якщо вплив умов утримання на репродуктивну функцію залежить від віку та фізіологічного стану корів, то оцінювання лише загального ефекту системи вентиляції може приховувати відмінності між коровами-первістками та повновіковими тваринами. Визначення таких закономірностей має практичне значення для оцінки ефективності сучасних систем утримання та обґрунтування технологічних заходів, спрямованих на підтримання репродуктивного здоров'я високопродуктивних корів.

Отже, *головною метою* даної роботи було визначення сили впливу типу корівника та порядкового номера лактації, а також їх взаємодії, на основні репродуктивні ознаки корів голштинської породи залежно від системи вентиляції.

Матеріали і методи досліджень. Матеріалом для дослідження слугували дані первинного зоотехнічного обліку 600 корів голштинської породи СТОВ «Промінь» (Миколаївська область), які вперше отелилися у 2021 році. Тварин розділили на дві рівні групи. Корови контрольної групи (CON) протягом перших трьох лактацій утримувалися в традиційному корівнику павільйонного типу з проточною вентиляцією. Тварини дослідної групи (EXP) перебували в приміщенні з крос-вентиляцією (LPCV-корівник). Детальний опис поголів'я та умов їх утримання висвітлено в попередній публікації [2].

За перші три лактації для кожної особини оцінювалися такі ознаки (у днях): тривалість тільності (GL), тривалість сервіс-періоду (DO), тривалість сухостійного періоду (DP), тривалість міжотельного періоду (ICI).

Для визначення сили впливу та рівня вірогідності факторів «тип корівника» та «номер лактації», а також їхньої взаємодії, застосувався алгоритм двофакторного дисперсійного аналізу. Зважаючи на те, що вихідні дані базувалися на результатах оцінки одних і тих самих тварин протягом трьох лактацій, була використана модель двофакторного дисперсійного аналізу з повторними вимірюваннями (*Two-way repeated measures ANOVA*).

Також було проведено попарне статистичне порівняння ознак між тваринами груп CON та EXP для 1-ї, 2-ї та 3-ї лактацій окремо.

Статистичну обробку результатів виконували за допомогою програмного пакета STATISTICA v. 7.0 (StatSoft Inc.) відповідно до методичних рекомендацій [1].

Виклад основного матеріалу дослідження. Встановлено, що всі досліджувані репродуктивні ознаки корів голштинської породи вірогідно залежали від типу корівника та порядкового номера лактації, а також від взаємодії обох факторів. Винятком була лише тривалість сухостійного періоду, для якої загальний ефект типу корівника не мав вірогідного прояву (табл. 1). Отже, отримані результати свідчать про те, що вікова динаміка основних репродуктивних ознак корів упродовж перших трьох лактацій була обумовлена умовами утримання, а саме типом вентиляції корівника.

У корів контрольної групи тривалість тільності була вірогідно вищою, ніж у тварин експериментальної групи не залежно від їх віку (у всіх випадках: $P < 0{,}001$). При цьому, зі збільшенням віку корів ця різниця поступово зростала (рис. 1).

Якщо для корів-первісток між групова різниця у тривалості тільності складала в середньому 4,9 днів (272,0 та 267,1 днів для тварин контрольної та експериментальної групи, відповідно), то для повновікових корів ця різниця була вже 7,0 днів (279,0 та 272,0 днів, відповідно).

Таблиця 1

Результати двофакторного дисперсійного аналізу (з повторюваними вимірюваннями) впливу факторів «тип корівника» (А), «номер лактації» (В) та їх сумісного впливу (А × В) на репродуктивні ознаки корів голштинської породи

Ознака	A ($df_1 = 1$; $df_2 = 598$)		B ($df_1 = 2$; $df_2 = 1196$)		A × B ($df_1 = 2$; $df_2 = 1196$)	
	F	***P***	***F***	***P***	***F***	**P**
GL	539,83	< 0,001	175,31	< 0,001	9,47	< 0,001
DO	29,60	< 0,001	899,79	< 0,001	19,19	< 0,001
DP	0,88	NS	72,55	< 0,001	9,32	< 0,001
ICI	11,78	< 0,001	1447,49	< 0,001	14,50	< 0,001

Примітки. Тут і далі: NS – $P > 0,05$. Позначення ознак наведено в «Матеріали і методи досліджень».

Раніше було виявлено, що теплове навантаження під час тільності може змінювати стан плаценти, ріст плода та подальший розвиток нащадку [9].

У корів-первісток обох груп вірогідних відмінностей за тривалістю сервіс-періоду не встановлено: 119,4 та 117,3 доби у тварин контрольної та експериментальної груп, відповідно. Водночас за 2-ю та 3-ю лактаціями вплив типу корівника вже проявлявся – корови експериментальної групи, які утримувалися в LPCV-корівнику, мали істотно довший сервіс-період порівняно із тваринами контрольної групи (в обох випадках: $P < 0,001$). Крім того, у тварин обох груп зі зростанням порядкового номера лактації спостерігалося зростання тривалості сервіс-періоду (рис. 2).

Відсутність істотних відмінностей у тривалості сервіс-періоду між коровами-первістками різних груп може свідчити про меншу чутливість молодих тварин до систем утримання. Що стосується повновікових тварин, то LPCV-корівники створюють стабільний та комфортний мікроклімат, що стимулює корів до вищої мобілізації генетичного потенціалу. Як наслідок, повновікові тварини (на відміну від корів-первісток) виходять на свій пік продуктивності. Але при вищих надоях зростає і негативний енергетичний баланс у перші місяці після отелення.

Організм корови спрямовує всі ресурси на лактацію, через що затримується відновлення функції яєчників, погіршується якість яйцеклітин та затягується час до першого плідного запліднення, тобто, зростає тривалість сервіс-періоду.

Подовження сервіс-періоду зі збільшенням номера лактації, що спостерігалося у корів обох групах може бути пов'язане із сукупною дією метаболічного навантаження, рівня молочної продуктивності, енергетичного балансу та теплового стресу. Отримані нами результати узгоджуються із загальними закономірностями впливу теплового навантаження на репродуктивну функцію молочних корів [6].

Тривалість сухостійного періоду демонструвала відмінні вікові патерни у тварин контрольної та експериментальної груп (рис. 3). У корів контрольної групи ця ознака залишалася відносно стабільною у різні вікові періоди та становила у середньому 56…58 діб. Натомість у тварин експериментальної групи спостерігалося зростання тривалості сухостійного періоду з 54,7 днів за 1-у до 59,1 днів за 3-ю лактації. Унаслідок цього вірогідні (в обох випадках: $P < 0,001$) міжгрупові

відмінності за тривалістю сухостійного періоду було встановлено у корів-первісток та корів за 3-ю лактацію.

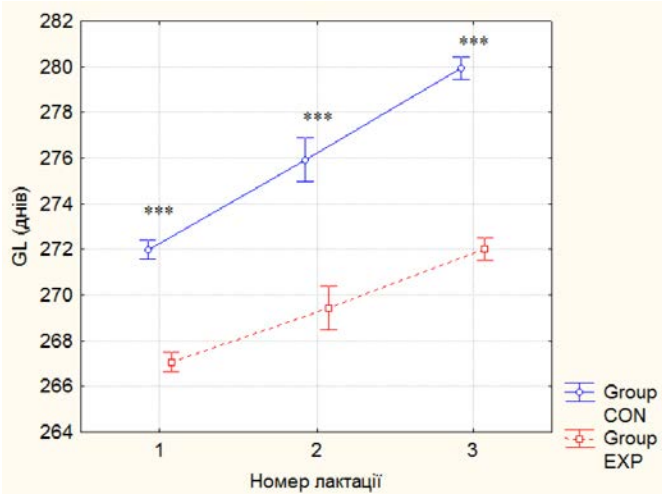


Рис. 1. Оцінки середніх арифметичних (± 95% ДІ) тривалості тільності корів голштинської породи залежно від типу корівника та номеру лактації

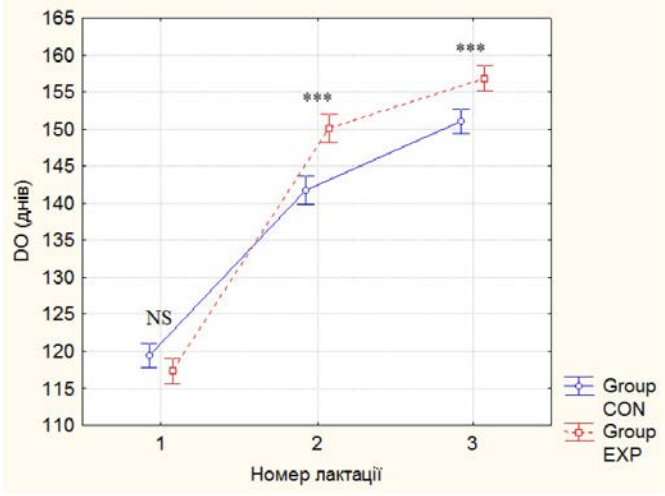


Рис. 2. Оцінки середніх арифметичних (± 95% ДІ) тривалості сервіс-періоду корів голштинської породи залежно від типу корівника та номеру лактації

Тривалість сухостійного періоду є важливим технологічним показником, що може істотно впливати на продуктивність та здоров'я корів у наступну лактацію. Традиційно у молочному скотарстві вважається оптимальним тривалість сухостійного періоду 51…60 днів, хоча його тривалість може залежати від продуктивності, номера лактації, стану молочної залози та інших факторів менеджменту [3]. Отже, значення 54,7…59,1 днів, отримані у нашому дослідженні, загалом відповідають традиційному діапазону тривалості сухостійного періоду.

Вплив теплового стресу на фізіологію сухостійних корів також добре документований. Зокрема, встановлено, що тепловий стрес протягом сухостійного періоду змінює ендокринні сигнали, пов'язані з функціонуванням молочної залози, що може негативно вплинути на продуктивність у наступній лактації [10].

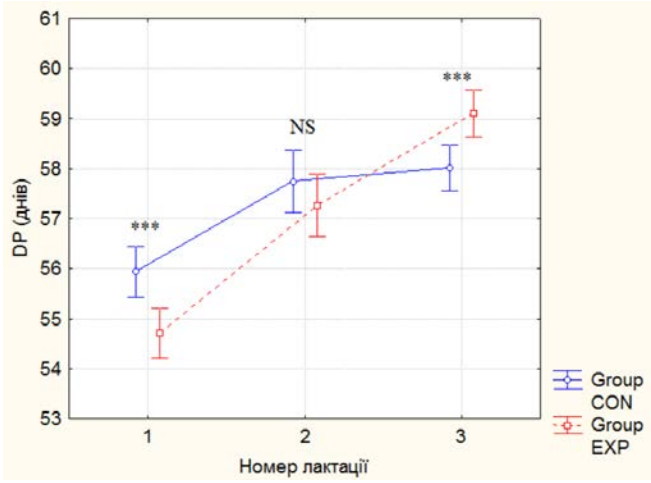


Рис. 3. Оцінки середніх арифметичних (± 95% ДІ) тривалості сухостійного періоду корів голштинської породи залежно від типу корівника та номеру лактації

Тривалість міжотельного періоду збільшувалася від 1-ї до 3-ї лактації у тварин обох груп незалежно від типу корівника (384,4…391,2 та 428,7…430,9 днів відповідно; рис. 4). Водночас вірогідні ($P < 0{,}001$) відмінності між тваринами контрольної та експериментальної груп було встановлено лише за 1-у лактацію.

Збільшення міжотельного періоду з віком може бути пов'язане із сукупною дією багатьох факторів, зокрема змінами молочної продуктивності, енергетичного балансу, репродуктивної ефективності та стану здоров'я корів. Водночас трактувати його як безпосередній «фізіологічний відгук» на зростання лактаційного навантаження слід обережно, оскільки міжотельний період математично визначається як сума тривалості тільності та сервіс-періоду. Тому серед корів-первісток, для яких сервіс-період практично не відрізнявся між групами (119,4 проти 117,3 днів), встановлена міжгрупова різниця за міжотельним періодом може значною мірою бути пов'язана із різницею у тривалості тільності.

У корів за 3-ю лактацію міжотельний період досягав максимальних значень в обох групах – 428,7…430,9 днів, а міжгрупова різниця була не вірогідна. Такий результат свідчить про те, що перевага експериментальної системи утримання, що проявлялася за окремими репродуктивними ознаками, не обов'язково трансформувалася у статистично вірогідну різницю за інтегральним показником міжотельного періоду.

Загалом отримані результати узгоджуються із літературними даними про негативний вплив теплового навантаження на репродуктивну функцію молочних корів та позитивний потенціал охолодження як одного з основних заходів його зменшення. Водночас сила та напрямок ефекту залежать від періоду впливу, рівня теплового навантаження, номеру лактації, рівня продуктивності, енергетичного статусу та інших факторів [6; 9].

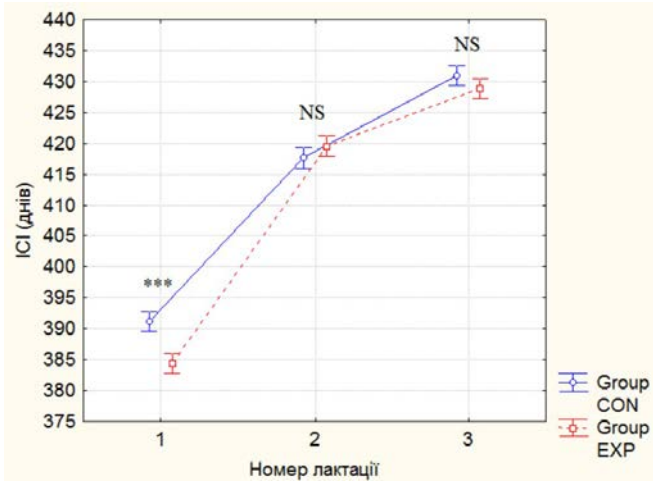


Рис. 4. Оцінки середніх арифметичних (± 95% ДІ) тривалості міжотельного періоду корів голштинської породи залежно від типу корівника та номеру лактації

Висновки:

1. Встановлено вірогідну залежність досліджуваних репродуктивних ознак корів голштинської породи від типу вентиляції у корівнику, порядкового номера лактації та сумісної дії цих факторів.

2. У корів контрольної групи тривалість тільності була вірогідно ($P < 0{,}001$) більшою, ніж у тварин експериментальної групи, причому величина міжгрупової різниці становила 4,9…7,0 днів залежно від номера лактації.

3. Вплив типу корівника на сервіс-період був найбільш вираженим у корів за 2-у та 3-ю лактацій: у тварин експериментальної групи, які утримувалися в LPCV-корівнику, ця ознака була вірогідно ($P < 0{,}001$) вище, ніж у корів контрольної групи.

4. Тривалість сухостійного періоду в експериментальній групі збільшувалася від 54,7 днів за 1-у до 59,1 днів за 3-ю лактації, у той час як у тварин контрольної групи ця ознака залишалася відносно стабільною (у межах 56…58 днів). Отримані значення загалом відповідають традиційному діапазону оптимальної тривалості сухостійного періоду.

5. Зі збільшенням номера лактації тривалість міжотельного періоду зростала у тварин обох груп і досягала 428,7…430,9 днів за 3-ю лактацію. Вірогідна ($P < 0{,}001$) міжгрупова різниця була встановлена лише для корів-первісток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. *Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин* : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.

2. Голосний Б. С., Підпала Т. В., Крамаренко О. С., Крамаренко С. С. Вікова мінливість молочної продуктивності корів за утримання в корівниках з різною системою вентиляції. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2026. Вип. 150. С. 218-230.

3. Bachman K. C., Schairer M. L. Invited review: Bovine studies on optimal lengths of dry periods. Journal of Dairy Science. 2003. Vol. 86(10). P. 3027–3037.

4. Collier R. J., Dahl G. E., VanBaale M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006. Vol. 89(4). P. 1244–1253.

5. De Rensis F., Marconi P., Capelli T., Gatti F., Facciolongo F., Franzini S., Scaramuzzi R. J. Fertility in postpartum dairy cows in winter or summer following estrus synchronization and fixed time AI after the induction of an LH surge with GnRH or hCG. *Theriogenology*. 2002. Vol. 58(9). P. 1675–1687.

6. De Rensis F., Scaramuzzi R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. *Theriogenology.* 2003. Vol. 60(6). P. 1139–1151.

7. Lobeck K. M., Endres M. I., Shane E. M., Godden S. M., Fetrow J. Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94(11). P. 5469–5479.

8. Menta P. R., Machado V. S., Piñeiro J. M., Thatcher W. W., Santos J. E. P., Vieira-Neto A. Heat stress during the transition period is associated with impaired production, reproduction, and survival in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2022. Vol. 105(5). P. 4474–4489.

9. Ouellet V., Boucher A., Dahl G. E., Laporta J. Consequences of maternal heat stress at different stages of embryonic and fetal development on dairy cows' progeny. Animal Frontiers. 2021. Vol. 11(6). P. 48–56.

10. Ouellet V., Negrao J., Skibiel A. L., Lantigua V. A., Fabris T. F., Marrero M. G., Dado-Senn B., Laport J., Dahl G. E. Endocrine signals altered by heat stress impact dairy cow mammary cellular processes at different stages of the dry period. Animals. 2021. Vol. 11(2). #563.

11. Reuscher K. J., Cook N. B., Halbach C. E., Mondaca M. R., Van Os J. M. C. Consistent stall air speeds in commercial dairy farms are associated with less variability in cow lying times. *Frontiers in Animal Science*. 2024. Vol. 5. #1422937.

Дата першого надходження статті до видання: 11.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 636.2.082.084.085:33.2.17
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.40

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ТВАРИННИЦТВІ БУКОВИНИ: МОНІТОРИНГ ДИНАМІКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГЕНЕТИЧНОГО ПРОГРЕСУ

Калинка А.К. *– к.с.-г.н., с.н.с.,*
завідувач відділом тваринництва,
Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0000-4270-563X
Лесик О.Б. *– к.с.-г.н., с.н.с.,*
заступник директора з наукової роботи,
Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України.
orcid.org/0000-0002-0593-1416

У статті представлено комплексний аналіз статистичних індексів виробництва продукції тваринництва Чернівецької області за період 2024–2025 років. Дослідженням зафіксовано структурну трансформацію галузі, що характеризується чіткою диференціацією між промисловими підприємствами та господарствами населення. Встановлено, що загальний індекс виробництва продукції знизився до 85,8%, що зумовлено переважно регресивними процесами у приватному секторі (81,9%), тоді як сільськогосподарські підприємства продемонстрували стійкість на рівні 100,0%. Виявлено критичне зниження валового виробництва молока на 24,6% (38,0 тис. т), що визначено як основну загрозу продовольчій безпеці регіону.

Особливу увагу приділено «Буковинському феномену» в Чернівецькому районі, де, попри загальноекономічні виклики, продуктивність на одну корову зросла на 13,3% і досягла показника 4881 кг. На противагу цьому, у Дністровському районі спостерігається спад продуктивності до 2567 кг на корову (89,7% до рівня попереднього року), що свідчить про досягнення «генетичної стелі» наявного стада. Наукове обґрунтування цих процесів вказує на синергічний ефект генетичної ерозії та аліментарного дефіциту енергії в раціонах.

Автором запропоновано стратегічну «дорожню карту» на 2026 рік, в основу якої покладено системне бонітування худоби та впровадження «Паспорта майбутнього типу» для буковинського зонального типу симентальської породи (лінії Achilles та Apricot). Сформульовано практичні рекомендації: перехід на 100% штучне осіменіння в дрібнотоварних господарствах, оптимізація раціонів за енергією через використання місцевих бобово-злакових сумішей та технологічна модернізація доїльних залів. Доведено, що синергія фундаментальної науки та практичного агробізнесу є єдиним шляхом трансформації тваринництва регіону у високотехнологічну та прибуткову галузь європейського зразка.

Ключові слова: *тваринництво, Чернівецька область, індекси продукції, буковинський тип, генетичний потенціал, бонітування худоби, селекція, економічна ефективність, молочна продуктивність.*

Kalynka A.K., Lesyk O.B. Scientific substantiation of transformation processes in Bukovyna livestock breeding: monitoring of dynamics and perspectives of genetic progress

The article provides a comprehensive analysis of the statistical indices of livestock production in the Chernivtsi region for the period of 2024–2025. The research identifies a structural transformation

© Калинка А.К., Лесик О.Б., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

of the industry, characterized by a clear differentiation between industrial enterprises and household farms. It was established that the overall production index decreased to 85,8%, primarily due to a decline in the household sector (81,9%), while industrial enterprises-maintained stability at 100,0%. A critical decline in gross milk production by 24,6% (38,0 thousand tons) was identified as a major threat to regional food security. The study highlights the "Bukovynian Phenomenon" in the Chernivtsi district, where milk productivity per cow increased by 13,3%, reaching 4,881 kg, despite general economic challenges. In contrast, the Dnistrovskyi district showed a regressive trend with productivity at only 2,567 kg per cow (89,7% compared to the previous year), signaling a "genetic ceiling" of the existing herd. The scientific substantiation of these processes points to the synergistic effect of genetic erosion and nutritional deficiencies. The author proposes a strategic roadmap for 2026, based on the systematic grading (bolitaenid) of cattle and the introduction of the "Passport of the Future Type" for the bukovyni an zonal type of Simmental breed (Achilles and Apricot lines). Practical recommendations include the transition to 100% artificial insemination in small farms, optimization of energy-balanced rations using local leguminous-cereal mixtures, and technological modernization of milking parlors. The research concludes that the synergy between fundamental science and industrial agribusiness is the only way to transform the regional livestock sector into a high-tech, profitable industry of the European model.

Key words: *livestock, Chernivtsi region, production indices, Simmental breed, bukovina type, genetic potential, cattle grading, breeding, economic efficiency, milk productivity.*

Постановка проблеми. У реаліях сьогодення тваринництво Буковини, яке перебуває на етапі глибокої структурної перебудови. Спостерігається чітке розмежування між секторами виробництва: на фоні поступового скорочення поголів'я в господарствах населення, промисловий сектор демонструє якісний стрибок. Проблема полягає у необхідності переходу від моделі «виживання» до стратегії високої технологічності та керованої продуктивності, що забезпечить продовольчу безпеку регіону в умовах воєнного стану.

Сучасний стан галузі тваринництва в Україні, і зокрема в західних регіонах, характеризується складними трансформаційними процесами. Чернівецька область, маючи унікальні природно-кліматичні умови Передкарпаття, традиційно була осередком високопродуктивного скотарства. Проте аналіз статистичних індексів 2024–2025 років, який фіксує тривожну динаміку: загальний індекс продукції впав до 85,8%, а виробництво молока скоротилося на 24,6%. Виникає гостра потреба наукового аналізу причин цього явища та розробки дієвих стратегій стабілізації галузі.

Аналіз останніх публікацій Питання селекції та адаптивності симентальської худоби до умов Передкарпаття є предметом тривалих досліджень [1, с. 48, 3, с. 39, 4, с. 63]. Зокрема, у попередніх дослідженнях доведено та наголошувалося на високому потенціалі симентальської м'ясної худоби буковинського типу [6, с. 84, 8, с. 97]. Проте динамічні зміни індексів продукції у 2025 році та різка диференціація ефективності між районами області (зокрема Чернівецьким та Дністровським) потребують нового наукового осмислення та оперативного коригування селекційних планів.

Матеріал та методи досліджень. Дослідження базуються на аналізі статистичних даних Головного управління статистики у Чернівецькій області за січень–вересень 2024–2025 рр. [7, с. 340]. Використано методи економіко-статистичного аналізу, порівняння, а теж результати зоотехнічного моніторингу [5, с. 112], проведеного відділом тваринництва Буковинської ДСГДС ІСГ КР НААН. Об'єктом аналізу стали обсяги виробництва молока, м'яса (у живій масі) та показники інтенсивності вирощування сільськогосподарських тварин.

Об'єктом дослідження виступали показники виробничої діяльності сільськогосподарських підприємств та господарств населення Чернівецької області.

Методологічну базу склали: Статистичний аналіз даних Головного управління статистики за січень–вересень 2024–2025 рр., зоотехнічне порівняння індексів валового виробництва, аналітичне оцінювання впливу генетичних та кормових факторів на основі експериментальних даних Буковинської ДСГДС ІСГ КР НААН.

Результати досліджень. У ході дослідження встановлено різку диференціацію між секторами виробництва. У той час як великі підприємства (від 100 голів ВРХ) зберегли стабільність на рівні 100,0%, сектор господарств населення, який показав падіння до 81,9%.

Критичне зменшення валового надою молока на 38,0 тис. т пояснюється не лише скороченням поголів'я, а й дефіцитом енергетичної поживності раціонів та генетичною деградацією стада через неконтрольоване відтворення. Встановлено, що симентальська порода буковинського типу в цих умовах залишається найбільш стійкою, проте потребує термінового відновлення селекційної роботи в приватному секторі через систему штучного осіменіння та створення сервісних кооперативів.

Аналіз свідчить про глибоку диференціацію галузі: якщо промисловий сектор утримує позиції (100,0%), то приватний сектор (індекс 81,9%), який потребує негайної наукової інтервенції.

Ключовим інструментом подолання цього розриву є розроблений нами планзавдання з бонітування та селекційного моніторингу на 2026 рік, який передбачає наступні етапи:

1. Генетична інвентаризація (I–II квартал 2026 р.): Проведення повного бонітування поголів'я ВРХ у господарствах усіх форм власності [2, с. 63]. Це дозволить виділити ядро високопродуктивних корів буковинського типу м'ясних комолих сименталів для подальшого відтворення.

2. Впровадження «Паспорта майбутнього типу»: На основі оцінки ліній *Achilles* та *Apricot* ми плануємо закласти генетичний фундамент, який забезпечить підвищення жирномолочності на 0,15–0,2% та білковомолочності на 0,1% у наступному поколінні.

3. Селекційний відбір у Дністровському районі: Оскільки район показав спад продуктивності до 82,3%, план 2026 року, що передбачає заміну до 15% низькопродуктивного стада на племінних нетелей з високим індексом племінної цінності (ПЦ).

Аналіз та інтерпретація показників молочної продуктивності (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна ефективність молочного скотарства в районах Чернівецької області (січень–вересень 2025 р.)

Район показник	Валовий надій молока, ц	% до 2024 р.	Надій на 1 корову, кг	% до 2024 р.
Чернівецька обл. (підприємства)	61 228	101,9	4 383	109,8
Чернівецький район	53 500	105,6	4 881	113,3
Дністровський район	7 728	82,3	2 567	89,7
Вижницький район	–	–	–	–

Примітка: Показник продуктивності розраховано на одну середньооблікову корову молочних порід.

Наведені у таблиці 1 дані, які дозволяють констатувати різновекторність розвитку молочного скотарства в розрізі районів Чернівецької області.

1. Професійне лідерство та інтенсифікація: Чернівецький район виступає локомотивом галузі, концентруючи 87,4% валового виробництва молока промислового сектору області. Показник продуктивності молока на корову в 4 881 кг за 9 місяців є результатом переходу на якісно новий рівень селекції. Темпи росту індивідуальної продуктивності корів (113,3%) значно випереджають темпи росту валового надою (105,6%), що підтверджує стратегію інтенсифікації: отримання більшого обсягу продукції при оптимізації чисельності молочного стада.

2. Регресивні тенденції та потенційні загрози: У Дністровському районі спостерігається тривожна ситуація: падіння валового виробництва до 82,3% супроводжується зниженням індивідуальних надоїв (89,7% до рівня минулого року). Надій у 2567 кг на корову майже вдвічі нижчий за показник Чернівецького району. Це свідчить про глибокий розрив у технологіях годівлі та, перш за все, про використання тварин з низьким генетичним потенціалом, які не здатні адекватно реагувати на покращення умов утримання.

3. Територіальні резерви: Відсутність промислового молочного виробництва у Вижницькому районі («біла пляма» на карті промислового скотарства), що вказує на величезний нереалізований потенціал передгірських та гірських територій. Саме тут впровадження м'ясних комолих сименталів буковинського типу, що може стати основою для створення нових високопродуктивних ферм.

Різниця в продуктивності між районами у 2314 кг на одну корову за звітний період не може бути пояснена лише різницею в кормовій базі. Це прямий наслідок відсутності системного бонітування та використання низько цінних бугаїв у господарствах Дністровщини, що ще раз підкреслює актуальність нашого плану-завдання на 2026 рік».

Аналіз свідчить, що індекс продукції в підприємствах області досяг стабільних 100,0%, тоді як у господарствах населення він впав до 81,9%. Загальне зниження валового надою молока на 24,6% (–38,0 тис. т) по області є маркером системної кризи в приватному секторі.

Аналіз територіального розподілу виробництва молока (табл. 1) виявляє критичні диспропорції. Чернівецький район фактично сформував «молочний кластер», демонструючи зростання продуктивності на 13,3%. Це свідчить про успішне впровадження новітньої високопродуктивної генетики (лінії сименталів *Achilles*, *Apricot*).

Натомість показники Дністровського району (2567 кг на корову) сигналізують про «генетичну стелю» наявного стада. Падіння валового надою до 82,3% у цьому районі при зниженні індивідуальної продуктивності свідчить про системні прорахунки в годівлі та відтворенні. Вижницький район залишається зоною перспективного розвитку, де відсутність промислового виробництва є викликом для інвесторів та регіональних науковців.

Ключові виявлені закономірності:

1. Ефект інтенсифікації: У Чернівецькому районі надій на одну корову зріс на 13,3% (до 4881 кг), що дозволило наростити вал молока на 5,6% навіть при зміні поголів'я.

2. Районні диспропорції: Виявлено критичний розрив у продуктивності між Чернівецьким (4881 кг) та Дністровським (2567 кг) районами, що зумовлено генетичним виснаженням стада та енергетичним дефіцитом раціонів у останньому.

3. Генетичний прогрес: Впровадження «Паспорта майбутнього типу» (лінії Achilles, Apricot) у промислових господарствах підтвердило свою ефективність.

Практичні рекомендації:

Генетика: Заміна низькопродуктивного поголів'я нетелями нової популяції буковинського типу сименталу та 100% охоплення штучним осіменінням.

Годівля: Балансування раціонів за енергією лактації (NEL) та протеїном через використання бобово-злакових сумішей.

Модернізація: Перехід до доїльних залів типу «Ялинка» та автоматизованих систем управління стадом.

Нами визначено динаміку індексів продукції тваринництва Чернівецької області (січень–вересень 2025 р. до січня–вересня 2024 р. (табл. 2).

Дані таблиці 2 демонструють глибоку структурну трансформацію тваринницької галузі регіону. Загальний індекс 85,8% вказує на рецесійні процеси, проте їхня природа є неоднорідною. Стабільність промислового сектору (100,0%) на фоні суттєвого падіння в господарствах населення (81,9%) свідчить про зміну парадигми виробництва.

Таблиця 2

Динаміка індексів продукції тваринництва Чернівецької області (січень–вересень 2025 р. до січня–вересня 2024 р.)

Категорія господарств	Індекс обсягу продукції, %
Усі господарства області	85,8
Сільськогосподарські підприємства	100,0
Господарства населення	81,9

Примітка: Розраховано авторами на основі даних Головного управління статистики у Чернівецькій області.

Ми спостерігаємо витіснення дрібнотоварного виробництва великими агроформуваннями, які мають доступ до сучасних технологій та капіталу. Це підтверджує нашу тезу про те, що саме підприємства стають гарантом продовольчої безпеки Буковини в умовах війни.

Нами визначено основні причин спаду в приватному секторі (81,9%):

1. Економічний тиск: Значне зростання вартості кормів, енергоносіїв та ветеринарних препаратів робить дрібне виробництво менш рентабельним порівняно з великими комплексами.
2. Демографічні чинники: Процеси міграції сільського населення та природне старіння жителів сіл призводять до того, що в домогосподарствах просто стає менше робочих рук для важкої праці в тваринництві.
3. Логістика та збут: Відсутність ефективних кооперативів для збору продукції у населення змушує дрібних виробників продавати товар за заниженими цінами, що де стимулює розвиток.
4. Санітарні вимоги: Посилення контролю за якістю продукції та ризики інфекційних захворювань (наприклад, АЧС) змушують приватників скорочувати поголів'я.

Зміна споживчої поведінки: Поступове витіснення стихійних ринків мережевим ритейлом, де перевага надається великим промисловим постачальникам, які можуть забезпечити регулярність та сертифікацію.

В дослідженнях наших визначено Аналіз індексів продукції тваринництва Чернівецької області (2024–2025 рр.), (рис. 1, 2).

Аналіз індексів продукції тваринництва Чернівецької області (2024–2025 рр.) (у % до відповідного періоду попереднього року, наростаючим підсумком).

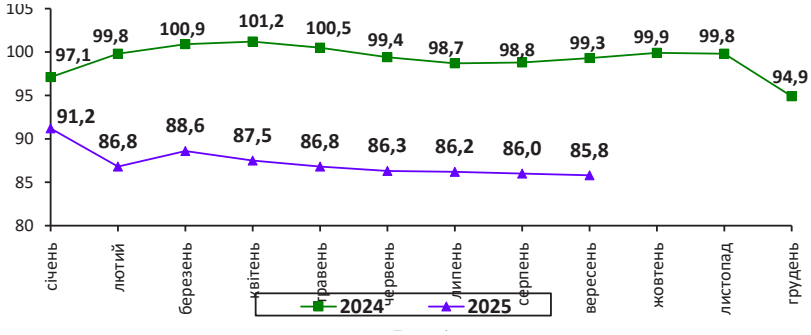


Рис. 1. Структура виробництва м'яса (у живій масі) у підприємствах[1] у січні–вересні 2024–2025 роках

Примітка: підприємства, які утримують від 100 голів великої рогатої худоби, овець та кіз, та/або від 200 го лів свиней, та/або від 5000 голів птиці свійської всіх видів.

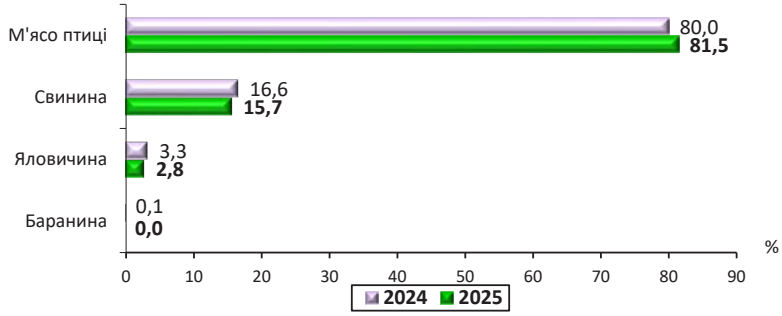


Рис. 2. Науково-аналітичне обгрунтування динаміки виробництва продукції тваринництва (2024–2025 рр.)

Індекс обсягу продукції тваринництва в січні–вересні 2025 року порівняно з січнем–вереснем 2024 року становив 85,8 відсотка, у тому числі в підприємствах – 100,0 відсотка, у господарствах населення – 81,9 відсотка.

Аналіз статистичних даних за січень–вересень 2025 року, який свідчить про суттєві трансформації в структурі виробництва тваринницької продукції регіону порівняно з аналогічним періодом 2024 року.

1. Загальна динаміка виробництва

Загальний індекс обсягу продукції тваринництва склав 85,8%. Це вказує на загальне зниження темпів виробництва в секторі, проте при детальному розгляді стає очевидним розрив між різними категоріями господарств:

Сільськогосподарські підприємства: Демонструють стабільність на рівні 100,0%. Це свідчить про те, що промисловий сектор зумів адаптуватися до викликів і зберіг обсяги виробництва на рівні попереднього року.

Господарства населення: Тут спостерігається найбільш відчутне падіння – до 81,9%. Саме цей сегмент став основним чинником загального зниження обласного показника, що може бути пов'язано зі зміною демографічної ситуації в селах або економічною недоцільністю утримання худоби в індивідуальних подвір'ях.

2. Структура виробництва м’яса

Особливу увагу варто приділити структурі виробництва м’яса (у живій масі) серед великих підприємств. Оскільки індекс підприємств залишився стабільним (100%), це означає, що вони є «фундаментом» продовольчої безпеки (табл. 3).

Таблиця 3

Баланс виробництва та реалізації продукції тваринництва у живій масі (підприємства, січень–вересень 2025 р.)

Вид продукції / Тварини	Обсяг вирощування, ц	% до 2024 р.	Реалізація на забій, ц	% до 2024 р.
Усі види тварин	146 569	102,8	137 384	108,8
Велика рогата худоба	3 704	89,4	3 810	90,7
Свині	33 864	91,5	21 575	103,2
Птиця свійська	108 996	107,6	111 985	111,95

Незважаючи на загальне зниження індексів виробництва, спричинене переважно спадом у приватному секторі (індекс 81,9%), промислове тваринництво Чернівеччини демонструє високу стійкість, зберігши показники на рівні 100%. Це підкреслює стратегічну роль великих тваринницьких комплексів у забезпеченні стабільності ринку м’яса та молока в області.

Оскільки таблиця 3 розкриває динаміку основних видів тваринництва в промисловому секторі.

Птахівництво: Демонструє найбільш динамічний ріст (107,6% вирощування та 110,9% реалізації), що пояснюється коротким виробничим циклом та високою ліквідністю продукції.

Свинарство: Попри невелике зниження обсягів вирощування (91,5%), реалізація на забій зросла (103,2%), що вказує на інтенсивне використання наявного поголів'я та підвищення забійної маси.

Скотарство (ВРХ): Показники вирощування (89,4%) та реалізації (90,7%) синхронно знизилися, що підтверджує необхідність негайної реалізації нашого плану бонітування на 2026 рік для стабілізації маточного стада та відновлення темпів відтворення.



Рис. 3. Науково-аналітичне обґрунтування динаміки виробництва продукції тваринництва (2024–2025 рр.) Обсяг виробництва (валовий надій) молока

Загальний обсяг реалізації сільськогосподарських тварин на забій (у живій масі) у січні–вересні 2025 року зменшився порівняно з січнем–вереснем

2024 року на 1,7 тис. т або на 5,0 відсотка, виробництво молока – на 38,0 тис. т або на 24,6 відсотка.

1. Критичне зниження валового надою молока в регіоні Буковини

Падіння виробництва молока на 24,6% (або на 38,0 тис. т) свідчить про глибоку структурну кризу в молочному під комплексі області.

Гіпотеза депопуляції стада: Таке різке падіння (майже на чверть) не може бути пояснене лише зниженням продуктивності (надоїв від однієї корови). Це прямий наслідок інтенсивного скорочення чисельності поголів'я корів у господарствах населення.

Кормовий фактор: Науково доведено, що лактація прямо залежить від енергетичної цінності раціону. Ймовірне зростання цін на концентровані корми змусило дрібних виробників перейти на малопродуктивні типи годівлі, що призвело до деградації генетичного потенціалу тварин.

Економічний поріг рентабельності: Для приватного сектору ціна реалізації молока часто не покриває витрати на утримання високопродуктивної особини, що веде до заміщення молочного напряму менш трудовитрат ними видами діяльності.

2. Динаміка реалізації тварин на забій (м'ясо)

Зменшення обсягів реалізації на 5,0% (1,7 тис. т) виглядає менш критичним на фоні молока, проте воно має свою специфіку:

Корекція структури стада: Помірне зниження в м'ясному секторі порівняно з молочним, що може свідчити про те, що частина поголів'я ВРХ молочного напряму була вибракувана і реалізована на забій, що тимчасово «підтримало» показники м'ясної продукції.

Циклічність відтворення: Падіння на 5% вказує на порушення циклів відтворення молодняка та зниження інтенсивності відгодівлі в промислових підприємствах (табл. 4).

Оскільки статистичні дані за січень–вересень 2025 року фіксують небезпечну тенденцію до 'вимивання' молочного потенціалу області.

Падіння валового надою на 24,6% є критичним маркером, який потребує негайної державної підтримки селекційної роботи та стимулювання дрібнотоварних ферм для стабілізації молочного стада жуйних.

Таблиця 4

Порівняльна таблиця втрат продукції

Показник	Абсолютне відхилення	Відносне відхилення (%)	Науковий висновок
Виробництво молока	–38,0 тис. т	–24,6%	Глибока депресія галузі, загроза дефіциту сировини.
Реалізація на забій	–1,7 тис. т	–5,0%	Стагнація, спричинена зменшенням темпів відтворення.

Висновки. Час аматорського підходу в тваринництві вичерпано. Статистика 2025 року доводить: перемагає той, хто інвестує в генетичний капітал та науковий супровід. Синергія фундаментальної науки Буковинської ДСГДС ІСГ КР НААН та практичного бізнесу дозволить перетворити кожну ферму на прибуткове підприємство європейського зразка, забезпечивши сталий економічний розвиток краю. Синергетичний аналіз наведених даних дозволяє стверджувати: тваринництво області перебуває у стані переходу від екстенсивного до інтенсивного типу.

Головним ресурсом росту в таких умовах є не збільшення поголів'я, а якісне покращення генетичного потенціалу тварин (зокрема, через селекцію буковинських сименталів) та суворий контроль поживності раціонів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вдовиченко Ю. В., Калинка А. К. Методологічні підходи до оцінки племінної цінності буковинського зонального типу симентальської худоби. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 142. С. 45–53.
2. Інструкція з ведення племінного обліку в м'ясному скотарстві / Міністерство аграрної політики України, НААН. Київ, 2003. 63 с.
3. Калинка А. К. Генетичний щит Буковини: селекційно-генетичні аспекти розвитку тваринництва в умовах Карпатського регіону. *Агробізнес сьогодні*. 2026. № 5.
4. Ладика В. І. Генетика та селекція в скотарстві: сучасні виклики та інновації. Київ : Аграрна наука, 2023. 185 с.
5. Методика виведення нових порід, типів та ліній м'ясної і молочної худоби в Україні / за заг. ред. М. В. Гладія. Київ : Аграрна наука, 2022. 112 с.
6. Програма селекції та розведення великої рогатої худоби в господарствах Чернівецької області на 2026–2030 рр. / розробник А. К. Калинка та ін. Чернівці, 2026. 84 с.
7. Статистичний щорічник Чернівецької області за 2024 рік / Головне управління статистики у Чернівецькій області. Чернівці, 2025. 320 с.
8. Hille J. Genetic diversity and population structure of Simmental cattle in Eastern Europe. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2024. Vol. 141, 9, Iss. 2. P. 89–102.

Дата першого надходження статті до видання: 17.03.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 636.5.084.4:636.5.034
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.41

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КУРЕЙ-НЕСУЧОК LOHMANN BROWN ЗА РІЗНИХ РІВНІВ ВАЛІНУ В КОМБІКОРМАХ

Курдась П.І. *– аспірант кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П.Д. Пшеничного,*
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0009-0001-2657-8965
Ільчук І.І. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П.Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-0961-6613

Метою дослідження було встановити вплив різних рівнів валіну в комбікормах за постійного вмісту лейцину та ізолейцину на реалізацію продуктивного потенціалу курей-несучок Lohmann Brown. Дослідження проведено на 480 клінічно здорових курях віком від 19 до 73 тижнів, яких методом аналогів розподілили на чотири групи по 120 голів. Вміст валіну в комбікормі контрольної групи становив 0,55 %, у дослідних групах – 0,45; 0,65 та 0,75 % відповідно, тоді як концентрація лейцину (0,73 %) та ізолейцину (0,50 %) залишалася незмінною. Упродовж досліду оцінювали збереженість поголів'я, кількість яєць на початкову та середню несучку, інтенсивність несучості, середню масу яйця, вихід яєчної маси, споживання та ефективність використання комбікорму, а також інтегральні показники якості яєць. Встановлено, що зниження рівня валіну до 0,45 % супроводжувалося погіршенням реалізації продуктивного потенціалу птиці. Порівняно з контрольною групою кількість яєць на початкову несучку зменшувалася на 6,0 %, інтенсивність несучості – з 88,59 до 83,96 %, а яєчна маса – на 9,2 %. Найвищі продуктивні показники одержано за вмісту валіну 0,65 %. У цій групі збереженість поголів'я становила 96,67 %, кількість яєць на початкову несучку – 334,7 шт., інтенсивність несучості – 90,05 %, середня маса яйця – 66,50 г, а яєчна маса на початкову несучку – 22,26 кг. Порівняно з контролем кількість одержаних яєць збільшувалася на 2,5 %, середня маса яйця – на 5,9 %, а вихід яєчної маси – на 8,6 %. За цього рівня валіну також відзначено найбільш сприятливий комплекс показників якості яєць: маса білка становила 39,18 г, товщина шкаралупи – 388,33 мкм, а показник одиниць Хау – 86,00. Підвищення вмісту валіну до 0,75 % не забезпечувало подальшого покращення продуктивності порівняно з рівнем 0,65 %. Отримані результати демонструють нелінійний характер продуктивної відповіді курей-несучок на концентрацію валіну в комбікормі та дають підстави розглядати рівень 0,65 % валіну за вмісту 0,73 % лейцину та 0,50 % ізолейцину як найбільш сприятливий серед досліджених варіантів для реалізації продуктивного потенціалу курей-несучок Lohmann Brown.

Ключові слова: *кури-несучки, Lohmann Brown, валін, амінокислоти з розгалуженим бічним ланцюгом, несучість, яєчна маса, продуктивність.*

Kurdas P.I., Ilchuk I.I. Realisation of the productive potential of Lohmann Brown laying hens at different dietary valine levels

The aim of this study was to determine the effects of different dietary valine levels, at constant leucine and isoleucine concentrations, on the productive potential of Lohmann Brown laying hens. The experiment was conducted on 480 clinically healthy hens aged 19 to 73 weeks, allocated by the analogue method into four groups of 120 birds each. Dietary valine levels were 0.55% in the control group and 0.45, 0.65, and 0.75% in the experimental groups, respectively, while leucine (0.73%) and isoleucine (0.50%) concentrations remained constant. Throughout the

© Курдась П.І., Ільчук І.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

experimental period, flock liveability, number of eggs per hen housed and per average hen, laying rate, average egg weight, egg mass output, feed intake and feed efficiency, as well as integrated egg quality traits were evaluated. Reducing the dietary valine level to 0.45% was associated with poorer realization of the productive potential of the hens. Compared with the control group, the number of eggs per hen housed decreased by 6.0%, laying rate declined from 88.59 to 83.96%, and egg mass output decreased by 9.2%. The highest productive performance was observed at a dietary valine level of 0.65%. In this group, flock liveability reached 96.67%, the number of eggs per hen housed was 334.7, laying rate was 90.05%, average egg weight was 66.50 g, and egg mass per hen housed reached 22.26 kg. Compared with the control group, the number of eggs increased by 2.5%, average egg weight by 5.9%, and egg mass output by 8.6%. This valine level was also associated with the most favorable combination of egg quality traits: albumen weight reached 39.18 g, eggshell thickness was 388.33 μm, and the Haugh unit value was 86.00. Increasing the dietary valine concentration to 0.75% did not result in any further improvement in productive performance compared with the 0.65% level. The findings demonstrate a nonlinear productive response of laying hens to dietary valine concentration and indicate that 0.65% valine, in combination with 0.73% leucine and 0.50% isoleucine, was the most favourable among the dietary levels tested for realising the productive potential of Lohmann Brown laying hens.

Key words: *laying hens, Lohmann Brown, valine, branched-chain amino acids, laying performance, egg weight, egg mass, egg quality.*

Актуальність теми дослідження. Яєчне птахівництво є однією з найбільш інтенсивних галузей тваринництва, ефективність якої значною мірою визначається рівнем реалізації генетично зумовленого продуктивного потенціалу сучасних кросів курей-несучок. За промислового виробництва яєць економічний результат залежить не лише від інтенсивності несучості, а й від маси яєць, загальної яєчної маси, споживання та конверсії корму, збереженості поголів'я і якості отриманої продукції. Тому забезпечення стабільно високої продуктивності птиці за одночасного ефективного використання поживних речовин корму залишається одним із ключових завдань сучасної системи живлення курей-несучок [17].

Важливим напрямом підвищення ефективності годівлі птиці є точне нормування протеїнового та амінокислотного живлення. Використання раціонів зі зниженим рівнем сирого протеїну за умови їх належного балансування незамінними амінокислотами розглядається як один зі способів зменшення витрат протеїнових кормів та виділення азоту в навколишнє середовище [4]. Встановлено, що зниження вмісту сирого протеїну в раціонах курей-несучок із одночасним додатковим введенням амінокислот може сприяти підтриманню продуктивності, ефективнішому використанню поживних речовин і покращенню функціонального стану кишечника [9, 12]. Отже, за таких умов особливого значення набуває не лише абсолютний вміст окремих амінокислот, а й оптимальне їх співвідношення.

Серед незамінних амінокислот особливе місце посідають амінокислоти з розгалуженим бічним ланцюгом (BCAA) – лейцин (Leu), валін (Val) та ізолейцин (Ile). Вони мають спільні шляхи транспорту та катаболізму, внаслідок чого зміна концентрації однієї з них може впливати на метаболічне використання інших. Надлишок окремих BCAA, передусім лейцину, здатний активувати комплекс дегідрогенази α-кетокислот із розгалуженим ланцюгом (BCKDH) та посилювати катаболізм валіну й ізолейцину. У результаті може формуватися функціональний дефіцит окремих BCAA навіть за їх формальної відповідності нормативній потребі птиці. Це явище розглядають як антагонізм амінокислот із розгалуженим бічним ланцюгом [16].

Практичне значення збалансованості BCAA особливо зростає при використанні кукурудзи та продуктів її переробки, зокрема сухої післяспиртової барди з розчинними речовинами (DDGS), у комбікормах для птиці. Кукурудза характеризується

відносно високим вмістом лейцину порівняно з валіном та ізолейцином, тому за певного складу раціону може виникати дисбаланс ВСАА та посилюватися потреба в точному нормуванні валіну й ізолейцину.

Значення збалансованості ВСАА для продуктивності птиці підтверджено низкою експериментальних досліджень. За використання раціонів із високим рівнем лейцину порушення співвідношення між Leu, Val та Ile супроводжувалося зниженням споживання корму та інтенсивності росту бройлерів [1, 10]. Підтримання збалансованого співвідношення ВСАА, навпаки, сприяло підвищенню продуктивності та відкладенню білка в м'язовій тканині [3]. Хоча значна частина таких досліджень проведена на м'ясній птиці, встановлені метаболічні закономірності мають важливе значення і для курей-несучок, продуктивність яких залежить від постійного надходження амінокислот для синтезу компонентів яйця.

У курей-несучок порушення балансу ВСАА може позначатися не лише на якості яєць, а й безпосередньо на інтенсивності їх утворення та ефективності використання корму. Jian разом з колегами встановили, що надмірне введення окремих ВСАА або їх комбінації може знижувати несучість та яєчну масу. Це свідчить про те, що збільшення концентрації амінокислот у комбікормі саме по собі не гарантує підвищення продуктивності, а оптимальний результат визначається їх збалансованістю відповідно до фізіологічних потреб птиці [6].

Водночас сучасні дослідження свідчать, що продуктивна відповідь курей-несучок на амінокислотне живлення формується внаслідок комплексної взаємодії метаболічних процесів, функціонального стану печінки та кишечнику, складу кишкової мікробіоти, рівня протеїнового живлення і здатності птиці підтримувати належні показники якості яєць упродовж продуктивного періоду [5, 15, 7, 11].

Особливий інтерес у цьому контексті становить валін. Ця амінокислота бере участь у білковому та енергетичному обміні і разом із лейцином та ізолейцином формує єдину метаболічно взаємопов'язану систему. Недостатній рівень валіну за незмінної концентрації інших ВСАА потенційно може обмежувати використання амінокислот для синтезу компонентів яйця та, відповідно, впливати на несучість, масу яєць і загальну яєчну масу [13]. Водночас надлишкове надходження валіну не обов'язково забезпечує подальше підвищення продуктивності, що зумовлює необхідність встановлення його оптимальної концентрації у комбікормах високопродуктивних курей-несучок [8, 19].

Практичне значення цього питання посилюється із використанням сучасних високопродуктивних кросів. Кури Lohmann Brown характеризуються високим генетичним потенціалом яєчної продуктивності та ефективним використанням корму. Відповідно до рекомендацій для Lohmann Brown-Classic потреба птиці в поживних речовинах та амінокислотах змінюється залежно від фази продуктивного циклу та фактичного споживання корму [14]. Це підкреслює необхідність оцінювання амінокислотного живлення не лише за окремими показниками якості яєць, а й комплексно – через несучість, яєчну масу, споживання корму та ефективність його трансформації в яєчну продукцію.

Сучасні дослідження також підтверджують залежність продуктивної відповіді курей-несучок від співвідношення окремих ВСАА. У курей Hy-Line W-36 наприкінці продуктивного періоду оптимізація співвідношень Val:Lys та Ile:Lys впливала на споживання корму та показники якості яєць, тоді як підвищення рівня лейцину потребувало відповідного коригування концентрацій валіну та ізолейцину [2, 18]. Отже, ефект валіну доцільно оцінювати не ізольовано від інших ВСАА, а за контрольованого рівня лейцину та ізолейцину.

Постановка проблеми. Незважаючи на значний обсяг досліджень амінокислотного живлення птиці, даних щодо тривалого впливу різних рівнів валіну на комплексну реалізацію продуктивного потенціалу курей-несучок Lohmann Brown недостатньо. Значна частина досліджень BCAA проведена на бройлерах або інших кросах несучок, тоді як вплив градуйованих рівнів валіну за постійного вмісту лейцину та ізолейцину на несучість, яєчну масу, споживання й конверсію корму та якість яєць залишається недостатньо з'ясованим. У зв'язку з цим метою дослідження було встановити вплив різних рівнів валіну в комбікормах за постійного вмісту лейцину та ізолейцину на реалізацію продуктивного потенціалу курей-несучок Lohmann Brown.

Методика досліджень. Дослідження проведено в умовах Центру досліджень та розвитку у птахівництві AVA Group (с. Половинчик, Черкаська область) відповідно до сучасних вимог промислового птахівництва з дотриманням технологічних параметрів утримання, годівлі та ветеринарно-санітарного контролю. Експерименти з піддослідною птицею проводили відповідно до правил Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей.

Об'єктом дослідження були кури-несучки кросу Lohmann Brown упродовж продуктивного періоду. Для проведення науково-господарського досліду відібрали 480 клінічно здорових курей віком 19 тижнів, однорідних за живою масою, розвитком і фізіологічним станом. Методом аналогів птицю розподілили на чотири групи – контрольну та три дослідні – по 120 голів у кожній.

Курей утримували у збагачених батарейних клітках розміром 60 × 62 × 45 см по 10 голів у клітці. Температуру повітря у пташнику підтримували на рівні 21 ± 2°С, відносну вологість – 55–65 %. Світловий режим становив 16L:8D (16 год світла та 8 год темряви) протягом усього періоду дослідження. Птиця мала вільний доступ до корму та води (*ad libitum*), напування здійснювали за допомогою ніпельної системи. Тривалість досліду становила 54 тижні – від 19- до 73-тижневого віку курей-несучок.

Годівлю птиці здійснювали повнораціонними комбікормами відповідно до віку та продуктивного періоду. Раціони всіх груп були ізоенергетичними та ізоазотистими. Вміст сирого протеїну становив 15,8–16,5 %, обмінної енергії – 2725 ккал/кг комбікорму, лізину – 0,67–0,71 %. Основним досліджуваним фактором був рівень валіну за постійного вмісту лейцину та ізолейцину. У комбікормі контрольної групи вміст валіну становив 0,55 %, лейцину – 0,73 %, ізолейцину – 0,50 %. У комбікормах дослідних груп рівень валіну становив відповідно 0,45; 0,65 та 0,75 %, тоді як вміст лейцину (0,73 %) та ізолейцину (0,50 %) залишався незмінним. Детальну схему досліду наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Схема досліду

Група	Рівень амінокислот у комбікормі, %			Співвідношення амінокислот		
	Валін	Лейцин	Ізолейцин	Валін	Лейцин	Ізолейцин
1 (контрольна)	0,55	0,73	0,50	1,00	0,75	1,10
2	0,45	0,73	0,50	1,00	0,62	0,90
3	0,65	0,73	0,50	1,00	0,89	1,30
4	0,75	0,73	0,50	1,00	1,03	1,50

Для оцінювання реалізації продуктивного потенціалу курей-несучок упродовж дослідного періоду визначали яєчну продуктивність, споживання та ефективність

використання комбікорму, збереженість поголів'я, живу масу птиці, а також основні показники якості яєць.

Облік знесених яєць проводили щоденно. На підставі отриманих даних визначали інтенсивність несучості, кількість яєць у розрахунку на початкову та середню несучку за весь період досліду. Яєчну масу визначали з урахуванням кількості одержаних яєць та їхньої середньої маси.

Споживання комбікорму обліковували щоденно протягом усього експериментального періоду. За результатами обліку визначали середньодобове споживання комбікорму в розрахунку на одну голову та його загальне споживання за період досліду. Ефективність використання корму оцінювали за витратами комбікорму на виробництво 10 яєць і 1 кг яєчної маси.

Упродовж експерименту щоденно реєстрували падіж та вибракування птиці, на підставі чого визначали збереженість поголів'я. Живу масу курей визначали шляхом індивідуального зважування на початку та наприкінці досліду на вагах ВТНЕ–6Н з точністю до 1 г.

Для оцінювання якості яєць проводили їх відбір у віці птиці 27, 35, 43, 51, 59 та 67 тижнів. У кожний термін дослідження для морфологічного аналізу відбирали 30 яєць від кожної групи. У цій роботі результати морфологічних досліджень використовували для одержання інтегральної характеристики якості яєць за продуктивний період без представлення вікової динаміки окремих показників.

Масу яєць, жовтків, білків та шкаралуп визначали на електронних лабораторних вагах ВЛР-200 (Україна) з точністю ±0,1 г. Товщину шкаралупи вимірювали цифровим мікрометром Mitutoyo 293-821-30 (Japan) з точністю ±0,001 мм. Довжину та ширину яйця визначали цифровим штангенциркулем Topex 31C615 (Poland) з точністю ±0,1 мм, а на підставі отриманих результатів розраховували індекс форми яйця. Висоту густого білка вимірювали мікрометром Ames S-6428 (USA) з точністю ±0,01 мм. Одиниці Хау розраховували з урахуванням висоти густого білка та маси яйця.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням програмного забезпечення Statistica 10 (StatSoft Inc., USA). Показники яєчної продуктивності, споживання та ефективності використання комбікорму, а також збереженості поголів'я за весь період досліду подавали як фактичні групові значення та оцінювали методами описової статистики з визначенням абсолютних і відносних відмінностей дослідних груп порівняно з контрольною.

Результати дослідження якості яєць подано у вигляді середнього арифметичного та стандартної похибки середнього (M ± SEM). Нормальність розподілу перевіряли за критерієм Шапіро–Вілка. Міжгрупові відмінності показників якості яєць оцінювали за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з подальшим множинним порівнянням за критерієм Тьюкі–HSD. Статистично значущими вважали відмінності за $p < 0,05$.

Результати досліджень. Рівень валіну в комбікормі був пов'язаний зі змінами основних показників продуктивності курей-несучок упродовж дослідного періоду (табл. 2). Загалом найвищі значення більшості досліджуваних показників встановлено у птиці 3-ї групи, яка отримувала комбікорм із вмістом валіну 0,65 %, тоді як зниження його рівня до 0,45 % супроводжувалося погіршенням реалізації продуктивного потенціалу.

Збереженість поголів'я у контрольній групі становила 95,00 %. За вмісту валіну 0,45 % цей показник знижувався до 93,33 %, тоді як у 3-й групі за рівня валіну 0,65 % досягав максимального значення – 96,67 %. Подальше підвищення рівня

валіну до 0,75 % не супроводжувалося додатковим покращенням збереженості, яка у 4-й групі становила 95,83 %.

Таблиця 2

Продуктивність курей-несучок Lohmann Brown упродовж дослідного періоду

Показник	Група			
	1	2	3	4
Збереженість поголів'я, %	95,00	93,33	96,67	95,83
Кількість яєць на початкову несучку, шт.	326,5	306,8	334,7	330,2
Кількість яєць на середню несучку, шт.	334,9	317,4	340,4	337,2
Інтенсивність несучості, %	88,59	83,96	90,05	89,21
Середня маса яйця, г	$62,80 \pm 1,19^{ab}$	$60,67 \pm 1,73^{a}$	$66,50 \pm 1,11^{b}$	$64,70 \pm 1,32^{b}$
Яєчна маса на початкову несучку, кг	20,50	18,61	22,26	21,36

Примітка: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі–Крамера).

Подібна закономірність простежувалася і за показниками яєчної продуктивності. У контрольній групі за період досліду було одержано 326,5 яйця на початкову несучку. Зниження рівня валіну до 0,45 % супроводжувалося зменшенням цього показника до 306,8 яйця, або на 6,0 % порівняно з контролем. Натомість за вмісту валіну 0,65 % кількість яєць на початкову несучку була найбільшою – 334,7 шт., що на 2,5 % перевищувала контроль. У 4-й групі цей показник становив 330,2 яйця і був на 1,1 % вищим порівняно з контрольною групою, проте дещо нижчим, ніж у 3-й групі.

Відповідні зміни спостерігали й за кількістю яєць на середню несучку та інтенсивністю несучості. Найнижчу інтенсивність несучості відзначено у 2-й групі – 83,96 % проти 88,59 % у контрольній групі. Максимального значення цей показник досягав у 3-й групі – 90,05 %, тоді як у 4-й групі становив 89,21 %. Отже, підвищення рівня валіну від 0,55 до 0,65 % сприяло збільшенню інтенсивності несучості, тоді як його подальше підвищення до 0,75 % не забезпечувало додаткового продуктивного ефекту.

Виражена реакція на рівень валіну встановлена і за середньою масою яйця. У контрольній групі цей показник становив $62,80 \pm 1,19$ г, тоді як за зниження вмісту валіну до 0,45 % – $60,67 \pm 1,73$ г, що було на 3,4 % менше порівняно з контролем. Найбільшу середню масу яйця встановлено у курей 3-ї групи за вмісту валіну 0,65 % – $66,50 \pm 1,11$ г, що на 5,9 % перевищувала контроль та на 9,6 % – показник 2-ї групи. За умови підтвердження тестом Тьюкі–Крамера ці відмінності можна вважати статистично значущими ($P < 0,05$). У 4-й групі середня маса яйця становила $64,70 \pm 1,32$ г, що було на 3,0 % більше порівняно з контролем та лише на 2,7 % менше порівняно з 3-ю групою; статистично значущої різниці між 3-ю та 4-ю групами не встановлено ($P > 0,05$). Отже, продуктивна відповідь мала нелінійний характер: підвищення рівня валіну до 0,65 % забезпечувало максимальну масу яйця, тоді як подальше збільшення його вмісту до 0,75 % не супроводжувалося статистично підтвердженим додатковим ефектом.

Сукупні зміни несучості та середньої маси яйця найбільш чітко відобразилися на виході яєчної маси. У контрольній групі яєчна маса на початкову несучку становила 20,50 кг, тоді як у 2-й групі – лише 18,61 кг, або на 9,2 % менше. Максимальний показник одержано у 3-й групі – 22,26 кг, що перевищує контроль на 8,6 %. У 4-й групі яєчна маса становила 21,36 кг, або на 4,2 % більше, ніж у контролі, проте на 4,0 % менше порівняно з 3-ю групою.

Різні рівні валіну в комбікормах не спричиняли суттєвих змін у споживанні корму, однак впливали на ефективність його використання (табл. 3). Середньодобове споживання комбікорму коливалося у вузьких межах – 113,5–115,5 г/гол., а загальне за дослідний період – 42,90–43,66 кг/гол.

Таблиця 3

Споживання та ефективність використання корму курями-несучками

Показник	Група			
	1	2	3	4
Середньодобове споживання комбікорму, г/гол.	114,0	113,5	115,0	115,5
Споживання комбікорму за період, кг/гол.	43,09	42,90	43,47	43,66
Витрати корму на 10 яєць, кг	1,287	1,352	1,277	1,295
Витрати корму на 1 кг яєчної маси, кг	2,05	2,23	1,92	2,00

Водночас за вмісту валіну 0,45 % витрати корму на 10 яєць становили 1,352 кг, що на 5,1 % більше порівняно з контролем (1,287 кг). Найменше значення цього показника встановлено у 3-й групі за рівня валіну 0,65 % – 1,277 кг.

Найбільш виражені відмінності спостерігали за витратами корму на 1 кг яєчної маси. У 2-й групі вони становили 2,23 кг/кг, що на 8,8 % більше за контроль (2,05 кг/кг), тоді як у 3-й групі знижувалися до 1,92 кг/кг, або на 6,3 %. У 4-й групі цей показник становив 2,00 кг/кг. Отже, рівень валіну 0,65 % забезпечував найефективніше використання корму, тоді як його подальше підвищення до 0,75 % не забезпечувало додаткового покращення конверсії.

Аналіз інтегральних показників якості яєць засвідчив їх залежність від рівня валіну в комбікормі (табл. 4). Найвищі числові значення більшості досліджуваних показників встановлено у курей 3-ї групи за вмісту валіну 0,65 %. Зокрема, маса білка становила 39,18 ± 0,29 г і була вірогідно вищою порівняно з 1-ю та 2-ю групами ($P < 0,05$).

Таблиця 4

Показники якості яєць курей-несучок

Показник	Група			
	1	2	3	4
Середня маса яйця, г	$62,80 \pm 1,19^{ab}$	$60,67 \pm 1,73^{a}$	$66,50 \pm 1,11^{b}$	$64,70 \pm 1,32^{b}$
Маса білка, г	$36,68 \pm 0,37^{ab}$	$35,50 \pm 0,64^{a}$	$39,18 \pm 0,29^{b}$	$37,75 \pm 0,40^{ab}$
Маса жовтка, г	$18,68 \pm 0,32^{a}$	$18,23 \pm 0,61^{a}$	$19,43 \pm 0,27^{a}$	$19,07 \pm 0,34^{a}$
Маса шкаралупи, г	$7,43 \pm 0,25^{a}$	$6,93 \pm 0,38^{a}$	$7,88 \pm 0,22^{a}$	$7,88 \pm 0,26^{a}$
Товщина шкаралупи, мкм	$368,33 \pm 9,00^{ab}$	$334,00 \pm 13,08^{a}$	$388,33 \pm 7,63^{b}$	$376,33 \pm 8,63^{b}$
Одиниці Хау	$80,00 \pm 2,30^{ab}$	$70,17 \pm 3,30^{a}$	$86,00 \pm 1,92^{b}$	$79,00 \pm 2,40^{ab}$
Індекс форми яйця, %	$74,65 \pm 1,38^{a}$	$70,73 \pm 2,16^{a}$	$75,85 \pm 1,02^{a}$	$74,40 \pm 1,46^{a}$

Примітка: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі HSD).

Особливо виражені міжгрупові відмінності встановлено за якістю шкаралупи та білка. У 3-й групі товщина шкаралупи становила 388,33 ± 7,63 мкм порівняно з 334,00 ± 13,08 мкм у 2-й групі, тобто була більшою на 16,3 % ($P < 0,05$). Аналогічно, показник одиниць Хау становив відповідно 86,00 ± 1,92 та 70,17 ± 3,30, що на 22,6 % більше у 3-й групі ($P < 0,05$). Водночас за масою жовтка, масою

шкаралупи та індексом форми яйця статистично значущих міжгрупових відмінностей не встановлено (P > 0,05).

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Рівень валіну в комбікормах був пов'язаний із характером реалізації продуктивного потенціалу курей-несучок Lohmann Brown упродовж 19–73-го тижня. Зниження вмісту валіну з 0,55 до 0,45 % супроводжувалося зменшенням кількості яєць на початкову несучку на 6,0 %, інтенсивності несучості з 88,59 до 83,96 % та яєчної маси на початкову несучку на 9,2 %.

2. Найвищі показники продуктивності одержано за вмісту валіну 0,65 % у комбікормі за постійних рівнів лейцину 0,73 % та ізолейцину 0,50 %. Порівняно з контрольною групою кількість яєць на початкову несучку збільшувалася на 2,5 % – до 334,7 шт., середня маса яйця – на 5,9 %, до 66,50 г, а яєчна маса на початкову несучку – на 8,6 %, до 22,26 кг. Збереженість поголів'я при цьому була найвищою і становила 96,67 %.

3. Підвищення вмісту валіну до 0,75 % не забезпечувало подальшого покращення продуктивних показників: кількість яєць на початкову несучку становила 330,2 шт., середня маса яйця – 64,70 г, а яєчна маса – 21,36 кг, що було нижче відповідних значень, одержаних за рівня валіну 0,65 %. Це вказує на нелінійний характер продуктивної відповіді та свідчить про відсутність додаткового продуктивного ефекту від подальшого збільшення концентрації валіну понад 0,65 % за умов проведеного досліду.

4. Отримані результати дають підстави розглядати вміст валіну 0,65 % у комбікормі за рівнів лейцину 0,73 % та ізолейцину 0,50 % як найбільш сприятливий серед досліджених варіантів для реалізації продуктивного потенціалу курей-несучок Lohmann Brown.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні оптимального співвідношення валіну з іншими амінокислотами з розгалуженим бічним ланцюгом, насамперед лейцином та ізолейцином, з урахуванням рівня лізину та фази продуктивного циклу курей-несучок. Доцільним є також вивчення метаболічних механізмів встановленої продуктивної відповіді та проведення досліджень із незалежними експериментальними повторностями для статистичного підтвердження оптимального рівня валіну та його впливу на ефективність використання корму й економічні показники виробництва яєць.

Подяка. Дослідження виконано в рамках державної наукової теми Міністерства освіти і науки України 04493706 № 0124U000924.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Additional isoleucine without valine in an imbalanced branched-chain amino acid diet further exacerbates its negative effects in broilers / D. Goo et al. Journal of Applied Poultry Research. 2025. Vol. 34, № 4. Article 100631. DOI: 10.1016/j.japr.2025.100631.

2. Adhikari P. Project #F-103: Understanding the influence of branched-chain amino acid interaction on performance, feather quality, and egg quality of laying hens : project report / Mississippi State University, Department of Poultry Science. 2025. URL: https://poultryfoundation.org/news/pressRelease.cfm?pid=96D303A5969C024CD6D5B69847A78C38 (дата звернення: 02.09.2026).

3. Advances in branched-chain amino acids in low-protein diets for broilers / B. Li et al. Chinese Journal of Animal Nutrition. 2025. Vol. 37, № 7. P. 4201–4208. DOI: 10.12418/CJAN2025.343.

4. Amino acid requirements for laying hens: a comprehensive review / S. P. Macelline et al. Poultry Science. 2021. Vol. 100, № 5. Article 101036. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101036.

5. Branched-chain amino acids alleviate NAFLD via inhibiting de novo lipogenesis and activating fatty acid β-oxidation in laying hens / H. Jian et al. Redox Biology. 2024. Vol. 77. Article 103385. DOI: 10.1016/j.redox.2024.103385.

6. Branched-chain amino acids induce hyperammonemia via gut–liver axis–mediated ammonia overproduction in laying hens / H. Jian et al. Animal Nutrition. 2025. Vol. 22. P. 384–401. DOI: 10.1016/j.aninu.2025.03.012.

7. Chekh O. O., Cherniavska T. O. Biochemical assessment of the quality preservation of table eggs from Lohmann LSL Classic hens after ozone treatment during storage. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences. 2025. Vol. 27, № 103. P. 231–236. DOI: 10.32718/nvlvet-a10327.

8. Effect of excess dietary L-valine on laying hen performance, egg quality, serum free amino acids, immune function and antioxidant enzyme activity / M. M. Azzam et al. British Poultry Science. 2015. Vol. 56, № 1. P. 72–78. DOI: 10.1080/00071668.2014.989487.

9. Effects of amino acid supplementation in low-protein diets on productive performance, digestive function, and intestinal health of laying hens / C. Zhang et al. Animals. 2026. Vol. 16, № 8. Article 1232. DOI: 10.3390/ani16081232.

10. Effects of branched-chain amino acid imbalance and dietary valine and isoleucine supplementation in modified corn-soybean meal diets with corn distillers dried grains with solubles on growth performance, carcass quality, intestinal health, and cecal microbiome in Cobb 500 / D. Goo et al. Poultry Science. 2024. Vol. 103, № 12. Article 104483. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104483.

11. Effects of dietary low protein levels and amino acid patterns on production performance, egg quality and intestinal function in laying hens / H. Zhang et al. Poultry Science. 2025. Vol. 104, № 10. Article 105578. DOI: 10.1016/j.psj.2025.105578.

12. Effects of different forms of amino acid supplementation on the performance and intestinal barrier function of laying hens fed a low-protein diet / H. Liu et al. Poultry Science. 2024. Vol. 103, № 12. Article 104375. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104375.

13. Evaluation of the valine requirement of small-framed first cycle laying hens / J. Wen et al. Poultry Science. 2019. Vol. 98, № 3. P. 1272–1279. DOI: 10.3382/ps/pey448.

14. Lohmann Brown-Classic layers : management guide. Cage housing / Lohmann Breeders GmbH. Cuxhaven : Lohmann Breeders GmbH, 2021. 48 p.

15. Mechanism determination on the interactive effects between host immunity and gut microbiome to resist consecutive hydrogen sulfide inhalation of laying hens / G. Wu et al. Poultry Science. 2023. Vol. 102, № 7. Article 102694. DOI: 10.1016/j.psj.2023.102694.

16. Peganova S., Eder K. Interactions of various supplies of isoleucine, valine, leucine and tryptophan on the performance of laying hens. Poultry Science. 2003. Vol. 82, № 1. P. 100–105. DOI: 10.1093/ps/82.1.100.

17. Roberts J. R. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. Journal of Poultry Science. 2004. Vol. 41, № 3. P. 161–177. DOI: 10.2141/jpsa.41.161.

18. Role of branched-chain amino acids on performance, egg, and bone quality in late-lay Hy-Line W-36 hens : abstract M99 / C. Waters et al. Proceedings of the International Poultry Scientific Forum. Atlanta, GA, 2026. URL: https://can.ussoy.org/soymeal-resources/role-of-branched-chain-amino-acids-on-performance-egg-and-bone-quality-in-late-lay-hy-line-w-36-hens/ (дата звернення: 02.09.2026).

19. The optimum ratio of dietary digestible valine: lysine for laying hens during the peaking phase / M. Nahavandinejad et al. Brazilian Journal of Poultry Science. 2024. Vol. 26, № 2. Article eRBCA-2023-1807. DOI: 10.1590/1806-9061-2023-1807.

Дата першого надходження статті до видання: 03.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 636.4.082.453:636.4.083.1:612.6.
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.42

ФАКТОРНА ЗУМОВЛЕНІСТЬ СТАТЕВОЇ АКТИВНОСТІ ТА ПОКАЗНИКІВ СПЕРМОПРОДУКТИВНОСТІ КНУРІВ ПОРОДИ ЛАНДРАС ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ВЕНТИЛЯЦІЇ, ВІКУ ТА СЕЗОНУ РОКУ

Лихач В.Я. *– д.с.-г.н., професор,*
завідувач кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-9150-6730
Леньков Л.Г. *– к с.-г.н.,*
с.н.с. лабораторії годівлі, фізіології та здоров'я тварин,
Інститут свинарства і агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-1596-6740
Мельник В.В. *– д.іст.н., доцент,*
професор кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-2491-757X
Зламанюк Л.М. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-3323-4658
Богданова Н.В. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-4634-9609
Свириденко Н.П. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри прикладної біології, розведення та генетики тварин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-9151-6904
Фаустов Р.В. *– д.філос. (20 «Аграрні науки і продовольство»),*
старший науковий співробітник лабораторії інноваційних технологій
та експериментальних тваринницьких об'єктів,
Інститут свинарства і агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-2732-4032
Санжара Р.А. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-7660-2476

Порода ландрас посідає друге місце за чисельністю у світовому свинарстві та відіграє вирішальну роль у сучасних системах гібридизації, однак її відтворювальний потенціал істотно обмежується високою чутливістю плідників до температурного стресу. Забезпечення стабільного мікроклімату за допомогою енергоефективних геотермальних

© Лихач В.Я., Леньков Л.Г., Мельник В.В., Зламанюк Л.М., Богданова Н.В., Свириденко Н.П.,Фаустов Р.В., Санжара Р.А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

систем є важливим біотехнологічним напрямом збереження високих показників спермопродуктивності кнурів у різні сезони року та вікові періоди. Метою роботи була комплексна оцінка сукупного впливу способу вентиляції (геотермальна та поперечна), віку тварин та сезону року на часові характеристики статевої поведінки, кількісно-якісні параметри еякулятів та запліднювальну здатність кнурів породи ландрас. Дослідження виконано в умовах племінного підприємства ПрАТ «Племзавод «Степной» із застосуванням трифакторного дисперсійного аналізу. Встановлено вірогідну залежність усіх досліджуваних показників від головних факторів та їхніх взаємодій. Сезон року визначено домінуючим чинником варіабельності тривалості копулятивних рефлексів, концентрації, прямолінійно-поступальної рухливості, виживаності та запліднювальної здатності сперматозоїдів, тоді як віковий онтогенез першочергово визначає об'єм еякуляту, тривалість еякуляції та вихід інсемінаційних доз. Застосування геотермальної вентиляції виступає ефективним технологічним модератором, який суттєво скорочує тривалість підготовчих фаз статевого акту в весняно-літній період, нівелює депресивні наслідки гіпертермії та сприяє підвищенню якісно-кількісного профілю спермопродукції під час літньо-осінньої депресії відтворення. Впровадження геотермальної системи вентиляції стабілізує репродуктивну функцію кнурів породи ландрас протягом усього року, підвищує їхню резистентність до несприятливих чинників довкілля та забезпечує максимальну реалізацію генетичного потенціалу в умовах інтенсивної технології. Перспективи подальших досліджень полягають у порівняльній оцінці терморезистентності та відтворювальних якостей кнурів-плідників різних порід і генотипів, визначенні техніко-економічної ефективності використання геотермальних вентиляційних систем у промисловому свинарстві та комплексному дослідженні впливу умов утримання плідників на відтворювальні показники свиноматок і життєздатність отриманого приплоду.

Ключові слова: *свинарство, кнури-плідники, порода ландрас, геотермальна вентиляція, мікроклімат, статева поведінка, спермопродуктивність, запліднювальна здатність, трифакторний дисперсійний аналіз.*

Lykhach V.Ya., Lenkov L.H., Melnyk V.V., Zlamanyuk L.M., Bogdanova N.V., Svyrydenko N.P., Faustov R.V., Sanzhara R.A. Factorial conditionality of sexual activity and sperm productivity parameters of Landrace boars depending on ventilation method, age, and season of the year

The Landrace breed ranks second in global pig production and plays a crucial role in modern commercial hybridization schemes, yet its reproductive potential is significantly constrained by boar sensitivity to thermal stress. Ensuring a stable microclimate through energy-efficient geothermal systems represents an important biotechnological approach to maintaining high boar sperm productivity across seasons and age periods. The aim of the study was to comprehensively evaluate the combined impact of the ventilation method (geothermal vs. transverse), animal age, and season of the year on the time traits of sexual behavior, quantitative and qualitative ejaculate parameters, and fertilizing capacity of Landrace boars. The research was carried out under the conditions of the breeding enterprise PJSC «Plemzavod Stepnoy» using three-way analysis of variance. Statistically significant dependencies of all studied parameters on the main factors and their interactions were established. The season of the year was identified as the dominant factor driving the variability in copulative reflex duration, sperm concentration, progressive motility, survival rate, and fertilizing ability, whereas age ontogeny primarily determines ejaculate volume, duration of ejaculation, and yield of insemination doses. Housing boars under geothermal ventilation serves as an effective technological moderator that significantly shortens the duration of the preparatory phases of mating during the spring-summer period, mitigates the depressive consequences of hyperthermia, and enhances the quantitative-qualitative sperm production profile during summer-autumn reproductive depression. The implementation of a geothermal ventilation system stabilizes the reproductive function of Landrace boars year-round, increases their resistance to adverse environmental factors, and ensures the maximum realization of their genetic potential under intensive technology conditions. Prospects for future research include a comparative assessment of the thermal resistance and reproductive qualities of breeding boars of different breeds and genotypes, evaluating the technical and economic efficiency of geothermal ventilation systems in commercial pig production, and conducting a comprehensive study on the effect of boar housing conditions on sow reproductive performance and offspring viability.

Key words: *pig breeding, breeding boars, Landrace breed, geothermal ventilation, microclimate, sexual behavior, sperm productivity, fertilizing capacity, three-factor analysis of variance.*

Постановка проблеми. Високотехнологічний стан сучасного свинарства та перехід на штучне осіменіння висувають підвищені вимоги до відтворювальної здатності кнурів-плідників, оскільки якість їх еякуляту безпосередньо визначає запліднюваність свиноматок, багатоплідність та ефективність використання високоцінного генетичного потенціалу [22, 29, 34]. Порода ландрас належить до провідних спеціалізованих порід і посідає друге місце за чисельністю та популяційним поширенням у світовому свинарстві, критично забезпечуючи функціонування сучасних систем промислового схрещування й гібридизації завдяки видатним показникам відтворювальної та м'ясної продуктивності [3, 8, 18]. Водночас плідники цієї породи характеризуються високою чутливістю до чинників довкілля, зокрема до температурних стресів та порушень зоогігієнічних нормативів мікроклімату [8, 17, 31].

Критичним технологічним чинником, що обмежує реалізацію відтворювального потенціалу кнурів у теплі періоди року, є температурний стрес (гіпертермія), який спричиняє депресію статевих рефлексів, погіршення морфо-фізіологічних показників сперміїв та зниження якісно-кількісного профілю спермопродукції [17, 23, 26, 31, 33]. Традиційні механічні системи вентиляції (зокрема, примусова поперечна вентиляція) за умов високих температур зовнішнього повітря не здатні забезпечити належного охолодження приміщень без додаткових значних енергетичних витрат [14, 30]. У цьому контексті перспективним напрямом є застосування енергозберігаючих геотермальних систем вентиляції, що базуються на використанні акумульованої теплової енергії ґрунту для попередньої термопідготовки припливного повітря [16, 26, 30].

Крім того, рівень статевої активності та показники спермопродуктивності кнурів зазнають вираженої вікової трансформації в процесі онтогенезу (від 6- до 24-місячного віку) і суттєво варіюють залежно від пори року [20, 27, 36]. Системне вивчення ізольованої та сукупної дії умов мікроклімату, віку тварин і сезонної компоненти на відтворювальну функцію кнурів породи ландрас є актуальним науковим і практичним завданням сучасного тваринництва [5, 7, 8, 12, 16, 29, 35].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням впливу умов утримання, зоогігієнічних параметрів мікроклімату та технологічного обладнання на фізіологічний стан і продуктивність свиней присвячено праці багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців [7, 8, 14, 21, 28, 30, 34]. Дослідженнями О. Г. Михалка та М. Г. Повода [14], а також *H. Kim et al.* [30] доведено, що конструктивні особливості вентиляційних систем безпосередньо визначають стабільність температурно-вологісного режиму та рівень нормалізації газового складу повітря у свинарських приміщеннях.

Фундаментальні дослідження щодо патогенезу теплового стресу та його негативного впливу на сперматогенез, прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз і функціональну повноцінність сперматозоїдів висвітлено у працях І. В. Павлової [17], А. М. Шості та ін. [23], *F. Liu et al.* [31], *H. Sui et al.* [33]. Науковці зазначають, що підвищення температури середовища понад термонейтральну зону призводить до деструктивних змін у сім'яниках, зниження прямолінійно-поступальної рухливості та виживаності сперматозоїдів [17, 26, 33]. У працях *J.-L. Gourdine et al.* [28] та *M. J. Carabaño et al.* [24] розглядаються біологічні механізми терморегуляції та шляхи селекції свиней на термотолерантність. Особливості статевої поведінки, часової структури копулятивних рефлексів та технологічні аспекти отримання і збереження сперми кнурів детально розроблені *M. Schulze et al.* [32], *D. Waberski et al.* [34], а також висвітлені у відповідних нормативно-методичних

джерелах [5–7, 10, 13]. У працях *O. Deschenko et al.* [26] та *O. Deschenko, A. Lykhach* [27] описано поведінкові реакції та фізіологічні характеристики кнурів залежно від породи, сезону року та типів вентиляційних систем. Водночас адаптаційні та відтворювальні властивості кнурів породи ландрас вітчизняної та зарубіжної селекції досліджувалися С. Л. Войтенко та М. О. Петренком [3], І. В. Коноваловым [8], В. О. Мельником [12] та *K. V. Yurieva et al.* [36].

Незважаючи на наявність наукових публікацій у цій галузі, недостатньо вивченими залишаються питання комплексної оцінки сукупної дії (із застосуванням трифакторного дисперсійного аналізу) геотермальної системи вентиляції, вікового чинника та сезону року на розкриття відтворювального потенціалу кнурів породи ландрас, включаючи часову деталізацію копулятивних рефлексів та повний якісно-кількісний профіль еякуляту [8, 16, 26, 29, 35].

Постановка завдання. Метою дослідження було здійснення трифакторного дисперсійного аналізу та комплексна оцінка впливу типу системи вентиляції (геотермальна та поперечна), віку (6, 12 та 24 місяці) та сезону року на часові характеристики статевої поведінки, кількісні й якісні показники спермопродуктивності, а також запліднювальну здатність кнурів породи ландрас в умовах промислової технології.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження виконували протягом 2021–2022 років у виробничих умовах ПрАТ «Племзавод «Степной» (Запорізька область), підприємства з високим рівнем ведення селекційно-племінної роботи та впровадженням інноваційних технологічних рішень у свинарстві. Об'єктом дослідження були кнури породи ландрас. Для проведення науково-господарського досліду тварин розподілили за методом груп-аналогів, сформувавши дослідні групи по три голови в кожній. До експерименту залучали кнурів віком 6, 12 і 24 місяці.

Упродовж дослідження тварин утримували індивідуально в станках площею 7 м^2 на підстилці. Станки були обладнані бетонною підлогою з належними теплоізоляційними та вологоізоляційними властивостями. Перед початком експерименту та впродовж усього періоду його проведення всі кнури перебували у клінічно здоровому стані й відповідали фізіологічним нормативам.

Необхідні параметри мікроклімату забезпечувалися автоматизованою комбінованою системою вентиляції, що поєднувала примусову поперечну та геотермальну вентиляцію з електронною системою програмного керування. Температурно-вологісні показники та інтенсивність повітрообміну підтримувалися в межах чинних зоогігієнічних нормативів протягом усього періоду досліджень [4, 5, 7, 22].

Годівлю кнурів-плідників проводили за індивідуальною схемою двічі на добу (об 08:00 та 16:00 год) відповідно до технологічних вимог, прийнятих у ПрАТ «Племзавод «Степной». Основу добового раціону становив повнораціонний комбікорм, який згодовували в кількості 2,8–3,0 кг на одну голову. Поживність 1 кг кормосуміші характеризувалася вмістом 202,6 г сирого протеїну та 12,4 МДж обмінної енергії. До складу комбікорму входили кукурудза, пшениця, пшеничні висівки, соєва макуха, соняшниковий шрот і білково-мінерально-вітамінна добавка «Аміномікс» [15, 22].

Безперебійне забезпечення тварин питною водою здійснювали за допомогою автоматичних ніпельних напувалок, що забезпечувало постійний вільний доступ до води, яка відповідала встановленим санітарно-гігієнічним вимогам.

Технологія утримання, система годівлі, організація догляду, а також проведення профілактичних, ветеринарних і ветеринарно-санітарних заходів відповідали

чинним нормативно-правовим актам України та вимогам європейського законодавства щодо забезпечення благополуччя й гуманного поводження із сільськогосподарськими тваринами [2, 4, 19, 22, 25].

Методологію проведення експерименту та порядок використання піддослідних кнурів-плідників розглянула й схвалила Комісія з питань біоетики НУБіП України (протокол № 007/2021), що підтверджує відповідність досліджень чинним біоетичним вимогам.

Контрольну групу було сформовано методом аналогів і включено до її складу три кнури-плідники породи ландрас [11, 13]. Усі тварини утримувалися індивідуально в станках, розташованих у приміщенні, оснащеному традиційною системою поперечної вентиляції, яка забезпечувала підтримання нормативних показників мікроклімату в приміщенні.

Конструкція вентиляційної системи передбачала використання настінних припливних клапанів (1), настінних витяжних вентиляторів (2) та автоматизованої системи керування мікрокліматом (3), що забезпечувала регулювання параметрів повітряного середовища відповідно до технологічних вимог. Схематичне розташування основних конструктивних елементів вентиляційного комплексу та принцип їх функціональної взаємодії наведено на рис. 1.



1 *2* *3*

Рис. 1. Конструктивна схема системи поперечної вентиляції та розміщення її основних елементів у приміщенні для утримання кнурів контрольної групи

Джерело: фото авторів

Організація повітрообміну в приміщенні контрольної групи ґрунтувалася на надходженні зовнішнього повітря через настінні припливні клапани, тоді як видалення відпрацьованих повітряних мас забезпечувалося витяжними вентиляторами. Робота вентиляційної системи здійснювалася в автоматизованому режимі: на підставі інформації, отриманої від датчиків мікроклімату, програмний модуль керування в реальному часі регулював швидкість обертання витяжних вентиляторів і положення заслінок припливних клапанів. Такий алгоритм функціонування забезпечував стабільне підтримання температурно-вологісних параметрів та інтенсивності повітрообміну відповідно до встановлених технологічних нормативів.

Кнурів дослідної групи утримували у приміщенні, обладнаному геотермальною системою вентиляції, конструкція якої базувалася на використанні природного теплового потенціалу ґрунту для попередньої підготовки припливного повітря (рис. 2). Атмосферне повітря надходило до системи через припливну повітрозабірну шахту (1), після чого транспортувалося підземним повітропроводом (2). Під час проходження підземного каналу повітря теплообмінювалося

з ґрунтом, що забезпечувало його попереднє нагрівання в холодний період року та охолодження за умов високих літніх температур. Після терморегуляції повітряний потік подавався до приміщення через нижні вентиляційні стійки (3), рівномірно розміщені поблизу витяжних шахт, через які відпрацьоване повітря примусово видаляли за межі приміщення.



1 *2* *3* *4*

Рис. 2. Конструктивна схема геотермальної системи вентиляції та розміщення її основних елементів у приміщенні для утримання кнурів дослідної групи

Джерело: фото авторів

Керування роботою геотермального вентиляційного комплексу здійснювалося автоматизованою системою контролю мікроклімату (4), яка координувала функціонування всіх його конструктивних елементів. Завдяки безперервному моніторингу параметрів повітряного середовища система забезпечувала оперативне регулювання режимів роботи вентиляційного обладнання та підтримання заданих технологічних показників мікроклімату протягом усього періоду експлуатації.

Для забезпечення коректності порівняльної оцінки ефективності досліджуваних систем вентиляції приміщення, у яких утримували кнурів-плідників контрольної та дослідної груп, були максимально уніфікованими за конструктивними й технологічними характеристиками. Обидві будівлі споруджено за типовим проєктом із застосуванням однакових будівельних матеріалів, які мали аналогічні теплофізичні властивості. Крім того, приміщення були однаково орієнтовані відносно переважаючого напряму вітру, що дало змогу виключити вплив аеродинамічних чинників зовнішнього середовища на формування параметрів мікроклімату.

Технологічне обладнання в обох приміщеннях також було ідентичним. Кількість та площа індивідуальних станків, конструктивні особливості систем автоматичного напування, а також обладнання для механізованої подачі й роздавання кормів не відрізнялися між приміщеннями. Система видалення гною функціонувала за однаковим принципом і передбачала використання горизонтальних скребкових транспортерів із подальшим транспортуванням гнойової маси похилими виносними транспортерами до тракторних причепів для її вивезення в гноєсховище.

На першому етапі досліджень вивчали особливості статевої поведінки кнурів породи ландрас віком 6, 12 і 24 місяці залежно від типу вентиляційної системи та сезону року. Оцінювання проводили під час одержання сперми шляхом аналізу часових параметрів реалізації послідовних копулятивних рефлексів. Статеву поведінку тварин характеризували за тривалістю окремих фаз копулятивного акту, включаючи пошук об’єкта, підхід до нього з проявом статевого збудження, елементи залицяння, виникнення ерекції та висунення статевого члена, заплигування на опудало, виконання фрикційних рухів, перебіг статевого акту й еякуляцію. З метою уніфікації умов досліду під час відбору сперми повністю виключали

контакт кнурів із свиноматками в стані статевої охоти. Для кількісної оцінки статевої активності визначали тривалість інтервалу від заведення кнура до манежу до появи рефлексу еякуляції, час від заведення тварини до початку еякуляції, інтервал між виникненням еякуляції та початком еякуляції, а також безпосередню тривалість еякуляції. Реєстрацію всіх часових характеристик копулятивних рефлексів здійснювали за допомогою секундоміра з точністю до 1 с відповідно до загальноприйнятих методичних рекомендацій [8, 10, 22, 35].

На другому етапі досліджень вивчали вплив типу вентиляційної системи, віку кнурів породи ландрас (6, 12 та 24 місяці) і сезону року на показники їх спермопродуктивності. Кількісні та якісні характеристики еякулятів визначали відповідно до вимог чинної Інструкції зі штучного осіменіння свиней [6].

Сперму отримували мануальним способом із використанням фантома («рука в рукавиці»). Еякулят збирали у стерильний полімерний пакет, оснащений віскозним фільтром для відокремлення гель-фракції. Об'єм еякуляту визначали методом зважування на електронних вагах, а концентрацію сперміїв – фотометричним методом із застосуванням спектрофотометра. Оцінку функціональних властивостей сперміїв проводили за їх прямолінійно-поступальною рухливістю та виживаністю. Рухливість визначали мікроскопічно на предметному склі, попередньо підігрітому до 37 °С, при збільшенні ×200. Виживаність сперміїв встановлювали після їх інкубації в термостаті за температури 38 °С упродовж 3 год. Запліднювальну здатність сперми оцінювали за результатами штучного осіменіння свиноматок, визначаючи частку запліднених тварин. Додатково розраховували вихід інсемінаційних доз, отриманих з одного еякуляту, як один із показників технологічної ефективності використання кнурів-плідників [6, 10, 22, 27].

Для оцінки ізольованого та комбінованого впливу віку кнурів, типу вентиляційної системи та сезону року на статеву поведінку, якісні й кількісні характеристики спермопродукції, а також запліднювальну здатність застосовували трифакторний дисперсійний аналіз (*ANOVA*) з фіксованими ефектами. Статистична модель передбачала оцінювання як основних факторів, так і їхньої взаємодії другого («вікова група» × «тип вентиляції», «вікова група» × «сезон року», «тип вентиляції» × «сезон року») і третього («вікова група» × «тип вентиляції» × «сезон року») порядків. Для кожного джерела варіації визначали значення критерію Фішера (*F*), що дозволяло встановити статистичну значущість відповідних ефектів. Величину внеску окремих факторів і їхніх взаємодій у загальну мінливість досліджуваних показників оцінювали за коефіцієнтом η^2 (%), який розраховували як відношення факторіальної суми квадратів (*SS*) до загальної суми квадратів дисперсійного комплексу (*SS*) з подальшим вираженням результату у відсотках. Для всіх комбінацій досліджуваних факторів визначали середні арифметичні значення та їх 95 %-ві довірчі інтервали (95 % ДІ). Біометричну обробку експериментальних даних і всі статистичні розрахунки здійснювали із застосуванням програмного пакета *STATISTICA* (*StatSoft Inc.*, США) відповідно до загальноприйнятих методів варіаційної статистики [1, 9].

Виклад основного матеріалу дослідження. В рамках першого етапу досліджень при проведенні трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на час від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу еркції було встановлено вірогідний вплив (у всіх випадках: $P < 0{,}001$) як головних факторів, так і їх сполучень (табл. 1).

Найвищу силу впливу на мінливість часу від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу еркції було відмічено для сезону року (67,5 %) та сполучення «вікова група» × «сезон року» (20,8 %).

Таблиця 1

Вплив віку, типа вентиляції та сезону року на час від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу ерекції (трифакторний дисперсійний аналіз *ANOVA*)

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	44559,7	2	22279,9	318283,8	< 0,001	8,7
Вентиляція (2)	7677,7	1	7677,7	109681,0	< 0,001	1,5
Сезон (3)	347241,9	3	115747,3	1653533,0	< 0,001	67,5
1×2	785,2	2	392,6	5608,5	< 0,001	0,2
1×3	106706,3	6	17784,4	254062,6	< 0,001	20,8
2×3	4262,7	3	1420,9	20298,6	< 0,001	0,8
1×2×3	2844,2	6	474,0	6771,8	< 0,001	0,6
Помилка	3,4	48	0,1	-	-	0,0
Разом	514081,1	71	-	-	-	100,0

Якщо проаналізувати оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) часу від загону кнура ПЛ в манеж до прояву рефлексу ерекції залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року (рис. 3), то можна відмітити наступні закономірності.

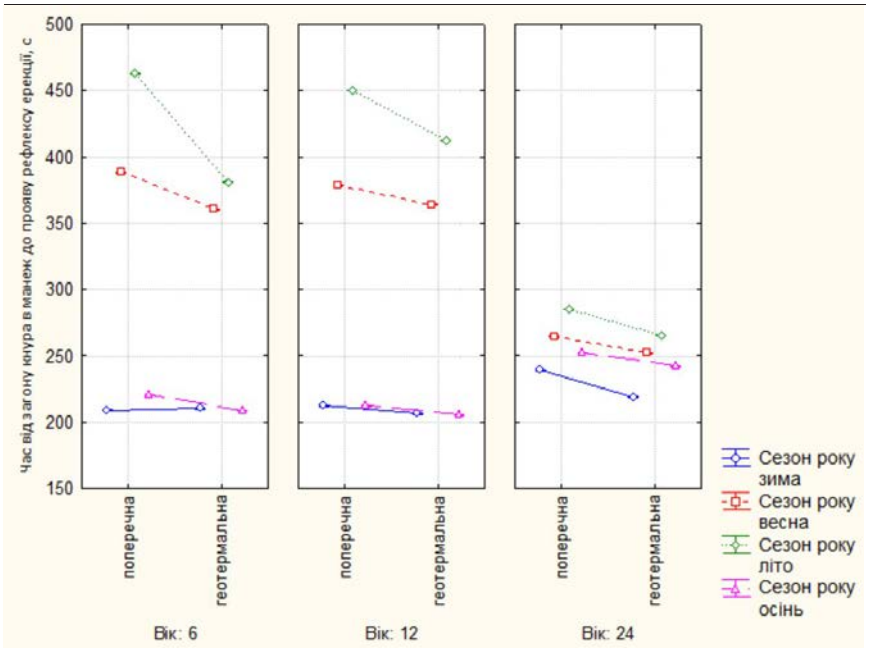


Рис. 3. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) часу від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу ерекції залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

Мало місце суттєве зростання цієї ознаки у кнурів породи ландрас в теплі сезони року (навесні та влітку) та майже суттєве зниження часу від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу ерекції восени та взимку. Ця закономірність в найбільшому ступені проявлялася серед кнурів у 6 міс. та 12 міс. З іншого боку, у віці 24 міс. була виявлена певна відмінність цієї ознаки серед тварин восени та взимку.

Вплив типу вентиляції у молодому віці на час від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу було відмічено, в першу чергу, для теплих сезонів року. Навесні (та особливо влітку) не залежно від віку кнура середній час від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу ерекції був вірогідно вищим в умовах поперечної вентиляції, ніж геотермальної.

Характерно, що у віці 24 міс. відмінності між часом від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу ерекції навесні та восени була відносно невеликими.

При проведенні трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на час від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу еякуляції було встановлено вірогідний вплив (у всіх випадках: $P < 0,001$) як головних факторів, так і їх сполучень (табл. 2). Найвищу силу впливу на мінливість часу від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу еякуляції було відмічено для сезону року (66,4 %) та сполучення «вікова група» × «сезон року» (19,8 %).

Таблиця 2

Вплив віку, типа вентиляції та сезону року на час від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу еякуляції (трифакторний дисперсійний аналіз *ANOVA*)

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	61120,3	2	30560,2	294555,8	< 0,001	9,9
Вентиляція (2)	14345,4	1	14345,4	138268,5	< 0,001	2,3
Сезон (3)	411559,6	3	137186,5	1322280,0	< 0,001	66,4
1×2	897,6	2	448,8	4325,7	< 0,001	0,1
1×3	122734,4	6	20455,7	197163,7	< 0,001	19,8
2×3	6198,1	3	2066,0	19913,7	< 0,001	1,0
1×2×3	3180,2	6	530,0	5108,8	< 0,001	0,5
Помилка	5,0	48	0,1	-	-	0,0
Разом	620040,6	71	-	-	-	100,0

Якщо проаналізувати оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) часу від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу еякуляції залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року (рис. 4), то можна відмітити наступні закономірності.

В першу чергу, як і в попередньому випадку, відмічається суттєве зростання цієї ознаки у кнурів породи ландрас в теплі сезони року (навесні та влітку) та суттєве зниження часу від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу еякуляції восени та взимку. Хоча ця закономірність в найбільшому ступені проявлялася серед кнурів у 6 міс. та 12 міс. Тоді як у віці 24 міс. подібні сезонні відмінності хоча і залишалися, але були не такими вираженими.

Вплив типу вентиляції також проявлявся лише для теплих сезонів року. Навесні (та особливо влітку) не залежно від віку кнура час від його загону в манеж до прояву рефлексу еякуляції також, як і у попередньому випадку, був вірогідно вищим в умовах поперечної вентиляції, ніж геотермальної.

І знову ж у віці 24 міс. відмінності між часом від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу еякуляції навесні та восени була відносно невеликими.

При проведенні трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на час від досягнення ерекції до початку еякуляції

кнурів породи ландрас було встановлено вірогідний вплив (у всіх випадках: $P < 0{,}001$) як головних факторів, так і їх сполучень (табл. 3).

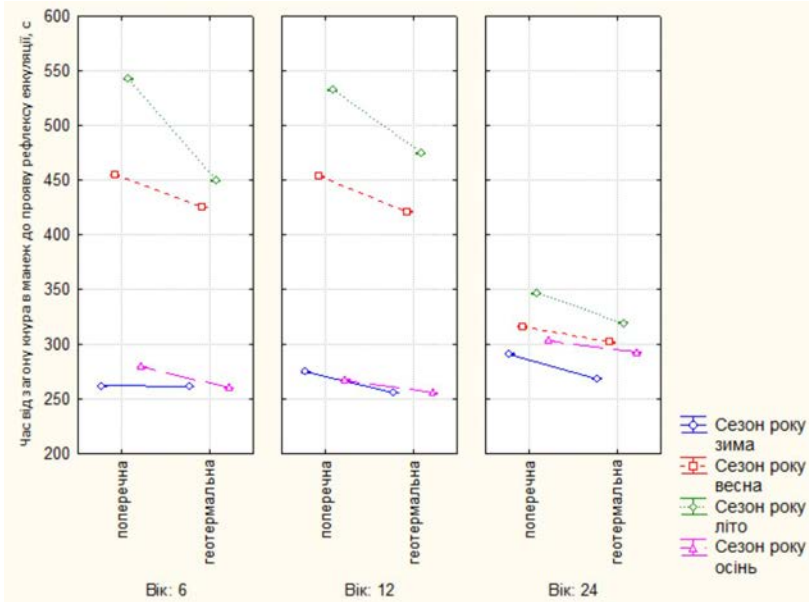


Рис. 4. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) часу від загону кнура породи ландрас в манеж до прояву рефлексу еякуляції залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

Таблиця 3

Вплив віку, типа вентиляції та сезону року на час від досягнення ерекції до початку еяколяції кнурів породи ландрас (трифакторний дисперсійний аналіз *ANOVA*)

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	1332,3	2	666,1	1392,2	< 0,001	20,3
Вентиляція (2)	1055,7	1	1055,7	2206,4	< 0,001	16,1
Сезон (3)	2817,2	3	939,1	1962,7	< 0,001	42,9
1×2	414,4	2	207,2	433,0	< 0,001	6,3
1×3	625,4	6	104,2	217,9	< 0,001	9,5
2×3	180,2	3	60,1	125,5	< 0,001	2,7
1×2×3	122,5	6	20,4	42,7	< 0,001	1,9
Помилка	23,0	48	0,5	-	-	0,3
Разом	6570,7	71	-	-	-	100,0

Найвищу силу впливу на мінливість часу від досягнення ерекції до початку еякуляції кнурів породи ландрас було відмічено для всіх трьох головних факторів – сезону року (42,9 %), вікової групи (20,3 %) та типу вентиляції (16,1 %), а також для сполучень другого порядку «вікова група» × «сезон року» (9,5 %) та «вікова група» × «тип вентиляції» (6,3 %).

Якщо знову ж проаналізувати оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) часу від досягнення ерекції до початку еякуляції кнурів породи ландрас залежно

від вікової групи, типу вентиляції та сезону року (рис. 5), то можна відмітити наступні закономірності.

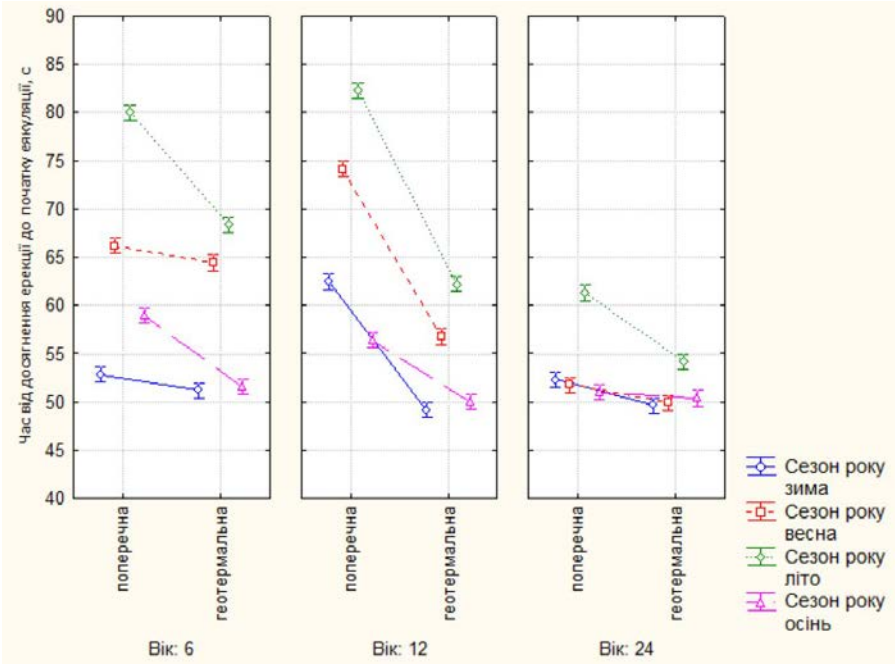


Рис. 5. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) часу від досягнення ерекції до початку еякуляції кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

По-перше, відмічається суттєвий вплив типу вентиляції у кнурів всіх вікових груп, хоча у тварин 24-міс. віку цей вплив було виражено лише влітку, тоді як у віці 6 та, особливо, 12 міс. його можна було відмітити у всі сезони року. Середня тривалість часу від досягнення ерекції до початку еякуляції кнурів породи ландрас була значно вищою в умовах поперечної вентиляції, ніж геотермальної. І у найбільшому ступені ці відмінності проявлялися для тварин у віці 12 міс.

По-друге, мала місце чітко виражена сезонність у характеру мінливості часу від досягнення ерекції до початку еякуляції кнурів породи ландрас. Для кожної вікової групи значення цієї ознаки було найвищим влітку, трохи нижче навесні, ще нижче восени і, нарешті, найнижчу оцінку було відмічено протягом зимового сезону року. Хоча у віці 24 міс. відмінності між сезонами (крім літнього) були відсутні.

По-третє, мало місце значне зниження тривалості часу від досягнення ерекції до початку еякуляції кнурів породи ландрас у віці 24 міс. у порівнянні із тваринами у більш молодому віці – 6 міс. та 12 міс.

Нарешті, при проведенні трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на тривалість еякуляції кнурів породи ландрас нами також було встановлено вірогідний вплив (у всіх випадках: $P < 0{,}001$) як головних факторів, так і їх сполучень (табл. 4).

Таблиця 4

Вплив віку, типа вентиляції та сезону року на тривалість еякуляції кнурів породи ландрас (трифакторний дисперсійний аналіз *ANOVA*)

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	40351,8	2	20175,9	43441,5	< 0,001	62,2
Вентиляція (2)	389,9	1	389,9	839,4	< 0,001	0,6
Сезон (3)	16887,2	3	5629,1	12120,2	< 0,001	26,0
1×2	35,7	2	17,8	38,4	< 0,001	0,1
1×3	6763,5	6	1127,3	2427,1	< 0,001	10,4
2×3	63,0	3	21,0	45,2	< 0,001	0,1
1×2×3	368,6	6	61,4	132,3	< 0,001	0,6
Помилка	22,3	48	0,5	-	-	0,0
Разом	64882,0	71	-	-	-	100,0

Найвищу силу впливу на мінливість тривалості еякуляції кнурів породи ландрас було відмічено для вікової групи (62,2 %), сезону року (26,0 %), а також для сполучення «вікова група» × «сезон року» (10,4 %).

Якщо проаналізувати оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) тривалості еякуляції кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року (рис. 6), то можна відмітити наступні закономірності.

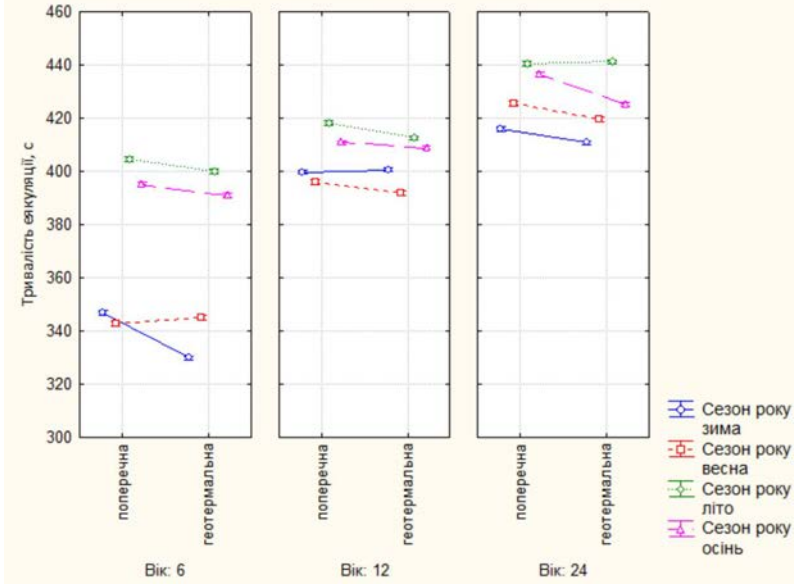


Рис. 6. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) тривалості еякуляції кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

В цілому, серед кнурів породи ландрас у віці 6 міс. середня тривалість еякуляції була нижчою, ніж у віці 12 міс. та 24 міс. Особливо це стосувалося зими та весни.

При цьому, у віці 6 міс. тварини влітку та восени характеризувалися значно більшою тривалістю еякуляції, ніж взимку та, особливо, навесні.

У віці 12 міс. та 24 міс. вплив сезонної компоненти також мав місце, хоча і не в такому ступені, як у наймолодших тварин. Переважали за тривалістю еякуляції тварини у літній період, трохи нижче була ця тривалість восени, та, нарешті, найкоротшою тривалістю еякуляції характеризувалися тварини взимку та навесні.

При цьому, тип вентиляції по-різному впливав на тривалість еякуляції у різному віці. Так, наприклад, у віці 6 міс. в зимовий сезон тварини, що утримувалися в умовах геотермальної вентиляції поступалися тваринам, що утримувалися в умовах геотермальної вентиляції за тривалістю еякуляції. Тоді як у віці 12 міс. та 24 міс. у цей же сезон року відмінності між групами, що утримувалися при різних типах вентиляції, були відсутні.

З іншого боку, для осіннього сезону тривалість еякуляції при геотермальному типові вентиляції була нижчою, ніж при поперечною, особливо, у 24-місячних кнурів.

В рамках другого етапу досліджень при проведенні трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на об'єм еякуляту кнурів породи ландрас було встановлено вірогідний вплив всіх головних факторів (у всіх випадках: $P < 0,001$) та всіх їх сполучень (табл. 5). Найвищу силу впливу на мінливість об'єму еякуляту кнурів породи ландрас було встановлено для віку тварин (91,8 %), а також сезону року (7,4 %).

Таблиця 5

Вплив віку, типа вентиляції та сезону року на об'єм еякуляту кнура породи ландрас (трифакторний дисперсійний аналіз *ANOVA*)

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	71389,5	2	35694,7	127861,7	< 0,001	91,8
Вентиляція (2)	143,1	1	143,1	512,5	< 0,001	0,2
Сезон (3)	5792,5	3	1930,8	6916,5	< 0,001	7,4
1×2	1,8	2	0,9	3,2	0,049	0,1
1×3	401,4	6	66,9	239,6	< 0,001	0,5
2×3	36,6	3	12,2	43,7	< 0,001	0,1
1×2×3	4,1	6	0,7	2,4	0,039	0,1
Помилка	13,4	48	0,3	-	-	0,1
Разом	77782,3	71	-	-	-	100,0

Якщо проаналізувати оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) об'єму еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року (рис. 7), то можна відмітити наступні закономірності.

В першу чергу, спостерігалося майже двократне зростання оцінки цієї ознаки у кнурів породи ландрас у 12- та 24-місмячному віці у порівнянні із тваринами 6-місячного віку.

Крім того важливу роль відігравала і сезонна компонента. Не залежно від вікової групи, оцінки об'єму еякуляту, отримані протягом літніх та осінніх місяців, переважали відповідні оцінки для зимового та весняного періодів року.

Щодо типу вентиляції, то її вплив на мінливість об'єму еякуляту кнурів породи ландрас відчувався лише навесні та восени, коли він зростав в умовах геотермальної вентиляції (не залежно від віку кнурів).

При проведенні трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на концентрацію спермиїв еякуляту кнурів породи ландрас також було встановлено високо вірогідний вплив всіх головних факторів та всіх їх сполучень (у всіх випадках: $P < 0,001$) (табл. 6).

Найвищу силу впливу на мінливість концентрації сперміїв кнурів породи ландрас було встановлено для сезону року (70,3 %) та віку тварин (28,1 %).

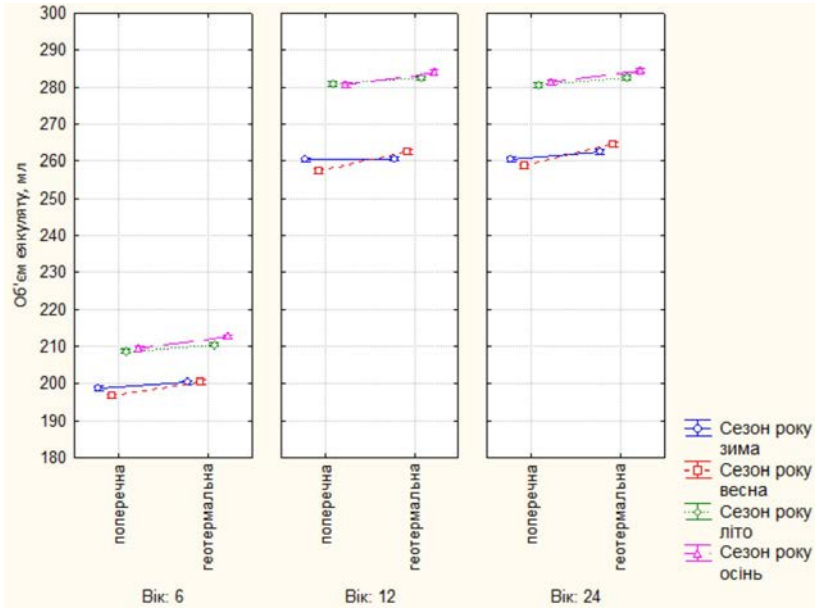


Рис. 7. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) об'єму еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

Таблиця 6

Вплив віку, типа вентиляції та сезону року на концентрацію сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас (трифакторний дисперсійний аналіз *ANOVA*)

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	7633,0	2	3816,5	13141,4	< 0,001	28,1
Вентиляція (2)	309,2	1	309,2	1064,6	< 0,001	1,1
Сезон (3)	19072,4	3	6357,5	21890,9	< 0,001	70,3
1×2	7,2	2	3,6	12,3	< 0,001	0,1
1×3	25,4	6	4,2	14,6	< 0,001	0,1
2×3	32,9	3	11,0	37,8	< 0,001	0,1
1×2×3	26,1	6	4,4	15,0	< 0,001	0,1
Помилка	13,9	48	0,3	-	-	0,1
Разом	27120,1	71	-	-	-	100,0

Якщо проаналізувати оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) концентрації сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року (рис. 8), то можна відмітити наступні закономірності.

Як у попередньому випадку, спостерігалося зростання оцінки концентрації сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас у 12- та 24-місмячному віці у порівнянні із тваринами у віці 6 міс.

Що стосується впливу сезону року, то найнижчі оцінки цієї ознаки відмічалися протягом літнього або осіннього сезонів (не залежно від віку кнурів). Найвищу

оцінку концентрації сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас було відмічено, відповідно, протягом зимового або весняного сезонів (знову ж, не залежно від віку кнурів).

Тип вентиляції вірогідно впливав на мінливість концентрації сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас і для всіх вікових груп, і для всіх сезонів року.

Найчастіше їх концентрація була більш високою в умовах геотермальної вентиляції, ніж поперечної – суттєві відмінності між типами вентиляції було відмічено у 12- та 24-місячних кнурів протягом осіннього сезону року.

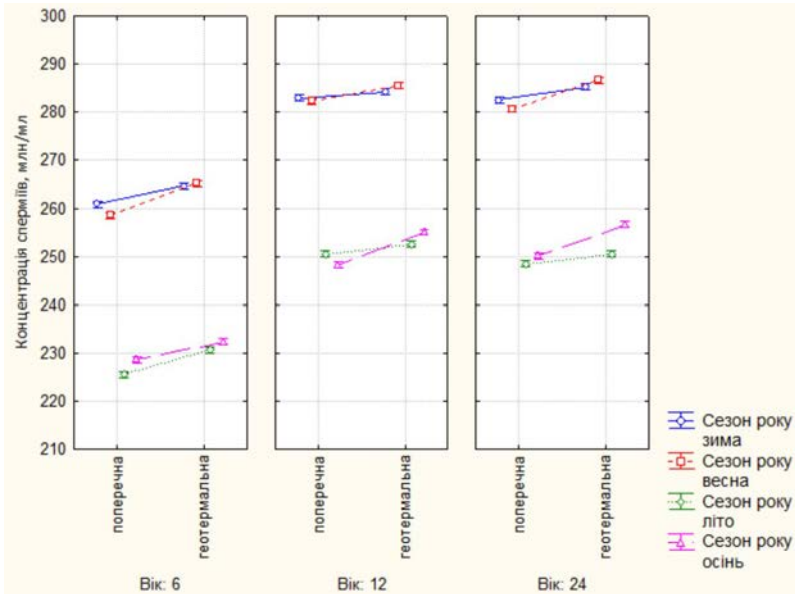


Рис. 8. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) концентрації сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

При проведенні трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на прямолінійно-поступальну рухливість сперміїв еякуляту кнурів ПЛ було встановлено високо вірогідний вплив лише головних факторів (в усіх випадках $P \leq 0{,}001–0{,}04$) (табл. 7).

Найвищу силу впливу на мінливість прямолінійно-поступальної рухливості сперміїв еякуляту кнурів ПЛ було встановлено для сезону року (62,7 %) та типу вентиляції (7,7 %). Характерно, що майже 1/5 частка загальної мінливості приходилася на випадкову компоненту (22,2 %), що свідчить про наявність високих міжіндивідуальних відмінностей між кнурами.

Якщо проаналізувати оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) прямолінійно-поступальної рухливості сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року (рис. 9), то можна відмітити наступні закономірності.

Спостерігалася тенденція до зниження прямолінійно-поступальної рухливості сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас з віком. При цьому, найнижчі оцінки цієї ознаки (не залежно від віку кнурів) було відмічено протягом літніх місяців, а найвищі – протягом зимових або весняних місяців.

Таблиця 7

Вплив віку, типа вентиляції та сезону року на прямолінійно-поступальну рухливість сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас (трифакторний дисперсійний аналіз *ANOVA*)

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	5,8	2	2,9	3,5	0,039	3,2
Вентиляція (2)	13,7	1	13,7	16,4	< 0,001	7,7
Сезон (3)	111,6	3	37,2	44,6	< 0,001	62,7
1×2	0,2	2	0,1	0,1	0,910	0,1
1×3	1,3	6	0,2	0,3	0,956	0,7
2×3	4,8	3	1,6	1,9	0,142	2,7
1×2×3	0,7	6	0,1	0,1	0,989	0,4
Помилка	40,1	48	0,8	-	-	22,5
Разом	178,1	71	-	-	-	100,0

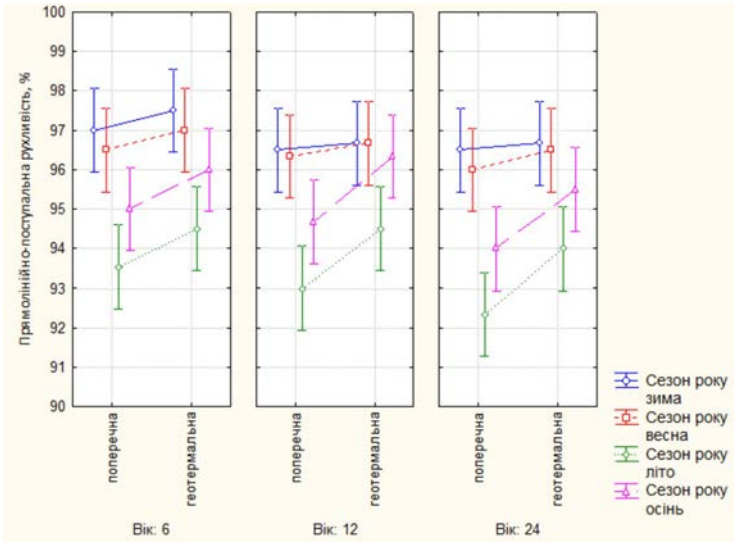


Рис. 9. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) прямолінійно-поступальної рухливості сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

В умовах геотермального типу вентиляції оцінки прямолінійно-поступальної рухливості сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас були вище, хоча найчастіше ця закономірність проявлялася лише протягом літніх або осінніх місяців року.

При проведенні трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на виживаємість сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас, як і у попередньому випадку, було встановлено високо вірогідний вплив всіх головних факторів (у всіх випадках: $P < 0,001$) (табл. 8).

Сила впливу на мінливість виживаємості сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас для сезону року складала 44,9 %, а віку – 24,5 %. Як і у попередньому випадку, висока частка мінливості приходилася на випадкову компоненту (17,5 %), що свідчить про значні міжіндивідуальні відмінності відтворних якостей кнурів.

Таблиця 8

Вплив віку, типа вентиляції та сезону року на виживаємість сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас (трифакторний дисперсійний аналіз *ANOVA*)

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	67,0	2	33,5	33,5	< 0,001	24,5
Вентиляція (2)	18,0	1	18,0	18,0	< 0,001	6,6
Сезон (3)	123,0	3	41,0	41,0	< 0,001	44,9
1×2	3,0	2	1,5	1,5	0,233	1,1
1×3	9,0	6	1,5	1,5	0,198	3,3
2×3	1,0	3	0,3	0,3	0,801	0,4
1×2×3	5,0	6	0,8	0,8	0,550	1,8
Помилка	48,0	48	1,0	-	-	17,5
Разом	274,0	71	-	-	-	100,0

Якщо проаналізувати оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) виживаємості сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року (рис. 10), то можна відмітити наступні закономірності.

З віком оцінки виживаємості сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас поступово зростали, особливо, це зростання мало місце протягом літнього сезону.

Знову ж, як і у попередньому випадку, найнижчі оцінки цієї ознаки (не залежно від віку) було відмічено протягом літніх місяців, а найвищі – протягом зимових або весняних місяців.

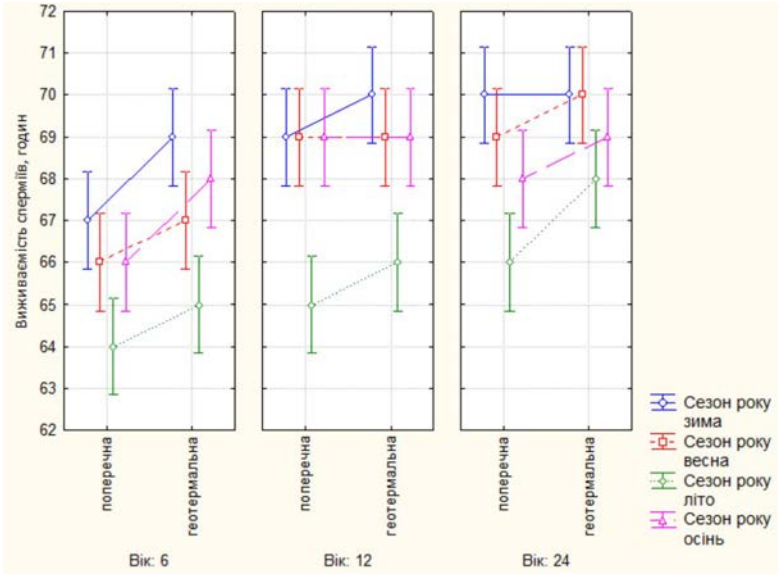


Рис. 10. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) виживаємості сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

В умовах геотермального типу вентиляції оцінки виживаємості сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас були вище, хоча, насамперед, ця закономірність відмічалася для 6-місячних тварин або протягом літніх місяців для більш дорослих вікових груп.

При проведенні трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на запліднюючу здатність сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас було встановлено високо вірогідний вплив всіх головних факторів (у всіх випадках: P < 0,001). Крім того, вірогідний вплив було відмічено для сполучення «вікова група» × «сезон року» (P = 0,004) (табл. 9).

Найвищий рівень сили впливу на мінливість запліднюючої здатності сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас було відмічено для сезону року (66,9 %). Для типу вентиляції та вікової групи сила впливу була майже на одному рівні (9,1–9,2 %).

Таблиця 9

Вплив віку, типа вентиляції та сезону року на запліднюючу здатність сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас (трифакторний дисперсійний аналіз *ANOVA*)

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	35,6	2	17,8	26,1	< 0,001	9,1
Вентиляція (2)	36,0	1	36,0	52,7	< 0,001	9,2
Сезон (3)	262,7	3	87,6	128,2	< 0,001	66,9
1×2	0,4	2	0,2	0,3	0,765	0,1
1×3	15,0	6	2,5	3,7	0,004	3,8
2×3	2,2	3	0,7	1,1	0,370	0,6
1×2×3	8,0	6	1,3	2,0	0,091	2,0
Помилка	32,8	48	0,7	-	-	8,3
Разом	392,7	71	-	-	-	100,0

Якщо проаналізувати оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) запліднюючої здатності сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року (рис. 11), то можна відмітити наступні закономірності.

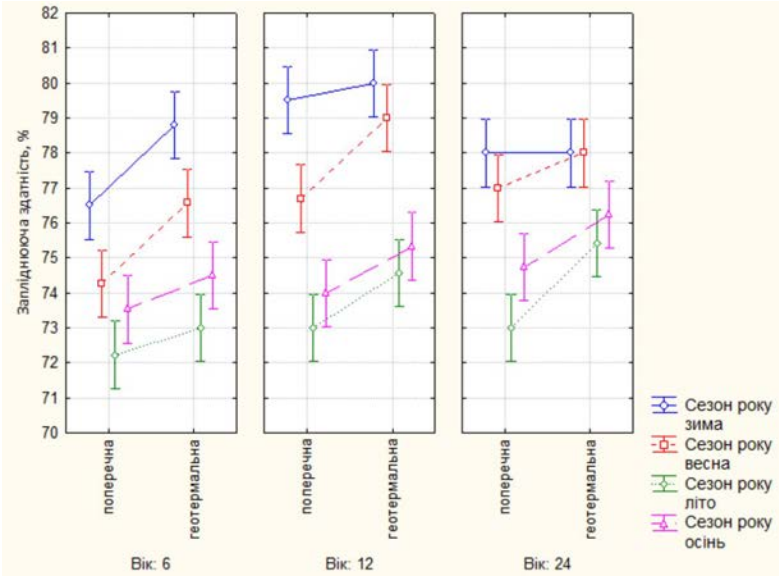


Рис. 11. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) запліднюючу здатність сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

В першу чергу проглядався вірогідний вплив сезонної компоненти, особливо для кнурів наймолодшої вікової групи. Найнижчі оцінки запліднюючої здатності сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас було відмічено протягом літнього або осіннього сезонів. Найвищі оцінки цієї ознаки було відмічено протягом зимового або весняного сезонів.

Мали місце певні відмінності у характері вікової мінливості запліднюючої здатності сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас в різні сезони року. Для літнього та осіннього сезонів відповідні оцінки зростали у тварин більш старших вікових груп. Тоді як для весняно-зимового періоду запліднююча здатність сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас була найвищою для 12-місячних кнурів.

Нарешті, в умовах геотермальної вентиляції оцінки запліднюючої здатності сперміїв еякуляту кнурів породи ландрас частіше були вище, ніж в умовах поперечної вентиляції. В найбільшому ступені відмінності між групами тварин, які утримувалися при різних типах вентиляції, було відмічено протягом зимово-весняного сезону (для 6- та 12-місячних кнурів) або протягом літнього сезону (для 24-місячних кнурів).

При проведенні трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на кількість інсемінаційних доз еякуляту кнурів породи ландрас, знову ж, було встановлено високо вірогідний вплив головних факторів (у всіх випадках: $P < 0,001$) (табл. 10).

Таблиця 10

Вплив віку, типа вентиляції та сезону року на кількість інсемінаційних доз еякуляту кнурів породи ландрас (трифакторний дисперсійний аналіз *ANOVA*)

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	715,7	2	357,9	318,1	< 0,001	77,7
Вентиляція (2)	45,1	1	45,1	40,1	< 0,001	4,9
Сезон (3)	78,4	3	26,1	23,2	< 0,001	8,5
1×2	3,2	2	1,6	1,4	0,246	0,4
1×3	11,2	6	1,9	1,7	0,150	1,2
2×3	7,4	3	2,5	2,2	0,102	0,8
1×2×3	5,8	6	1,0	0,9	0,537	0,6
Помилка	54,0	48	1,1	-	-	5,9
Разом	920,9	71	-	-	-	100,0

Найвищий рівень сили впливу на мінливість кількості інсемінаційних доз еякуляту кнурів породи ландрас було відмічено для вікової групи (77,7 %). Для сезону року та типу вентиляції сила впливу була значно нижче – 8,5 % та 4,9 %, відповідно.

Якщо проаналізувати оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) кількості інсемінаційних доз еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року (рис. 12), то можна відмітити наступні закономірності.

Спостерігалося зростання оцінки середньої кількості інсемінаційних доз еякуляту кнурів породи ландрас з 6- до 12-місячного віку, але у 24-місячному віці ці оцінки вже не змінювалися.

Сезонна компонента мінливості даної ознаки майже не виражена, на відміну від інших ознак спермопродуктивності кнурів. Найвищі оцінки середньої кількості інсемінаційних доз було відмічено протягом літнього та осіннього сезонів, особливо, серед 12-місячних кнурів.

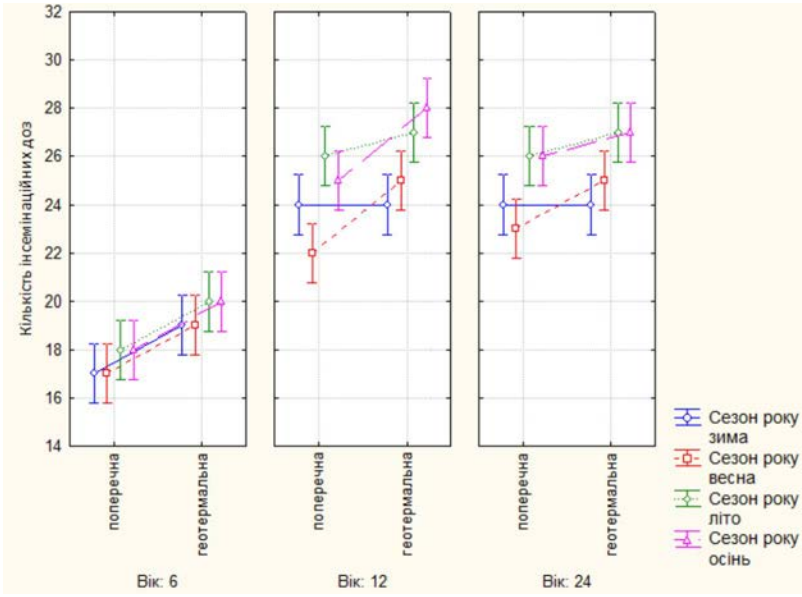


Рис. 12. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) кількості інсемінаційних доз еякуляту кнурів породи ландрас залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

При цьому, тенденція до збільшення кількості інсемінаційних доз еякуляту кнурів породи ландрас також спостерігалася для кнурів (не залежно від віку та сезону року), які утримувалися в умовах геотермальної вентиляції. В найбільшому випадку вплив типу вентиляції було відмічено для 12-місячних кнурів протягом весняного сезону року.

Отже, отримані результати трифакторного дисперсійного аналізу узгоджуються з фундаментальними положеннями сучасних досліджень щодо високої чутливості репродуктивної системи кнурів-плідників до факторів довкілля [27, 30]. Встановлена домінуюча роль сезону року (η^2 = 66,4–70,3 %) та вікового онтогенезу (η^2 = 62,2–91,8 %) у мінливості відтворювальних якостей підтверджує висновки *J.-L. Gourdine et al.* [28] та *F. Liu et al.* [31] про виражену сезонну та вікову зумовленість сперматогенезу й загального фізіологічного стану свиней. Водночас виявлена роль системи вентиляції як критичного технологічного модератора доповнює наукові дані О. Г. Михалка та М. Г. Повода [14], а також *H. Kim et al.* [30] щодо можливості ефективної компенсації температурного стресу за рахунок оптимізації інженерно-технологічних рішень у приміщеннях.

Ґрунтовний аналіз поведінкових реакцій кнурів породи ландрас засвідчує, що згладжування пікових температурних коливань улітку за допомогою геотермальної вентиляції дозволяє нівелювати депресивний вплив гіпертермії на вищу нервову діяльність і статеві рефлекси тварин. Виявлене вірогідне скорочення часу від заведення в манеж до прояву рефлексів ерекції та еякуляції (особливо у 6- та 12-місячних плідників) узгоджується з результатами *O. Deschenko, A. Lykhach* [26] та *M. Schulze et al.* [32], які відзначають чітку залежність інтенсивності копулятивних рефлексів від стабільності зоогігієнічних параметрів мікроклімату. Використання підземного повітропроводу для попередньої термопідготовці повітря

забезпечує стабілізацію температурного режиму в станках, що узгоджується з висновками *O. Deschenko et al.* [25] щодо ефективності альтернативних вентиляційних систем для оптимізації клініко-фізіологічного стану кнурів-плідників.

Порівняльний аналіз сперматологічного профілю свідчить, що геотермальний мікрокліматичний комплекс ефективно запобігає розвитку теплового стресу, який, за даними І. В. Павлової [17] та *H. Sui et al.* [33], спричиняє деструктивні зміни в сперматогенному епітелії та погіршує якість еякуляту. Спостережуване зростання концентрації, прямолінійно-поступальної рухливості, виживаності та запліднювальної здатності сперміїв у літньо-осінній період в умовах геотермальної вентиляції узгоджується з концепцією *M. J. Carabaño et al.* [24] щодо зниження супресивного впливу довкілля на розкриття генетичного потенціалу тварин. Крім того, підтверджене підвищення виходу інсемінаційних доз узгоджується з положеннями *D. Waberski et al.* [34] стосовно шляхів підвищення технологічної та економічної ефективності використання кнурів у сучасних Центрах штучного осіменіння.

Отже, зіставлення експериментальних даних із працями вітчизняних і зарубіжних науковців [12, 16, 24, 26, 27, 30] підтверджує та доповнює твердження і наукові висновки, що геотермальна система вентиляції є дієвим біотехнологічним інструментом стабілізації відтворювальної функції кнурів породи ландрас. Вона забезпечує високу резистентність репродуктивної системи тварин до сезонних коливань довкілля, мінімізує наслідки літнього теплового стресу та гарантує максимальну реалізацію їхнього генетичного потенціалу в умовах інтенсивних технологій сучасного свинарства.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Часові параметри прояву копулятивних рефлексів кнурів породи ландрас визначаються переважно сезонним чинником: у теплий період року (весна–літо) час від заведення в манеж до ерекції та еякуляції вірогідно зростає, досягаючи максимуму у 6- та 12-місячних тварин, тоді як у віці 24 місяці дана часова фаза скорочується та стає більш стабільною.

Упровадження геотермальної системи вентиляції суттєво зменшує тривалість підготовчих фаз статевого акту (від ерекції до початку еякуляції) влітку та навесні в усіх вікових групах порівняно із традиційною поперечною вентиляцією.

Формування об’єму еякуляту на 91,8 % зумовлене віковим чинником: спостерігається його майже двократне зростання у 12- та 24-місячних кнурів порівняно з 6-місячними тваринами. Застосування геотермального мікроклімату забезпечує додаткове зростання об’єму еякуляту у весняний та осінній періоди незалежно від віку плідників.

Концентрація сперміїв та їхня прямолінійно-поступальна рухливість найсильніше зазнають депресивного впливу в літній період. Утримання кнурів в умовах геотермальної вентиляції дозволяє вірогідно підвищити концентрацію та рухливість сперматозоїдів під час літньо-осіннього періоду.

Показники виживаності сперміїв і запліднювальної здатності досягають максимальних значень у зимово-весняний період. Використання геотермальної вентиляції виступає ефективним протектором, підвищуючи запліднювальну здатність еякулятів у 6- та 12-місячних тварин у зимово-весняний період та у 24-місячних кнурів у літній період.

Вихід інсемінаційних доз з одного еякуляту на 77,7 % визначається віком кнура, зростаючи від 6- до 12-місячного віку та виходячи на плато у 24 місяці. Використання геотермальної вентиляції забезпечує стабільну позитивну тенденцію до збільшення кількості технологічно придатних спермодоз у всі сезони року.

Доведено, що застосування геотермальної вентиляції мінімізує негативний вплив літнього теплового стресу на відтворювальну функцію кнурів породи ландрас, забезпечуючи збереження високої статевої активності та якісних характеристик сперми протягом усього року.

Важливим напрямом подальших досліджень є проведення порівняльної оцінки терморезистентності та відтворювальних якостей плідників інших порід і генотипів (зокрема, дюрок, п'єтрен та термінальних ліній) в аналогічних технологічних умовах. Науково-практичний інтерес становить обґрунтування техніко-економічної та енергетичної ефективності масового впровадження геотермальних вентиляційних систем у промисловому свинарстві. Підсумковим вектором наукової роботи має стати комплексна оцінка впливу умов утримання кнурів на багатоплідність свиноматок, великоплідність та збереженість отриманого приплоду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв: МНАУ, 2019. 211 с.

2. Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми), ВНТП-АПК – 02.05. Київ: Мінагрополітики України, 2005. 98 с. URL: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf (дата звернення: 20.07.2026).

3. Войтенко С. Л., Петренко М. О. Продуктивність свиней породи ландрас. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 1 (82). С. 171–179.

4. Гігієна тварин : підручник / М. В. Демчук та ін. Харків : Еспада, 2006. 520 с.

5. Іванов В. О., Волощук В. М. Біологія свиней : навч. посіб. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2009. 304 с.

6. Інструкція із штучного осіменіння свиней. Київ: Аграрна наука, 2003. 56 с.

7. Інтер'єр сільськогосподарських тварин : навч. посіб. / Й. З. Сірацький та ін. Київ: Вища освіта, 2009. 280 с.

8. Коновалов І. В. Адаптаційні та продуктивні якості свиней породи ландрас в умовах промислової технології : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.02.04 «Технологія виробництва продуктів тваринництва» / Миколаївський державний аграрний університет. Миколаїв, 2011. 151 с.

9. Крамаренко О. С., Луговий С. І., Крамаренко С. С. Сучасні генетико-селекційні методи аналізу відтворювальних якостей свиней та овець : монографія. Миколаїв: МНАУ, 2022. 150 с.

10. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / за ред. В. В. Влізла. Львів: СПОЛОМ, 2012. 764 с.

11. Ладика В. І., Хмельничий Л. М., Повод М. Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва : підручник для аспірантів. Одеса: Олді+, 2023. 244 с.

12. Мельник В. О. Різниця репродуктивних показників кнурів-плідників залежно від породи. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. 2014. № 112. С. 81–85.

13. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : посібник / за ред. І. І. Ібатуліна, О. М. Жукорського. Київ, 2017. 328 с.

14. Михалко О. Г., Повод М. Г. Сезонна залежність продуктивності свиноматок данського походження від конструктивних особливостей систем вентиляції приміщень у період опоросу та лактації. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: Тваринництво. 2019. № 3 (38). С. 78–90. DOI: https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2019.3.11

15. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин / Г. В. Проваторов та ін. Суми: ТОВ ВДТ «Університетська книга», 2007. 488 с.

16. Оптимізація технологічних рішень утримання і годівлі свиней в умовах промислової технології : монографія / В. Я. Лихач та ін. Миколаїв: Іліон, 2023. 518 с.

17. Павлова І. В. Морфо-фізіологічні особливості сперміїв кнурів-плідників різних порід під час теплового стресу. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. № 3. С. 189–195. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.21

18. Пелих Н. Л. Ефективність відгодівлі свиней різних генотипів. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 122. С. 262–268. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.39

19. Про затвердження вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання : наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України від 08 лют. 2021 р. № 224. Зареєстр. в Міністерстві юстиції України 18 лют. 2021 р. за № 206/35828.

20. Сусол Р. Л., Ільєва К. В. Відтворювальні ознаки свиней залежно від походження та поєднання в умовах півдня України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2017. Вип. 84(1). С. 81–86.

21. Тельпіс Г. Ф., Богданова Н. В. Відтворювальна здатність кнурів-плідників різних генотипів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.* Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2013. № 190. С. 305–309.

22. Технологія виробництва продукції свинарства : навчальний посібник / М. Повод та ін. ; за ред. М. Г. Повода. Київ: Науково-методичний центр ВФПО, 2021. 360 с.

23. Шостя А. М., Павлова І. В., Чухліб Є. В., Кузьменко Л. М., Кодак Т. С., Березницький В. І., Шаферівський Б. С. Вплив гуматів на прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у кнурів-плідників під час теплового стресу. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 114−120. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.13

24. Carabaño M. J., Ramón M., Menéndez-Buxadera A., Molina A., Díaz C. Selecting for heat tolerance. *Animal Frontiers*. 2019. № 9(1). P. 62–68. DOI: https://doi.org/10.1093/af/vfy033

25. Council Directive 2008/120/EC. 2008. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL (дата звернення: 26.06.2026).

26. Deschenko A., Lykhach A., Lykhach V., Lenkov L., Barkar Y., Shpetny M. The impact of ventilation system type on the microclimate of boar's pen and their clinical triad parameters. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 2024. Vol. 34(3). P. 420–434. DOI: https://doi.org/10.29133/yyutbd.1424785

27. Deschenko O., Lykhach A. Behavioural patterns of boars by breed depending on age, season, and type of ventilation. *Animal Science and Food Technology*, 2024. Vol. 15(2), P. 72–92. DOI: https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.72

28. Gourdine J.-L., Rauw W. M., Gilbert H., Poullet N. The Genetics of Thermoregulation in Pigs: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. Art. 770480. DOI: https://doi.org/10.3389/fvets.2021.770480

29. Increasing the Efficiency of Agribusiness: Strategic Gene Pool Management and Technological Innovations : monograph / V. Lykhach et al. Opole-Kyiv, 2025. 260 p.

30. Kim H., Lee I., Aarnink A., Lee B., Jeong D., Jeong H. Development and validation of an air recirculated ventilation system. Part 1: Application of system in a pig farm and evaluation of pig productivity during winter. *Biosystems Engineering*. 2023. Vol. 230. P. 106–130. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.04.008

31. Liu F., Zhao W., Le H. H., Cottrell J. J., Green M. P., Leury B. J., Dunshea F. R., Bell A. W. Review: What have we learned about the effects of heat stress on the pig

industry? *Animal*. 2022. Vol. 16, № 2. Art. 100349. DOI: https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100349

32. Schulze M., Nitsche-Melkus E., Jakop U., Jung M., Waberski D. New trends in production management in European pig AI centers. *Theriogenology*. 2019. № 1 (137). P. 88-92. DOI: https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.05.042

33. Sui H., Wang S., Liu G., Meng F., Cao Z., Zhang Y. Effects of Heat Stress on Motion Characteristics and Metabolomic Profiles of Boar Spermatozoa *Genes*. 2022. Vol. 13, № 9. P. 1647. DOI: https://doi.org/10.3390/genes13091647

34. Waberski D., Riesenbeck A., Schulze M., Weitze K. F., Johnson L. Application of preserved boar semen for artificial insemination: Past, present and future challenges. *Theriogenology*. 2019. № 1 (137) P. 2–7. DOI: https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.05.030

35. Welfare of pigs : monograph / V. Y. Lykhach, A. V. Lykhach, L. G. Lenkov, L. V. Chepil, E. V. Barkar. Mykolaiv : Ilyon, 2025. 435 p., 60 tables, 84 figures.

36. Yurieva K. V., Chernenko O. M., Polishchuk A. A., Verbelchuk T. V., Ilchenko M. O., Kuzmenko M. V., Koberniuk V. V., Marchenko Y. I., Kolot O. V. Sperm productivity of boars of maternal breeds and a paternal line and the effect of genotype on quantitative and qualitative semen traits. *Bulletin of Sumy National Agrarian University.* Series: Livestock. 2026. № 1. P. 174–188. DOI: https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2026.1.19

Дата першого надходження статті до видання: 01.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 628.86.89
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.43

ПЕРЕДЗАБІЙНА ЖИВА МАСА ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК З ХІМІЧНИМ СКЛАДОМ НАЙДОВШОГО М'ЯЗА СПИНИ У МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ ВЕЛИКОЇ БІЛОЇ ПОРОДИ ЗАРУБІЖНОЇ СЕЛЕКЦІЇ

Луник А.Ю. *– аспірант лабораторії інноваційних технологій та експериментальних тваринницьких об'єктів, Інститут свинарства і агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України*
orcid.org/0000-0009-1931-0942

В роботі наведено результати досліджень хімічного складу найдовшого м'яза спини (m. longisimusdorsi) у молодняка свиней великої білої породи з різою передзабійною живою масою; на основі одержаних даних визначено мінливість кількісних ознак та рівень їх кореляційних зв'язків.

Установлено, що у зразках найдовшого м'яза спини (m. longisimusdorsi) молодняку свиней великої білої породи французької селекції вміст загальної вологи становить 74,45 %, вміст сухої речовини – 26,54 %, вміст сирого жиру – 2,30 %, %, вміст білка – 22,36 %,, вміст золи – 1,88 %, Показник активної кислотності дорівнює 5,14 одиниць, вологоутримуючої здатності (ВУЗ) – 57,35 %.

Достовірну різницю між тваринами піддослідних груп (I піддослідна група – передзабійна жива маса становить 102,3±0,98 кг; II – передзабійна жива маса становить 120,7±1,40 кг) установлено за вмістом вміст загальної вологи (1,81 %; td=4,64; P<0,001) та вологоутримуючою здатність (ВУЗ) (3,59 %; td=6,64; P<0,001). Коефіцієнт варіації (Cv,%) показників хімічного складу найдовшого м'яза спини (m. longisimusdorsi) у молодняка свиней піддослідних груп коливається у межах від 0,70 (II піддослідна група, вміст загальної вологи, %) до 39,39 % (II піддослідна група, вміст сирого жиру, %). Кількість достовірних кореляційних зв'язків між показниками хімічного складу найдовшого м'яза спини (m. longisimusdorsi) у молодняка свиней великої білої породи французької селекції становить 28,57 %. Достовірні кореляційні зв'язки установлено між передзабійною живою масою молодняку свиней, вмістом білка (r= –0,599; tr=2,37) та вологоутримуючою здатність (ВУЗ) найдовшого м'яза спини (m. longisimusdorsi) (r=+0,907; tr=6,85).

Ключові слова: *молодняк свиней, перед забійна жива маса, порода, селекція, хімічний склад найдовшого м'яза спини, мінливість, кореляція.*

Lunyk A.Yu. Pre-slaughter live weight and its relationship with the chemical composition of the longest back muscle in young pigs of the large white breed of foreign selection

The paper presents the results of studies of the chemical composition of the longest back muscle (m. longisimusdorsi) in young pigs of the Large White breed with pre-slaughter live weight; based on the data obtained, the variability of quantitative traits and the level of their correlations were determined.

It was established that in samples of the longest back muscle (m. longisimusdorsi) of young pigs of the Large White breed of French selection, the total moisture content is 74.45%, the dry matter content is 26.54%, the crude fat content is 2.30%, %, the protein content is 22.36%,, the ash content is 1.88%, the active acidity indicator is 5.14 units, the moisture-holding capacity (WHC) is 57.35%. A significant difference between the animals of the experimental groups (I experimental group – pre-slaughter weight of live matter is 102.3±0.98 kg; II – pre-slaughter weight of live matter is 120.7±1.40 kg) was established in terms of total moisture content (1.81%; td=4.64; P<0.001) and moisture-holding capacity (WHC) (3.59%; td=6.64; P<0.001). The coefficient of variation (Sv,%) of the chemical composition of the longest back muscle

© Луник А.Ю., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

(m. longisimusdorsi) in young pigs of the experimental groups ranges from 0.70 (II experimental group, total moisture content, %) to 39.39% (II experimental group, crude fat content, %). The number of significant correlations between the chemical composition of the longest muscle of the back (m. longisimusdorsi) in young pigs of the French Large White breed is 28.57%. Significant correlations were established between the pre-slaughter live weight of young pigs, protein content (r= –0.599; tr=2.37) and the moisture-holding capacity (WHC) of the longest muscle of the back (m. longisimusdorsi) (r=+0.907; tr=6.85).

Key words: *young pigs, pre-slaughter live weight, breed, selection, chemical composition of the longest muscle of the back, variability, correlation.*

Актуальність теми досліджень. Установлено, що важливими господарсько корисними ознаками, поряд з відтворювальними якостями свиноматок та кнурів-плідників, відгодівельні і м'ясні якості їх потомства є фізико-хімічні властивості та хімічний склад м'язової тканини [1, 2, 3].

Дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених свідчать, що на якісний склад м'язової тканини впливають наступні чинники: генотип [4, 5, 6]; методи розведення, стресчутливість, жива маса і стать тварини [7, 8]; умови утримання та годівля [9]; транспортування, первинна обробка туш та інші фактори [10, 11].

Зазначене свідчить про актуальність вибраного напрямку досліджень та необхідність проведення оцінки якісного складу м'язевої та жирової тканини у молодняку свиней зарубіжної селекції.

Постановка проблеми. Збільшення виробництва високоякісної свинини обумовлено впливом великої кількості як генотипових так і паратипових факторів, які необхідно враховувати спеціалістам агроформувань. Серед зазначеного, важливими факторами є дослідження рівня адаптації тварин до умов промислової технології утримання, а також реалізація їх генетичного потенціалу за відтворювальними, відгодівельними і м'ясними якостями [12, 13, 14, 15, 16, 17].

Якість м'яса свиней залежить від pH, кольору м'язів, мармуровіст та вологоутримуючою здатністю. Відомо, що скелетні м'язи містять приблизно 75 % води, 20 % білка, 1–10 % жиру та 1 % глікогену. Встановлено, що розмір, зовнішній вигляд, колір, ніжність, соковитість, кількість м'язових волокон, сполучної тканини, а також вміст внутрішньом'язового жиру відіграють певну роль у визначенні технологічної цінності м'яса [18].

Технологічна якість пов'язана з вологоутримуючою здатністю м'яса, тобто його здатністю утримувати власну воду. На вологоутримуючу здатність сильно впливає швидкість та ступінь зниження pH м'яса. Висока швидкість у поєднанні з високою температурою м'язів (наприклад, від стресу або інтенсивної фізичної активності безпосередньо перед забоєм) викликає денатурацію м'язових білків, знижує вміст води. Значне зниження pH зменшує чистий електричний заряд білків, що також знижує здатність утримувати воду [19, 20].

Швидкість та ступінь зниження pH, визначення кольору та втрати води під час зберігання в холоді є основними показниками технологічної якості м'яса. Вимірювання pH протягом години після забою, а потім на наступний день для оцінки швидкості та ступеня зниження pH, визначення кольору та втрати води під час зберігання в холоді є основними показниками технологічної якості м'яса. Склад м'язових волокон впливає на технологічну якість м'яса, наприклад, на вологоутримувальну здатність, яка залежить від еволюції кінетики pH м'язів після забою та температури. Зниження pH після забою зазвичай відбувається швидше в гліколітичних м'язах, ніж в окислювальних, хоча цей зв'язок не є систематичним. Фактично, pH через 45 хвилин після забою значно нижчий у великому поперековому

м'язі свині ніж у найдовшому м'язі, що можна пояснити нижчою буферною здатністю волокон І типу або відмінностями в кінетиці зниження температури після забою залежно від анатомічного розташування м'язів [20, 21, 22]. На думку ряду дослідників чисте накопичення лактату та низька буферна ємність пояснюють низький кінцевий рН у довгому м'язі попереку мутантних свиней [23]. Одним із важливих показником якості м'яса є ступінь його мармуровості, яка залежить від вмісту внутрішньо м'язового жиру. Мармурове м'ясо вважається найбільш соковитішим, ніжнішим та смачнішим. Вологоутримуюча здатність, внутрішньо м'язовий жир (мармуровістю) та температура приготування визначає соковитість свинини [24].

Виходячи із викладено матеріалу є доцільним дослідити хімічний склад найдовшого м'яза спини *(m. longisimus dorsi)* молодняку свиней великої білої породи французької селекції; на основі одержаних даних визначити мінливість кількісних ознак та рівень їх кореляційних зв'язків.

Методика досліджень. Експериментальну частину роботи проведено в ТОВ «Агропрайм Холдинг» Одеської області (контрольна відгодівля молодняку свиней: І піддослідна група – передзабійна жива маса становить 102,3±0,98 кг (Cv=2,37 %); ІІ – передзабійна жива маса становить 120,7±1,40 кг (Cv=2,85 %), випробувальному центрі Інституту тваринництва НААН (дослідження хімічного складу найдовшого м'яза спини (m. longisimusdorsi) у молодняка свиней великої білої породи), а також лабораторії розведення і селекції свиней Інституту свинарства і АПВ НААН (біометрична обробка результатів досліджень та їх зоотехнічний аналіз). Хімічний склад найдовшого м'яза спини (m. longisimusdorsi) досліджували наступні кількісні ознаки: вміст сухої речовини, %; вміст загальної вологи, %; вміст сирого жиру, %; вміст білка, %; вміст золи, %; активну кислотність, одиниць; волого утримуючу здатність (ВУЗ), % [25]. Якість м'яса за фізико-хімічними показниками визначали за шкалою Поливоди А. М. (табл. 1) [26].

Таблиця 1

Шкала оцінки якості м'яса за фізико хімічними показниками

Оцінка	Показник якості м'яса				
	Волого утримуюча здатність (ВУЗ), %	**Інтенсивність забарвлення, (коефіцієнт екстинції × 1000)**	**Ніжність, секунд**	**Жир, %**	**Температура топлення, градуси**
Ліміти	46,8-71,8	27-119	5,8-15,5	0,7-4,8	23,5- 46,8
Висока якість	67,0 і більше	83 і більше	7,9 і менше	3,1 і більше	-
Нормальна якість	53,0-66,0	48-82	8,0-12,0	1,2-3,0	32,5-41,5
Низька якість	52,0 і менше	47 і менше	12,1 і більше	1,1 і менше	41,6 і більше 32,4 і менше

Біометричну обробку результатів досліджень проводили за загальноприйнятими методиками [27].

Силу кореляційних зв'язків між ознаками визначали за шкалою Чеддока [28] (табл. 2).

Таблиця 2

Шкала Чеддока для градації сили кореляційного зв'язку між кількісними ознаками

Значення коефіцієнта кореляції	Сила кореляційного зв'язку
0,1-0,3	Слабка
0,3-0,5	Помірна
0,5-0,7	Помітна
0,7-0,9	Висока
0,9-0,99	Дуже висока

Результати досліджень. В роботі представлені результати лабораторних експериментів, проведених у 2024–2025 рр. Аналіз лабораторних досліджень свідчить, що у зразках найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* молодняку свиней великої білої породи французької селекції вміст загальної вологи становить 74,45±0,167 %, вміст сухої речовини – 26,54±0,169 %, вміст сирого жиру – 2,30±0,191 %, %, вміст білка – 22,36±0,125 %, %, вміст золи – 1,88±0,152 %, % (табл. 3).

Таблиця 3

Показники мінливості хімічного складу найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* молодняку свиней великої білої породи французької селекції, *n=12*

Показник, одиницівиміру	Якість м'яса	Біометричні показники	
		$\sigma \pm S_{\sigma}$	$Cv \pm S_{Cv}$,%
вміст загальної вологи, %	-	0,57±0,117	0,79±0,162
вміст сухої речовини, %	-	0,57±0,117	2,18±0,446
вміст сирого жиру, %	нормальна	0,67±1,137	28,81±5,892
вміст білка, %	-	0,43±0,088	1,94±0,397
вміст золи, %	-	0,52±0,107	28,00±5,726
активна кислотність (pH), одиниць	-	0,10±0,021	2,02±0,413
вологоутримуюча здатність (ВУЗ), %	нормальна	1,89±0,387	3,30±0,675

Показник активної кислотності дорівнює 5,14 ± 0,029 одиниць, вологоутримуючої здатності (ВУЗ) – 57,35±0,546 %.

Результати досліджень хімічного складу найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* у молодняка свиней великої білої породи різної передзабійної живої маси наведено у таблиці 4.

Установлено, що у зразках найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* молодняку свиней I піддослідної групи (передзабійна жива маса становить 102,3±0,98 кг) виявлено більший вміст загальної вологи. Порівняно зі зразками молодняку свиней II піддослідної групи (передзабійна жива маса становить 120,7±1,40 кг), різниця за даним показником становить 1,81 % (td=4,64; P<0,001).

Аналіз лабораторних даних показав, що у зразках найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* молодняка свиней II піддослідної групи виявлено більший вміст сухої речовини (на 0,81 %; td=2,07; P>0,05), сирого жиру (на 0,11 %; td=0.23; P>0,05), білка (на 0,45 %; td=1,95; P>0,05) і золи (на 0,38 %; td=1,31; P>0,05). Різниця між зразками найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi),* одержаних від тварин II і I піддослідних груп за вологоутримуючою здатністю становить 3,59 % (td=6,64; P<0,001).

Таблиця 4

Хімічний склад найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* у молодняка свиней піддослідних груп, $X \pm Sx$

Показник, одиниці виміру	Група	
	I	II
	6	6
вміст загальної вологи, %	73,21±0,337	71,40±0,206
вміст сухої речовини, %	25,78±0,337	26,59±0,206
вміст сирого жиру, %	2,53±0,240	2,64±0,425
вміст білка, %	21,99±0,198	22,44±0,127
вміст золи, %	1,69±0,128	2,07±0,262
активна кислотність (pH), одиниць	5,14±0,055	5,21±0,062
вологоутримуюча здатність (ВУЗ), %	55,90±0,285	59,49±0,465

Результати досліджень показників мінливості хімічного складу найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* у молодняка свиней великої білої породи різної передзабійної живої маси наведено у таблиці 5.

Таблиця 5

Показники мінливості хімічного складу найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* у молодняка свиней піддослідних груп

Показник, одиниці виміру	Біометричніпоказники	Група	
		I	II
	N	6	6
вміст загальної вологи, %	$\sigma \pm S_\sigma$	0,82±0,236	0,50±0,289
	$Cv \pm S_{Cv}$,%	1,12±0,323	0,70±0,202
вміст сухої речовини, %	$\sigma \pm S_\sigma$	0,82±0,236	0,50±0,144
	$Cv \pm S_{Cv}$,%	3,18±0,919	1,88±0,543
вміст сирого жиру, %	$\sigma \pm S_\sigma$	0,59±0,170	1,04±0,300
	$Cv \pm S_{Cv}$,%	23,32±6,739	39,39±11,384
вміст білка, %	$\sigma \pm S_\sigma$	0,48±0,138	0,31±0,089
	$Cv \pm S_{Cv}$,%	2,18±0,630	1,38±0,398
вміст золи, %	$\sigma \pm S_\sigma$	0,31±0,089	0,64±0,184
	$Cv \pm S_{Cv}$,%	18,34±5,300	30,91±8,933
активна кислотність (pH), одиниць	$\sigma \pm S_\sigma$	0,13±0,037	0,15±0,043
	$Cv \pm S_{Cv}$,%	2,52±0,728	2,87±0,829
вологоутримуюча здатність (ВУЗ), %	$\sigma \pm S_\sigma$	0,69±0,199	1,14±0,329
	$Cv \pm S_{Cv}$,%	1,23±0,355	1,91±0,344

Установлено, що коефіцієнт варіації (Cv,%) показників хімічного складу найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* у молодняка свиней піддослідних груп коливається у межах від 0,70 (II піддослідна група, вміст загальної вологи, %) до 39,39 % (II піддослідна група, вміст сирого жиру, %).

Розрахунки коефіцієнтів парної кореляції між показниками хімічного складу найдовшого м'яза спини (m. longisimusdorsi) (табл. 6), а також передзабійною живою масою та показниками хімічного складу найдовшого м'яза спини (m. longisimusdorsi) (табл. 7) у молодняка свиней великої білої породи французької селекції свідчать про значну варіабельність даного біометричного показника як

за напрямком так і силою (коефіцієнтів парної кореляції коливається у межах від – 0,999 до +0,907).

Таблиця 6

Коефіцієнти парної кореляції між показниками хімічного складу найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* у молодняка свиней великої білої породи французької селекції, n=12

Ознака		Біометричні показники			Сила кореляційного зв'язку
x	*y*	$r \pm S_r$	$_fr$	P	
1	2	–0,999±0,0141	70,66	<0,001	Дуже висока
1	3	–0,894±0,1478	5,98	<0,001	Висока
1	4	–0,284±0,3064	0,81	>0,05	Слабка
1	5	+0,323±0,2993	1,08	>0,05	Помірна
1	6	+0,234±0,3075	0,76	>0,05	Слабка
1	7	+0,154±0,3125	0,49	>0,05	Слабка
2	3	+0,884±0,1478	5,98	<0,001	Висока
2	4	+0,247±0,3064	0,81	>0,05	Слабка
2	5	–0,323±0,2993	1,08	>0,05	Помірна
2	6	-0,234±0,3075	0,75	>0,05	Слабка
2	7	-0,154±0,3145	0,49	>0,05	Слабка
3	4	+0,091±0,3149	0,71	>0,05	-
3	5	-0,514±0,2713	1,89	>0,05	Помітна
3	6	+0,233±0,3076	0,76	>0,05	Слабка
3	7	-0,171±0,3116	0,25	>0,05	Слабка
4	5	–0,700±0,2258	3,10	<0,001	Помітна
4	6	–0,268±0,3047	0,88	>0,05	Слабка
4	7	–0,617±0,2490	2,48	<0,05	Помітна
5	6	+0,299±0,3018	0,99	>0,05	Слабка
5	7	+0,609±0,2508	2,43	<0,05	Помітна
6	7	+0,235±0,3074	0,76	>0,05	Слабка

Примітка: 1 – вміст загальної вологи, %; 2 – вміст сухої речовини, %; 3 – вміст сирого жиру, %; 4 – вміст білка, %; 5 – вміст золи, %; 6 – активна кислотність (pH), одиниць; 7 – вологоутримуюча здатність (ВУЗ), %.; * – P<0,05; *** – P<0,001

Достовірні кореляційні зв'язки установлено між наступними парами кількісних ознак: вміст загальної вологи × вміст сухої речовини (r=–0,999; tr=70,66); вміст загальної вологи × вміст сирого жиру (r=–0,894; tr=5,98); вміст сухої речовини × вміст сирого жиру (r=+0,884; tr=5,98);вміст білка ×вміст золи (r=–0,700; tr=3,10);вміст білка × вологоутримуюча здатність (ВУЗ) (r=–0,617; tr=2,48); вміст золи × вологоутримуюча здатність (ВУЗ) (r=+0,609; tr=2,43), передзабійна жива маса × вміст білка (r= –0,599; tr=2,37);передзабійна жива маса × × вологоутримуюча здатність (ВУЗ) (r=+0,907; tr=6,85).

Таблиця 7

Коефіцієнти парної кореляції між показниками передзабійної живої маси та хімічного складу найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* у молодняка свиней великої білої породи французької селекції, n=12

Ознака		Біометричні показники			Сила кореляційного зв'язку
x	***y***	$r \pm S_r$	t_r	**P**	
Передзабійна жива маса молодняку свиней (112,0±2,88 кг)	1	+0,109±0,3143	0,35	>0,05	Слабка
	2	–0,109±0,3143	0,35	>0,05	Слабка
	3	+0,033±0,3161	0,10	>0,05	-
	4	–0,599±0,2532	2,37	<0,05	Помітна
	5	+0,435±0,2847	1,53	>0,05	Помірна
	6	+0,098±0,3147	0,31	>0,05	-
	7	+0,907±0,1325	6.85	<0,001	Дуже висока

Примітка: 1 – вміст загальної вологи, %; 2 – вміст сухої речовини, %; 3 – вміст сирого жиру, %; 4 – вміст білка, %; 5 – вміст золи, %; 6 – активна кислотність (pH), одиниць; 7 – вологоутримуюча здатність (ВУЗ), %.; * – P<0,05; *** – P<0,001

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Установлено, що у зразках найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* молодняку свиней великої білої породи французької селекції вміст загальної вологи становить 74,45 %, вміст сухої речовини – 26,54 %, вміст сирого жиру – 2,30 %, %, вміст білка – 22,36 %, %, вміст золи – 1,88 %, %; Показник активної кислотності дорівнює 5,14 одиниць, вологоутримуючої здатності (ВУЗ) – 57,35 %.

2. Достовірну різницю між тваринами піддослідних груп установлено за вмістом вміст загальної вологи (1,81 %; td=4,64; P<0,001) та вологоутримуючою здатність (ВУЗ) (3,59 %; td=6,64; P<0,001).

3. Коефіцієнт варіації (Cv,%) показників хімічного складу найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* у молодняка свиней піддослідних груп коливається у межах від 0,70 (II піддослідна група, вміст загальної вологи, %) до 39,39 % (II піддослідна група, вміст сирого жиру, %).

4. Кількість достовірних кореляційних зв'язків між показниками хімічного складу найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* у молодняка свиней великої білої породи французької селекції становить 28,57 %. Достовірні кореляційні зв'язки установлено між передзабійною живою масою молодняку свиней, вмістом білка (r= –0,599; tr=2,37) та вологоутримуючою здатність (ВУЗ) найдовшого м'яза спини *(m. longisimusdorsi)* (r=+0,907; tr=6,85).

5. Перспективи подальших досліджень будуть спрямованні на поглиблене вивчення гістоструктури найдовшого м'яза спини свиней.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Баньковська І. Б. Обґрунтування та розробка системи оцінки, прогнозування і оптимізації виробництва якісної продукції свинарства : автореф. дис… д-ра с.-г. наук: 06.02.04. Миколаїв, 2017. 43 с.

2. Бірта Г.О., Бургу Ю.Г., Ткаченко А.С.та ін. Якісні показники м'яса свиней різних генотипів. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. 2023. Вип. 1, С. 30-33. DOI: https://doi.org/10.37734/2518-7171-2023-1-5.

3. Баньковська І. Б., Волощук В. М., Подобєд Л. І., та ін. Модель оптимізації виробництва якісної свинини в сучасних умовах товарного свинарства. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування

України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2016. Вип. 250. С. 114-124.

4. Балацький В.М,Корінний С.М., Баньковська І. Б. та ін. Асоціація гену релізинг-фактора гормону росту за якістю м'яса свиней великої білої породи української селекції. Свинарство: міжвідомчий тематичний науковий збірник Інституту свинарства і АПВ НААН, 2015. Вип. 67. С. 107–112.

5. Баньковська І. Б. Комплексний вплив факторів породи, статі та живої маси на показники м'ясної продуктивності свиней. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво. 2016. Вип. 7(30). С. 36–42.

6. Новгородська Н.В. Технологічні особливості свинини з вадами PSE и DFD. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Ґжицького. 2016, т 18, № 2 (67) С. 143-145.

7. Топіха В.С. Вивчення м'ясних якостей свиней вітчизняного та імпортного генофонду в умовах промислової технології. Свинарство: міжвідомчий тематичний науковий збірник Інституту свинарства і АПВ НААН,, 2014. Вип. 65. С. 59–64.

8. Баранова Г.С. М'ясо-сальна продуктивність і фізико-хімічні властивості м'яса свиней різних генотипів. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. № 2. С. 169-173.

9. Баньковська І. Б. Волощук В. М. Вплив різних способів утримання свиней на якість туш. Тваринництво України. 2014. № 10. С. 21–23.

10. Халак В.І. Біологічна повноцінність м'яса та сала молодняку свиней різного екогенезу. Аграрний вісник Причорномор'я. 2010. Вип. 52. С.53–58.

11. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г., Флока Л. В. та ін. Морфологічний склад та м'ясо-сальні якості туш свиней. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво. 2020. Вип. 4. С. 27-32.

12. М'ясо: Методи визначення вологи, сирого жиру, оксипроліну, триптофану, жорсткості, pH водно-м'ясної витяжки, вологоутримуючої здатності, вмісту білка. Стандарт Інституту тваринництва НААН 18:2024. Харків, Інститут тваринництва НААН. 2024. с. 9.

13. Поливода А. М. Оцінка якості свинини за фізико-хімічними показниками. Свинарство. Вип. 24. 1976. С.57-62.

14. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин: навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговой, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв: МНАУ. 2019. 211 с.

15. Сидорова А. В., Леонова Н. В., Масич Л. А. та ін. Практикум по теории статистики. Донецк: Донецкий национальный университет, 2003. 250.

16. Волощук В. М., Гетя А.А., Черенюк О.М. Вивчення м'ясної продуктивності свиней. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві. Посібник. За ред. Ібатуліна І. І., і Жукорський О. М. К.: Аграрна наука, 2017. С.124-129.

17. Ушакова С.В. Ефективність використання міжпородних поєднань для підвищення продуктивних якостей свиней Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук зі спеціальності 06.02.01 – розведення та селекція тварин. Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ. 2016.

18. Халак В.І.). Відтворювальні якості свиноматок різних типів адаптації та рівень їх фенотипної консолідації. Розведення і генетика тварин. 2022. Вип. 64. С. 162-172. https://doi.org/10.31073/abg.64.15.

19. Хватова М. А. Селекція за комбінаційною здатністю як надійний засіб підвищення генетичного потенціалу свиней. Науково-технічний бюлетень ІТ НААН. 2015. № 113. С. 281-288.

20. Храмкова О.М. Відтворювальні якості свиноматок за різних поєднань порід і типів. Theoretical and Applied Veterinary Medicine. 2019. № 7 (2). С. 115–119. https://doi.org/10.32819/2019.71021.

21. Хватова М. А. Селекція за комбінаційною здатністю як надійний засіб підвищення генетичного потенціалу свиней. Науково-технічний бюлетень ІТ НААН. 2015. № 113. С. 281-288.

22. Listrat A., Lebret B., Louveau I. et. al. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. Hindawi Publishing Corporation e Scientific World Journal. 2016. Iss. 1. Article ID 3182746, 14 p. http://dx.doi.org/10.1155/2016/3182746.

23. Fernandez X, Sante V., Baeza E. et al., Effects of the rate of ´ muscle post mortem pH fall on the technological quality of turkey meat. British Poultry Science. 2002. Vol. 43, No. 2, pp. 245–252.

24. Huff-Lonergan E., Lonergan S.M. Mechanisms of water holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. Meat Science. 2005. Vol. 71, No. 1, pp. 194–204.

25. Lebret B., Guillard A.-S. Outdoor rearing of cull sows: effects on carcass, tissue composition and meat quality. Meat Science. 2005. Vol. 70, No. 2, pp. 247–257.

26. Lefaucheur L. A second look into fibre typing—relation to meat quality. Meat Science. 2010. Vol. 84, No. 2, pp. 257–270.

27. Matarneh S.K., England E.M., Scheffler T.L. et. al. Net lactate accumulation and low buffering capacity explain low ultimate pH in the longissimus lumboru of AMPKγ3R200Q mutant pigs. Meat Science. 2015. Vol. 110, pp. 189–195.

28. Font-i-Furnols M., Tous N., Esteve-Garcia E. et. al. Do all the consumers accept marbling in the same way. The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content, Meat Science. 2012. Vol. 91, No. 4, pp. 448–453.

Дата першого надходження статті до видання: 28.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 636.27(477).034.082:612.63:636.09
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.44

ВПЛИВ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН У СУХОСТІЙНИЙ ПЕРІОД КОРІВ НА БІОХІМІЧНИЙ СТАТУС ЇХ ОРГАНІЗМУ

Лухтай О.П. *– аспірант кафедри прикладної біології, розведення та генетики тварин,*
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0009-0004-1199-5282
Себа М.В. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри прикладної біології, розведення та генетики тварин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0001-9696-934X
Каплуненко В.Г. *– д.т.н., с.н.с.,*
директор,
ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології»
orcid.org/0000-0002-5492-7990

Сухостійний та ранній післяотельний періоди є критичними етапами фізіологічної адаптації корів, які супроводжуються інтенсивною перебудовою обміну речовин та підвищенням потреби організму в енергії, амінокислотах, вітамінах і мінеральних елементах. Метою дослідження було встановити вплив застосування біологічно активних речовин у сухостійний період на біохімічний статус організму корів української чорно-рябої молочної породи. Дослідження проведено у виробничих умовах племрепродуктора Черкаської області. Було сформовано три групи корів по 25 тварин: контрольну та дві дослідні. Тваринам 2-ї групи вводили композицію на основі L-аргініну, наноаквахелатів Германію і Цинку та вітаміну B_{12}, а 3-ї групи – L-аргініну, сукцинату натрію, наноаквахелатів Селену, Цинку, Мангану і Купруму та вітаміну B_{12}. Препарати вводили підшкірно по 20 мл протягом трьох діб, починаючи з 271-ї доби тільності. Біохімічні показники сироватки крові та активність ензимів визначали за 11 і 7 діб до отелення та через добу після нього. Встановлено, що застосування досліджуваних композицій не спричиняло суттєвих змін більшості показників протеїнового, азотистого, ліпідного, пігментного та мінерального обміну до отелення. Через добу після отелення у корів 2-ї групи концентрація креатиніну була вищою на 26,4 % ($P<0,01$), тоді як концентрація Кальцію у 2-й та 3-й групах була нижчою відповідно на 19,2 та 15,4 % ($P<0,001$) порівняно з контролем. Активність ГГТ у дослідних групах знизилася на 34,1–34,8 %, а АСТ – на 30,9–39,5 % ($P<0,001$), що може свідчити про меншу інтенсивність цитолізу та стабільніший функціональний стан тканин у ранній післяотельний період. Водночас активність АЛТ, ЛФ, ХЕ, КФК та ЛДГ достовірно не змінювалася. Отже, застосування досліджуваних композицій наприкінці тільності не порушувало основних метаболічних процесів і характеризувалося стабільністю більшості біохімічних показників крові. Перспективним є подальше дослідження їх впливу на перебіг отелення, відновлення репродуктивної функції, здоров'я, молочну продуктивність та метаболічну адаптацію корів упродовж усього транзитного періоду.

Ключові слова: *корови, сухостійний період, біологічно активні речовини, біохімічний статус, метаболічна адаптація, наноаквахелати, L-аргінін, ензими сироватки крові.*

© Лухтай О.П., Себа М.В., Каплуненко В.Г., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Lukhtai O.P., Seba M.V., Kaplunenko V.G. The effect of the use of biologically active substances during the dry period of cows on the biochemical status of their body

The dry period and the early postpartum period are critical stages of physiological adaptation in cows, accompanied by intensive metabolic changes and increased requirements of the body for energy, amino acids, vitamins, and minerals. The aim of the study was to determine the effect of biologically active substances administered during the dry period on the biochemical status of Ukrainian Black-and-White Dairy cows. The study was conducted under production conditions at a breeding farm in Cherkasy region. Three groups of cows, 25 animals each, were formed: a control group and two experimental groups. Cows of the second group were administered a composition based on L-arginine, nanoaquachelates of germanium and zinc, and vitamin B12, while cows of the third group received L-arginine, sodium succinate, nanoaquachelates of selenium, zinc, manganese, and copper, and vitamin B12. The preparations were administered subcutaneously at a dose of 20 mL for three consecutive days, starting from the 271st day of gestation. Biochemical parameters of blood serum and enzyme activities were determined 11 and 7 days before calving and one day after calving. It was established that the administration of the studied compositions did not cause significant changes in most indicators of protein, nitrogen, lipid, pigment, and mineral metabolism before calving. One day after calving, the creatinine concentration in cows of the second group was 26.4% higher ($P<0.01$), whereas calcium concentration in the second and third groups was 19.2 and 15.4% lower, respectively ($P<0.001$), compared with the control group. Gamma-glutamyl transferase (GGT) activity in the experimental groups decreased by 34.1–34.8%, while aspartate aminotransferase (AST) activity decreased by 30.9–39.5% ($P<0.001$), which may indicate a lower intensity of cytolysis and a more stable functional state of tissues during the early postpartum period. At the same time, the activities of alanine aminotransferase, alkaline phosphatase, cholinesterase, creatine phosphokinase, and lactate dehydrogenase did not differ significantly. Thus, the administration of the studied compositions at the end of gestation did not disrupt the main metabolic processes and was characterized by the stability of most blood biochemical parameters. Further studies should focus on their effects on the course of calving, restoration of reproductive function, health, milk productivity, and metabolic adaptation of cows throughout the transition period.

Key words: *cows, dry period, biologically active substances, biochemical status, metabolic adaptation, nanoaquachelates, L-arginine, serum enzymes.*

Актуальність теми дослідження. У сучасних системах управління молочним скотарством відтворна здатність має значний вплив на економічну ефективність галузі будь-якого господарства, впливаючи на молочну продуктивність, генетичне вдосконалення стада, кількість ремонтних телиць та вибракування тварин. Перебіг тільності і особливо остання декада має вирішальне значення для забезпечення виживання та здоров'я новонароджених телят та корів [1]. Останні 20 днів тільності є дуже важливими, оскільки організм тварин зазнає глибоких фізіологічних змін та метаболічної адаптації готуючись до отелення та початку лактації [2]. Низкою досліджень встановлено негативний вплив важкого перебігу отелення на здоров'я, відтворну здатність, продуктивність молочних корів, а також вищу неонатальну смертність телят [3]. Затримка посліду це одне з найпоширеніших післяотельних захворювань великої рогатої худоби. Що часто призводить до збільшення захворюваності на ендометрит, і, як наслідок, знижує надій молока та погіршує фертильність [4].

Питанням корекції відтворної здатності за допомогою біотехнологічних методів, а саме застосування біологічно активних речовин та їх сумішей, займалось багато вчених, оскільки вони є безпечними та більшість з них у правильно підібраних дозах мають позитивний стимулюючий ефект на організм тварин. Для попередження ускладнень використовують різні препарати та добавки, до складу яких входять трави, амінокислоти, вітаміни та мікроелементи. Мікроелементи є активними компонентами ензимних систем, які впливають на антиоксидантну систему організму корів. Вони впливають не тільки на материнський організм, а й транспортуються до плоду через плаценту [1].

На сьогодні перспективним напрямком досліджень є використання наночастинок мікроелементів у формі наноаквахелатів [5]. Більшість наночастинок мають властивості, що відрізняються від властивостей більших частинок того ж матеріалу. Завдяки таким перевагам наночастинок, інтерес до вивчення їх потенційного використання та ефективності у тваринництві значно зріс за останнє десятиліття [6].

Постановка проблеми. Сухостійний та ранній післяотельний періоди є критично важливими етапами фізіологічної адаптації корів, оскільки супроводжуються інтенсивною перебудовою обміну речовин, підготовкою до отелення та початку лактації, що зумовлює підвищені потреби організму в енергії, амінокислотах, вітамінах і мінеральних елементах [7]. Порушення метаболічної адаптації в цей період може негативно впливати на перебіг отелення, стан здоров'я, відтворну здатність і подальшу молочну продуктивність корів. Важливу роль у підтриманні метаболічної рівноваги відіграють біологічно активні речовини, зокрема амінокислоти, вітаміни та мікроелементи, які беруть участь у функціонуванні ензимних систем і антиоксидантному захисті організму [8]. Перспективним напрямом є використання мікроелементів у нанорозмірних формах, зокрема наноаквахелатів, ефективність яких у поєднанні з іншими біологічно активними речовинами у корів сухостійного періоду потребує подальшого вивчення. Водночас важливим критерієм оцінювання впливу таких речовин є біохімічний статус організму, який характеризується показниками протеїнового, азотистого, ліпідного, пігментного та мінерального обміну, а також активністю ензимів сироватки крові. У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу комплексних композицій, до складу яких входять L-аргінін, мікроелементи у формі наноаквахелатів, сукцинат натрію та вітамін B_{12}, на біохімічний статус корів української чорно-рябої молочної породи в сухостійний період та в ранній післяотельний період.

Методика досліджень. Експерименти з піддослідними тваринами проводилися відповідно до правил Європейської конвенції про захист хребетних тварин (Офіційний журнал Європейського Союзу L276/33, 2010) та були організовані Наказ Міністерства економіки України «Про затвердження вимог щодо добробуту сільськогосподарських тварин під час їх утримання» від 18 лютого 2021 року. Локальна комісія затвердила протокол експерименту з біоетики Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Дослідження проводилось у виробничих умовах племрепродуктора Корпорація «Украгротех», яке знаходиться в Черкаській області. У якості об'єкту дослідження використовували корів української чорно-рябої молочної породи великої рогатої худоби.

Формування дослідних груп корів проводилося згідно з даними обліку відтворення стада й ефективності штучного осіменіння. Групи-аналоги корів підбирали за породною належністю, віком, кількістю лактацій, продуктивністю, орієнтовною датою отелення, фізіологічним станом та живою масою. Для досліду було сформовано три групи тварин: контрольну і дві дослідні – 2-гу та 3-тю. Корів відбирали у групи по 25 тварин, які мали останні декади тільності (табл. 1). Відбір проб крові проводили від 8 голів корів з кожної групи.

Препарати вводили три дня поспіль починаючи з 271 дня тільності. Тваринам 2-ї групи, відповідно до схеми, яка наведення в таблиці 1 уводили розчин, до складу якого входить L-аргінін, мікроелементи у формі нанокарбоксилатів Ge, Zn та вітамін B12, а тваринам 3-ї групи розчин, до складу якого входили L-аргінін, сукцинат натрію, Se, Zn, Mn, Cu та вітамін B12. Контрольній групі – фізіологічний розчин.

Таблиця 1

Схема уведення досліджуваного розчину

Група	Розчин речовин	Дні уведення препаратів	Разова доза уведення
1 контрольна	Фізрозчин	10, 9 і 8 день перед отеленням	20 мл
2	L-аргінін, Ge, Zn та вітамін В12	10, 9 і 8 день перед отеленням	20 мл
3	L-аргінін, сукцинат натрію, Se, Zn, Mn, Cu та вітамін В12	10, 9 і 8 день перед отеленням	20 мл

Для приготування 250 мл робочого розчину досліджуваного препарату використовували компоненти, дозування, яких наведено в таблиці 2. Ін'єктували розчини під шкіру в області за лопаткою у дозі 20 мл, таким чином загальна доза введених розчинів становила 60 мл.

Таблиця 2

Склад та розрахункові концентрації досліджуваних розчинів

Компонент препарату	Дозування
1 група	
Фізіологічний розчин	
2 група	
L-аргінін	5,0 г (підсумкова концентрація 20 мг/мл)
Наноаквахелат Германію (Ge)	62,5 мл (концентрат 1,5 г/л)
Наноаквахелат Цинку (Zn)	31,25 мл (концентрат 4 г/л)
Вітамін В12 (ціанокобаламін)	1 мл (0,5 мг активної речовини)
3 група	
L-аргінін	5,0 г (підсумкова концентрація 20 мг/мл)
Сукцинат натрію	37,5 г (150 мг/мл)
Наноаквахелат Селену (Se)	17,5 мл (концентрат 270 мг/л)
Наноаквахелат Цинку (Zn)	31,25 мл (концентрат 4 г/л)
Наноаквахелат Мангану (Mn)	20,625 мл (концентрат 3 г/л)
Наноаквахелат Купруму (Cu)	31,25 мл (концентрат 2 г/л)
Вітамін В12 (ціанокобаламін)	1 мл (0,5 мг активної речовини)

Результати досліджень. Результати біохімічних досліджень крові свідчать, що застосування досліджуваних препаратів упродовж трьох діб, починаючи з 271-ї доби тільності, не спричинило суттєвих змін більшості показників протеїнового, ліпідного, пігментного та мінерального обміну (табл. 3). За 11 діб до отелення, до початку введення препаратів, між контрольною та дослідними групами не встановлено статистично достовірних відмінностей за більшістю досліджених показників ($P>0,05$), що свідчить про однорідність сформованих груп.

Водночас у корів 2 групи ще до початку введення препарату концентрація креатиніну була вищою на 14,8 мкмоль/л або 13,7 % ($P<0,01$) порівняно з контрольною групою. Оскільки ця різниця зареєстрована до початку досліду, вона характеризує вихідні особливості сформованих груп, а не є наслідком дії досліджуваної композиції.

Таблиця 3

Біохімічні показники сироватки крові корів, n=8/група

Показники	Група корів			РІ[1]
	1 контрольна	2	3	
Загальний протеїн, г/л:				74–92[1]
– 11 діб до отелення	73,8±2,77	72,5±2,84	74,1±2,20	
– 7 діб до отелення	72,1±2,22	74,9±2,00	72,9±1,67	
– 1 доба після отелення	68,0±1,84	69,9±1,26	72,9±1,63	
Креатинін, мкмоль/л:				51–78[1]
– 11 діб до отелення	108,2±4,12	123,0±3,78**	108,9±6,71	
– 7 діб до отелення	111,2±5,32	124,8±4,25	105,0±7,38	
– 1 доба після отелення	104,7±5,18	132,3±4,96**	116,4±5,54	
Сечовина, ммоль/л:				2,5–6,7[1]
– 11 діб до отелення	3,4±0,49	3,1±0,20	2,7±0,23	
– 7 діб до отелення	3,2±0,41	3,4±0,16	2,4±0,31	
– 1 доба після отелення	2,8±0,18	2,2±0,31	2,5±0,19	
Сечова кислота, мкмоль/л:				–
– 11 діб до отелення	55,5±6,47	55,2±5,20	56,5±3,99	
– 7 діб до отелення	53,2±5,24	57,6±4,36	52,1±5,72	
– 1 доба після отелення	62,5±6,22	68,0±6,61	58,7±4,24	
Холестирин загальний, ммоль/л:				1,9–2,9[2]
– 11 діб до отелення				
– 7 діб до отелення	2,4±0,13	2,7±0,23	2,4±0,27	
– 1 доба після отелення	2,7±0,22	2,9±0,18	2,7±0,31	
	2,1±0,19	2,5±0,21	2,4±0,15	
Тригліцериди, мкмоль/л:				0–200[3]
– 11 діб до отелення	0,4±0,07	0,4±0,08	0,4±0,11	
– 7 діб до отелення	0,4±0,05	0,4±0,03	0,4±0,05	
– 1 доба після отелення	0,2±0,04	0,3±0,06	0,2±0,06	
Білірубін загальний, ммоль/л:				
– 11 діб до отелення	21,0±3,15	26,4±1,79	24,6±2,92	17,0–85,5[3]
– 7 діб до отелення	17,7±2,56	19,7±1,62	20,1±1,78	
– 1 доба після отелення	17,3±2,51	18,1±1,69	21,5±1,95	
Білірубін прямий, ммоль/л:				0,7–7,5[3]
– 11 діб до отелення				
– 7 діб до отелення	1,8±0,24	2,2±0,30	1,3±0,25	
– 1 доба після отелення	1,8±0,61	1,2±0,15	1,2±0,14	
	1,8±0,31	1,0±0,18	1,5±0,26	
Кальцій, ммоль/л:				1,64–2,61[2]
– 11 діб до отелення	2,4±0,06	2,3±0,03	2,3±0,07	
– 7 діб до отелення	2,3±0,07	2,3±0,14	2,2±0,07	
– 1 доба після отелення	2,6±0,03	2,1±0,05***	2,2±0,06***	
Залізо, мкмоль/л:				10–29[3]
– 11 діб до отелення	17,8±2,58	15,2±1,96	15,1±1,84	
– 7 діб до отелення	20,0±2,70	16,1±2,50	15,2±1,94	
– 1 доба після отелення	20,9±2,40	21,6±2,11	16,6±1,89	

Примітки: *P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001 – порівняно з контрольною групою; РІ[1] – референтний інтервал за Cozzi G. [9]; РІ[2] – референтний інтервал за Quiroz-Rocha G.F. [10]; РІ[3] – референтний інтервал за Peter G.G. [11].

Через добу після отелення у корів 2 групи концентрація креатиніну була вищою на 27,6 мкмоль/л або 26,4 % (P<0,01) порівняно з контрольною групою. Підвищення вмісту креатиніну, найімовірніше, пов'язане з більш інтенсивним енергетичним обміном у скелетних м'язах та збільшенням швидкості перетворення креатинфосфату, який забезпечує клітини енергією в умовах високого фізіологічного навантаження. Крім того, L-аргінін покращує тканинну перфузію та метаболічну активність завдяки утворенню оксиду азоту, що може супроводжуватися посиленням м'язового метаболізму без ознак порушення функціонального стану нирок.

У цей самий період концентрація Кальцію в крові корів 2 групи була нижчою на 0,5 ммоль/л або 19,2 % (P<0,001), а у тварин 3 групи – на 0,4 ммоль/л або 15,4 % (P<0,001) порівняно з контрольною групою. Таке зниження, найімовірніше, пов'язане з інтенсивним використанням Кальцію для синтезу молозива та початку лактації, коли потреба організму в цьому макроелементі різко зростає. Одночасно значна кількість Кальцію використовується для скорочення гладенької мускулатури матки, активації ензимних систем і внутрішньоклітинної передачі сигналів. Відсутність відмінностей між дослідними групами свідчить, що застосування досліджуваних препаратів не мало визначального впливу на механізми регуляції кальцієвого гомеостазу в ранній період після отелення.

Слід зазначити, що концентрація загального протеїну, сечовини, сечової кислоти, холестерину, тригліцеридів, загального і прямого білірубіну та заліза у дослідних групах протягом усього періоду спостережень статистично не відрізнялася від показників контрольних тварин (P>0,05). Це свідчить про відсутність негативного впливу досліджуваних композицій на функціональний стан печінки, білковий і ліпідний обмін, процеси детоксикації, азотистий обмін та забезпеченість організму залізом.

Загалом результати досліджень свідчать, що застосування препаратів на основі L-аргініну у поєднанні з нанокарбоксилатами мікроелементів, сукцинатом натрію та вітаміном B_{12} не порушувало основних метаболічних процесів у корів наприкінці тільності та після отелення. Біохімічний профіль крові залишався стабільним, а виявлені зміни стосувалися переважно концентрації креатиніну у тварин 2 групи та Кальцію після отелення, що, найімовірніше, відображало фізіологічну адаптацію організму до різкого зростання енергетичних потреб і мінерального обміну на початку лактації, а не розвиток патологічних процесів.

Результати досліджень активності ензимів сироватки крові свідчать, що застосування досліджуваних препаратів упродовж трьох діб, починаючи з 271-ї доби тільності, не мало суттєвого впливу на функціональний стан печінки, м'язової тканини та інтенсивність тканинного метаболізму до отелення (табл. 4). За 11 діб до отелення, до початку введення препаратів, а також за 7 діб до отелення після завершення курсу їх застосування між контрольною та дослідними групами не встановлено статистично достовірних відмінностей за активністю ГГТ, АСТ, АЛТ, ЛФ, ХЕ, КФК та ЛДГ (P>0,05). Це свідчить про однорідність сформованих груп і відсутність негативного впливу препаратів на функціональний стан органів і тканин наприкінці тільності.

Через добу після отелення у тварин обох дослідних груп активність ГГТ була нижчою порівняно з контрольною групою. Зокрема, у корів 2 групи вона знизилася на 9,0 Од/л або 34,1 % (P<0,001), а у 3 групі – на 9,2 Од/л або 34,8 % (P<0,001).

Таблиця 4

Активність ензимів сироватки крові корів, n=8/група

Показники, Од/л	Група корів			РІ
	1 контрольна	2	3	
ГГТ:				6,1–17,4
– 11 діб до отелення	17,9±2,19	16,9±1,53	16,6±2,95	
– 7 діб до отелення	22,3±2,51	17,6±1,63	16,5±1,77	
– 1 доба після отелення	26,4±3,13	17,4±1,65*	17,2±2,46*	
АСТ:				78–132
– 11 діб до отелення	67,5±7,46	63,4±6,61	62,9±6,90	
– 7 діб до отелення	73,0±8,97	66,3±7,79	61,8±3,33	
– 1 доба після отелення	107,7±9,27	74,4±7,65*	65,2±2,97*	
АЛТ:				11–40
– 11 діб до отелення	24,6±3,12	28,6±3,06	29,3±3,80	
– 7 діб до отелення	27,5±2,72	32,9±3,08	28,9±1,43	
– 1 доба після отелення	24,2±2,58	26,2±3,14	23,8±0,78	
ЛФ:				0–500
– 11 діб до отелення	203,0±38,90	199,9±29,01	193,2±19,78	
– 7 діб до отелення	197,1±18,60	192,3±22,44	212,9±22,16	
– 1 доба після отелення	192,7±25,18	212,2±21,52	259,9±34,24	
ХЕ:				–
– 11 діб до отелення	325,7±44,37	294,5±22,82	311,8±39,38	
– 7 діб до отелення	261,6±44,64	253,6±19,32	274,9±51,01	
– 1 доба після отелення	182,2±50,98	213,2±63,95	245,0±45,09	
КФК:				35–280
– 11 діб до отелення	115,6±17,38	106,5±16,31	102,3±12,24	
– 7 діб до отелення	180,3±39,53	196,9±45,43	152,7±9,66	
– 1 доба після отелення	171,4±27,12	133,7±18,84	120,0±3,25	
ЛДГ:				
– 11 діб до отелення	2119,3±322,25	2176,3±215,01	2121,5±255,97	
– 7 діб до отелення	2051,0±289,33	2300,9±97,44	2246,6±142,44	692–2445
– 1 доба після отелення	1906,0±340,48	2362,4±76,75	2263,0±68,42	

Примітки: *P<0,001 – порівняно з контрольною групою; РІ – референтний інтервал за Peter G.G. [11].

ГГТ є одним із найбільш чутливих маркерів функціонального стану гепатобіліарної системи та активності мембранного транспорту амінокислот. Менша активність цього ензиму може свідчити про зниження функціонального навантаження на гепатоцити та епітелій жовчних протоків, а також про стабілізацію проникності клітинних мембран. Імовірно, антиоксидантні властивості селену, цинку, марганцю, міді та метаболічна дія сукцинату натрію сприяли зменшенню інтенсивності оксидативного стресу, який закономірно посилюється після отелення.

У цей самий період у корів дослідних груп спостерігали нижчу активність АСТ порівняно з контролем. У 2 групі вона була меншою на 33,3 Од/л або 30,9 % (P<0,001), а у 3 групі – на 42,5 Од/л або 39,5 % (P<0,001). АСТ локалізується переважно в мітохондріях і цитоплазмі клітин печінки, скелетної мускулатури та міокарда, тому її підвищення зазвичай відображає пошкодження клітинних мембран або посилення катаболічних процесів. Нижча активність АСТ у дослідних групах свідчить про меншу інтенсивність цитолізу та більш стабільний функціональний стан тканин після отелення. Імовірно, це пов'язано з мембраностабілізувальною

дією антиоксидантних мікроелементів і покращенням енергетичного забезпечення клітин під впливом сукцинату натрію та L-аргініну, який через синтез оксиду азоту покращує тканинну перфузію й забезпечення клітин киснем.

Слід зазначити, що активність АЛТ, ЛФ, ХЕ, КФК та ЛДГ упродовж усього періоду досліджень статистично не відрізнялася від показників контрольної групи (P>0,05). Відсутність змін активності АЛТ свідчить про збереження структурної цілісності гепатоцитів і відсутність ознак ушкодження печінкової паренхіми. Незмінна активність ЛФ підтверджує стабільність процесів фосфорно-кальцієвого обміну та відсутність порушень функціонального стану жовчовивідної системи. Відсутність змін активності ХЕ свідчить про збереження протеїнсинтетичної функції печінки, тоді як стабільні показники КФК і ЛДГ вказують на відсутність додаткового ушкодження скелетної мускулатури та істотних змін інтенсивності анаеробного енергетичного обміну.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Застосування досліджуваних ін'єкційних композицій на основі L-аргініну, нанокарбоксилатів мікроелементів, сукцинату натрію та вітаміну B_{12} у корів наприкінці тільності не спричиняло суттєвих порушень основних метаболічних процесів. У більшості випадків показники білкового, азотистого, ліпідного, пігментного та мінерального обміну залишалися в межах фізіологічних значень. За 7 діб до отелення після завершення триразового введення препаратів статистично достовірних відмінностей за концентраціями загального протеїну, сечовини, сечової кислоти, холестерину, тригліцеридів, загального та прямого білірубіну, кальцію і заліза між дослідними та контрольною групами не встановлено (P>0,05), що свідчить про стабільність метаболічного статусу корів після застосування досліджуваних композицій.

Через добу після отелення у корів 2-ї групи встановлено підвищення концентрації креатиніну на 27,6 мкмоль/л, або 26,4 % (P<0,01), порівняно з контрольною групою. Водночас у корів 2-ї та 3-ї груп концентрація Кальцію була нижчою відповідно на 19,2 та 15,4 % (P<0,001). Виявлені зміни, з урахуванням фізіологічного переходу до лактації, можуть відображати адаптаційні зміни енергетичного та мінерального обміну після отелення.

Активність ензимів сироватки крові до отелення не зазнавала суттєвих змін під впливом досліджуваних препаратів. Після отелення у тварин обох дослідних груп встановлено достовірне зниження активності ГГТ на 34,1–34,8 % та АСТ на 30,9–39,5 % (P<0,001) порівняно з контрольною групою, що свідчить про зниження інтенсивності цитолізу та стабілізацію функціонального стану печінки й інших тканин у ранній післяотельний період. Відсутність достовірних змін активності АЛТ, ЛФ, ХЕ, КФК та ЛДГ протягом періоду досліджень свідчить про відсутність ознак негативного впливу застосованих композицій на функціональний стан печінки, м'язової тканини та інтенсивність тканинного метаболізму.

Перспективним напрямом подальших досліджень є комплексне вивчення впливу застосування композицій на основі L-аргініну, сукцинату натрію, нанокарбоксилатів мікроелементів та вітаміну B_{12} на перебіг отелення і раннього післяотельного періоду. Доцільно розширити спектр досліджуваних показників за рахунок гормональних, гематологічних та метаболічних маркерів, а також простежити їх динаміку протягом більш тривалого періоду після отелення. Важливим є також встановлення взаємозв'язку між виявленими біохімічними змінами, відновленням репродуктивної функції, станом здоров'я корів, молочною продуктивністю та якістю молока. Окремого вивчення потребує порівняльна ефективність двох досліджуваних композицій для визначення доцільності їх практичного використання у технології ведення корів у транзитний період.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Vanegas J.A., Reynolds J., Atwill E.R. Effe cts of an injectable trace mineral supplement on first-service conception rate of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2004. Vol. 87(11). P. 3665–3671. doi:10.3168/jds.s0022-0302(04)73505-5

2. Bruinjé T.C., LeBlanc S.J. Graduate Student Literature Review: Implications of transition cow health for reproductive function and targeted reproductive management. *Journal of Dairy Science*. 2024. Vol. 107. P. 8234–8246. doi:10.3168/jds.2023-24562

3. Matamala F., Strappini A., Sepúlveda-Varas P. Dairy cow behaviour around calving: Its relationship with management practices and environmental conditions. *Austral journal of veterinary sciences*. 2021. Vol. 53 (1). P. 9–22. doi:10.4067/S0719-81322021000100009

1. 4. Kumarswamy M., Bhagwat V.G., Tattimani S., Paramesh R. Helpful viability of post calving tonic for the treatment of post calving complications in dairy animals. *Journal of Advanced Veterinary an Animal Research*. 2021. Vol. 8 (4) P. 650–655. doi:10.5455/javar. 2021.h557

4. Romazan I., Turko Ya., Turko I., Kuliaba O. Prospects for the use of nanoaquachelates of Argentum and Germanium as biocides and biostimulants. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 2025. Vol. 27. P. 205–212. 1 doi:0.32718/nvlvet12025.

5. Kazemi M. Revolutionizing Veterinary Medicine: The Role of Nanoparticles in Advancing Animal Health, Nutrition and Disease Management. *Veterinary Medicine and Scienc*. 2025. Vol. 11(5). P. e70528. doi:10.1002/vms3.70528

6. Іванніков О.О., Файлевич М.Т., Барановський Ю.Д. Годівля корів відповідно до їх фізіологічного стану та фаз лактації. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2025. Вип. 27(103). С. 358–362. doi:10.32718/nvlvet-a10344

7. Sundrum A. Metabolic Disorders in the Transition Period Indicate that the Dairy Cows' Ability to Adapt is Overstressed. *Animals (Basel)*. 2015. Vol. 5(4). P. 978–1020. doi:10.3390/ani5040395

8. Cozzi G., Ravarotto L., Gottardo F., Stefani A.L., Contiero B., Moro L., Brscic M., Dalvit P. Short communication: Reference values for blood parameters in Holstein dairy cows: Effects of parity, stage of lactation, and season of production. *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94(8). P. 3895–3901. doi:10.3168/jds.2010-3687

9. Quiroz-Rocha G.F., LeBlanc S.J., Duffield T.F., Wood D., Leslie K.E., Jacobs R.M. Reference limits for biochemical and hematological analytes of dairy cows one week before and one week after parturition. *Canadian Veterinary Journal*. 2009. Vol. 50(4). P. 383–388.

10. Peter G.G. Jackson Peter D. Clinical Examination of Farm Animals. Blackwell Science Ltd, 2002. C. 303–305.

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 615.9:636.087.7:595.773.4:599.323.4
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.45

ГОСТРА ТОКСИЧНІСТЬ БІОМАСИ ЛИЧИНОК *LUCILIA SERICATA*, ЗБАГАЧЕНОЇ КУПРУМОМ НА БІЛИХ МИШАХ

Надточій П.В. *– аспірант кафедри гігієни тварин та основ санітарії,*
Білоцерківський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0001-4543-0878
Мерзлов С.В. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри харчових технологій,
Білоцерківський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-9815-4280

Метою роботи було встановити гостру токсичність біомаси личинок Lucilia sericata, збагаченої Купрумом, та оцінити її вплив на окремі гематологічні й біохімічні показники крові білих мишей. Дослідження проводили у два етапи – орієнтовний і розгорнутий. Тваринам одноразово внутрішньошлунково вводили суспензію біомаси у дозах 300, 600, 1200, 2400, 3000, 4000, 5000 та 6000 мг/кг маси тіла; вміст Купруму в біомасі становив 1,2 мг/г. Спостереження за мишами проводили 14 діб. Упродовж експерименту враховували виживаність, загальний стан, рухову активність, реакцію на подразники, споживання корму і води мишами, а також визначали вміст гемоглобіну, загального білка, сечовини, глюкози, активність АсАТ і АлАТ та концентрацію тіолових груп у сироватці крові тварин. Встановлено, що введення біомаси в усьому діапазоні доз не спричиняло загибелі тварин, тому показник LD_{50} перевищує 6000 мг/кг. За доз 4000–6000 мг/кг реєстрували короткочасне пригнічення рухової активності та діарею, однак ці прояви зникали на 3–4-ту добу. Вміст гемоглобіну перебував у межах 124–144 г/дм³ і за високих доз мав тенденцію до підвищення. Активність амінотрансфераз, уміст загального білка, сечовини та глюкози залишалися відносно стабільними, що свідчить про відсутність вираженого порушення функціонального стану печінки, білкового та вуглеводного обміну. Зниження білкових і загальних HS-груп за одночасного підвищення низькомолекулярних тіолів при максимальній дозі може відображати адаптаційну реакцію антиоксидантної системи. Отримані результати дають підстави віднести досліджувану біомасу личинок до малотоксичних кормових добавок і розглядати її як перспективне джерело органічно зв'язаного Купруму. Практичне значення роботи полягає в обґрунтуванні подальших досліджень ефективності цієї біомаси у годівлі тварин і птиці.

Ключові слова: *білі миші, LD_{50}, кормова добавка, біохімічні показники крові, тіолові групи, білковий обмін.*

Nadtochii P.V., Merzlov S.V. Acute toxicity of lucilia sericata larvae biomass enriched with copper on white mice

The aim of the work was to establish the acute toxicity of Lucilia sericata larval biomass enriched with Copper and to assess its effect on individual hematological and biochemical blood parameters of white mice. The study was conducted in two stages – indicative and deployed. The animals were administered a single intragastric injection of biomass suspension at doses of 300, 600, 1200, 2400, 3000, 4000, 5000 and 6000 mg/kg of body weight; the Copper content in the biomass was 1.2 mg/g. The mice were observed for 14 days. During the experiment, survival, general condition, motor activity, response to stimuli, food and water consumption by mice were taken into account, and the content of hemoglobin, total protein, urea, glucose, AST and ALT activity and the concentration of thiol groups in the blood serum of the animals were also determined. It was found that the introduction of biomass in the entire dose range did not cause the death of animals, therefore the LD_{50} indicator exceeds 6000 mg/kg. At doses of 4000–6000 mg/kg,

© Надточій П.В., Мерзлов С.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

short-term inhibition of motor activity and diarrhea were recorded, however, these manifestations disappeared on the 3rd–4th day. The hemoglobin content was within 124–144 g/dm³ and at high doses tended to increase. The activity of aminotransferases, the content of total protein, urea and glucose remained relatively stable, which indicates the absence of a pronounced violation of the functional state of the liver, protein and carbohydrate metabolism. The decrease in protein and total HS groups with a simultaneous increase in low-molecular thiols at the maximum dose may reflect an adaptive reaction of the antioxidant system. The results obtained provide grounds to attribute the studied biomass of larvae to low-toxic feed additives and consider it as a promising source of organically bound Copper. The practical significance of the work lies in substantiating further studies of the effectiveness of this biomass in feeding animals and poultry.

Key words: *white mice, LD_{50}, feed additive, biochemical blood parameters, thiol groups, protein metabolism.*

Актуальність теми дослідження. Купрум за поширеністю у організмі людини і тварин є третім серед металів-біотиків [1]. Мікроелемент бере участь в клітинному енергетичному метаболізмі, окисно-відновних реакціях, нейротрансмісії та регуляції дії імунної системи. За фізіологічно-нормального функціонування всмоктування та анаболізм Купруму має біологічне регулювання [2].

Купрум є есенціальним мікроелементом для тварин, оскільки входить до складу багатьох кумрумвмісних ензимів, зокрема церулоплазміну, цитохром-с-оксидази, супероксиддисмутази та лізилоксидази, які беруть участь у тканинному диханні, антиоксидантному захисті, обміні Феруму та формуванні сполучної тканини [3].

Важливе біологічне значення Купруму полягає у підтриманні кровотворення, оскільки він опосередковано впливає на метаболізм Феруму та синтез гемоглобіну, а його дефіцит у тварин може супроводжуватися анемією, погіршенням росту та зниженням продуктивності.

Купрум також необхідний для нормального функціонування імунної системи: дослідження показують, що нестача цього елемента порушує антиоксидантний статус, змінює імунну відповідь і може знижувати резистентність організму тварин до інфекційних чинників [4].

Засвоєння і обмін Купруму можуть порушуватись за впливу екологічних факторів, хвороб та внаслідок генетичного порушення у тварин. Значне накопичення металу-біотику у організмі може спричинити пошкодження органів або навіть прояви канцерогенезу [5, 6].

Дефіцит Купруму, може бути викликаний незбалансованими раціонами, порушенням всмоктування його у кишківнику, що у свою чергу викликає дисфункцію ряду систем і анемію [7]. Також дефіцит Купруму впливає на проліферацію Т-клітин, що, своєю чергою знижує дію гуморального імунітету [8].

Метал-біотик впливає на синтез гему, колагену, виконує функцію каталітичного і структурного кофактора тирозинази, супероксиддисмутаза, цитохромоксидази [9].

Дефіцит Купруму у мишей призводить до зниження активності супероксиддесмутази та загальної антиоксидантної дії, погіршуючи поглинання вільних радикалів [10].

Підвищення вмісту Купруму у організмі тварин викликає токсичність селезінки, що призводить до функціональних порушень [11, 12, 13].

Уже тривалий час Купрум використовується як мінеральна добавка до раціонів сільськогосподарських тварин та птиці. Достатнє надходження Купруму з кормом має значення для репродуктивної функції, розвитку ембріона та плода, стану шерстного покриву й пігментації, тоді як надлишок Купруму може бути токсичним, тому його використання у годівлі потребує дотримання оптимальних доз.

Підвищене надходження Купруму до організму тварин може спричиняти оксидативний стрес, оскільки високі кількості Cu у раціоні здатні посилювати накопичення металу в печінці, нирках і мозку та негативно впливати на продуктивність тварин [14].

У дослідах на птиці встановлено, що надлишок Купруму в комбікормі викликає порушення метаболізму в печінці, пошкодження гепатоцитів, зміни мітохондрій та активацію процесів автофагії, а у курей-несучок може знижувати якість яєць і репродуктивні показники.

Особливо чутливими до токсичної дії металу є вівці: за хронічного надходження Купрум накопичується у печінці, а після перевищення її депонувальної здатності раптово надходить у кров, спричиняючи гемоліз, тяжку інтоксикацію і загибель тварин [15].

LD_{50} для більшості мінеральних солей Купруму може становити від 100 до 300 мг/кг маси тіла [16, 17].

Перспективним методом згодовування Купруму тваринам є використання його у складі білкових добавок, де елемент перебуває у хелатній формі.

Личинки мух, зокрема *Hermetia illucens*, *Musca domestica* та *Lucilia Sericata* характеризуються високою протеїновою цінністю: вміст білка залежно від субстрату становить 39–64 % сухої речовини [18, 19].

Рядом дослідників [20] встановлено, що у біомасі личинок *Hermetia illucens* накопичуються метали-біотики із субстрату. Вміст елементів у біомасі личинок прямопропорційно залежав від їх концентрації у поживному середовищі

Мета дослідження. В умовах Білоцерківського національного аграрного університету було одержано біомасу личинок *Lucilia Sericata,* збагачену Купрумом. Згідно вимог використання нових кормових добавок [21] необхідне проведення досліджень нешкідливості та гострої токсичності біомаси *Lucilia Sericata,* збагаченої Купрумом.

Методика досліджень. Гостру токсичність біомаси личинок мух, збагаченої Купрумом, визначали за орієнтовного та розгорнутого досліджень на білих мишах в умовах віварію Білоцерківського НАУ. Тваринам перед експериментом організовували голодну дієту тривалістю 4 години.

Проводячи орієнтовний дослід мишам із I-IV груп вводили одноразово, використовуючи металевий зонд із свинцевим наконечником, внутрішньошлунково суспензію із біомаси личинок мух у дозах від 300,0 до 2400,0 мг/кг маси тіла.

За розгорнутого досліду мишам вводили високі дози біомаси личинок: V група – 3000,0 мг/кг; VI група – 4000,0 мг/кг; VII група – 5000,0 мг/кг та VIII група – 6000,0 мг/кг. Спостереження за мишами проводили продовж 14 діб. Суспензію із біомаси личинок мух, збагаченої Купрумом, готували на розчині крохмалю (вміст поліцукру 1,0 %) за 30 хвилин до ведення лабораторним тваринам. Вміст Купруму у біомасі личинок становив 1,2 мг/г.

Визначення гострої токсичності проводили згідно до вимог [21]. Вміст гемоглобіну у крові мишей досліджували використовуючи стандартний набір реактивів згідно методики, викладеної [22]. У сироватці крові мишей визначали вміст загального білка згідно із загальноприйнятою методикою O.H. Lowry [23], вільних, білкових та загальних сульфогідрильних груп досліджували використовуючи методику G.L. Ellman [24], вміст сечовини встановлювали використовуючи набір реактивів за чинною затвердженою інструкцією [29], вміст глюкози досліджували використовуючи глюкозооксидазно-пероксидазний метод Trinder P. [25], активність аспартатамінотрансферази (АсАт) і аланінамінотрансферази (АлАт) у сироватці крові вивчали за методикою Reitman S. і Frankel S. [26].

Поводження із лабораторними тваринами здійснювалось згідно із вимогами Директиви Європейського Парламенту та Ради 2010/63/ЄС про захист тварин, що використовуються для наукових цілей та Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» [27, 28].

Результати досліджень. Дослідження проводили у два етапи – орієнтовний та розгорнутий, що дало можливість послідовно оцінити безпечність досліджуваної біомаси в широкому діапазоні доз від 300 до 6000 мг/кг маси тіла лабораторних мишей.

На першому етапі (орієнтовний дослід) тваринам внутрішньошлунково вводили суспензію біомаси личинок у дозах 300, 600, 1200 та 2400 мг/кг маси тіла. Протягом усього періоду спостережень у жодній із дослідних груп не було зареєстровано випадків загибелі тварин (табл. 1).

За ведення лабораторним тваринам найменшої дози біомаси личинки, збагаченої Купрумом їх поведінка відповідала фізіологічним нормам. Миші були рухливими, проявляли реакцію на шумові подразники і дотики. Споживання корму і води було регулярним. Явища діареї у тварин не було відмічено продовж експерименту.

Таблиця 1

Встановлення токсичності низьких доз біомаси личинок *Lucilia sericata,* збагаченої Купрумом

Група мишей, гол		Доза біомаси личинок, мг/кг	Загинуло/вижило
I	5	300	0/6
II	5	600	0/6
III	5	1200	0/6
IV	5	2400	0/6

Отримані результати свідчать про відсутність вираженої гострої токсичної дії біомаси личинок навіть після введення максимальної дози орієнтовного досліду – 2400 мг/кг маси тіла. Поведінка мишей і споживання корму були аналогічними як у тварин, яким вводили біомасу личинок у дозі 300 мг/кг.

Відсутність летальних випадків на першому етапі дослідження стала підставою для проведення розгорнутого експерименту із застосуванням значно вищих доз. Під час другого етапу мишам вводили 3000, 4000, 5000 та 6000 мг/кг біомаси личинок. Незважаючи на істотне підвищення навантаження на організм, усі лабораторні тварини залишилися живими до завершення 14-добового періоду спостереження. У жодній із дослідних груп не було встановлено летальних наслідків, що підтверджує відсутність гострої токсичності навіть за екстремально високих доз введення досліджуваної біомаси.

Під час щоденних клінічних спостережень особливу увагу приділяли загальному стану лабораторних тварин, їхній руховій активності, реакції на зовнішні подразники, координації рухів, характеру дихання, споживанню корму і води, а також стану шерстного покриву та слизових оболонок (табл. 2).

У V групі після введення суспензії у дозі 3000 мг/кг не відзначали будь-яких клінічних ознак інтоксикації. Тварини швидко відновлювали звичайну рухову активність, охоче споживали корм і воду, підтримували нормальну поведінкову активність, не виявляли ознак нервового збудження або пригнічення. Також не було виявлено порушень функціонування травного тракту у вигляді блювання, вираженої діареї або повної відмови від корму. Усі тварини зберігали фізіологічну реакцію на зовнішні подразники та нормальну життєву активність протягом усього періоду спостережень.

За ведення мишам біомаси личинок у дозі 4000 мг/кг було виявлено пригніченість останніх на 2–3 години. У двох тварин було зафіксовано діарею, яка тривала впродовж першої доби експерименту. на другу добу миші активно споживали корм. Функції шлунково-кишкового каналу відновлювались.

Таблиця 2

Встановлення токсичності високих доз біомаси личинок *Lucilia sericata* збагаченої Купрумом

Група мишей, гол		Доза біомаси личинок, мг/кг	Загинуло/вижило
V	5	3000	0/6
VI	5	4000	0/6
VII	5	5000	0/6
VIII	5	6000	0/6

Застосування суспензії личинок мух у дозах 5000 та 6000 мг/кг супроводжувалось діареєю у 100 % тварин. Рухливість тварин була обмеженою продовж 24–28 годин в залежності від дози. Реакція на механічні подразнення і шум проявлялась, але була трохи загальмована. На 3–4 добу і до кінця експерименту ознак діареї у тварин із VII та VIII не відмічали.

Навіть після введення максимальної досліджуваної дози 6000 мг/кг не спостерігали таких характерних проявів гострої інтоксикації, як судоми, тремор, парези, порушення координації рухів, задишка, ціаноз слизових оболонок.

Результати досліджень гострої токсичності біомаси личинок мух *Lucilia sericata*, збагаченої Купрумом, свідчать про її низьку токсичність навіть за одноразового введення у високих дозах.

Отримані результати свідчать, що одноразове внутрішньошлункове введення біомаси личинок *Lucilia sericata*, збагаченої Купрумом, у дозах до 6000 мг/кг маси тіла не викликає загибелі лабораторних мишей. Оскільки летальність була відсутня навіть при максимальній досліджуваній дозі, медіанна летальна доза (LD_{50}) перевищує 6000 мг/кг маси тіла. Це свідчить про надзвичайно низьку гостру токсичність досліджуваної біомаси.

Згідно із загальноприйнятими токсикологічними критеріями класифікації гострої токсичності, речовини, для яких значення LD_{50} перевищує 5000 мг/кг маси тіла при пероральному введенні, належать до практично нетоксичних або малонебезпечних. Враховуючи відсутність летальних випадків навіть після введення 6000 мг/кг біомаси личинок, збагаченої Купрумом, можна зробити висновок, що досліджуваний продукт характеризується високим рівнем біологічної безпечності та може розглядатися як перспективна кормова сировина для подальших досліджень його ефективності у годівлі тварин і птиці.

Аналіз вмісту гемоглобіну показав, що за введення біомаси у дозах 300–2400 мг/кг його рівень коливався в межах 124–130 г/дм³. Найнижчий показник відмічено за дози 300 мг/кг − 124 г/дм³, тоді як за дози 600 мг/кг він був на 4,8 % вищим у порівняні із мишами, яким водили 300 мг/кг біомаси личинок. Це свідчить про відсутність пригнічення еритропоезу або негативного впливу досліджуваної біомаси на киснево-транспортну функцію крові за нижчих і середніх доз (рис. 1).

За підвищення дози біомаси личинок до 3000–6000 мг/кг спостерігали поступове зростання вмісту гемоглобіну. Так, за дози 3000 мг/кг його рівень становив 138 г/дм³, за 4000 та 5000 мг/кг показник був вищим, відповідно, на 1,4 та 2,8 % відносно показника у тварин, які отримували біомасу личинок у дозі 3000 мг/кг.

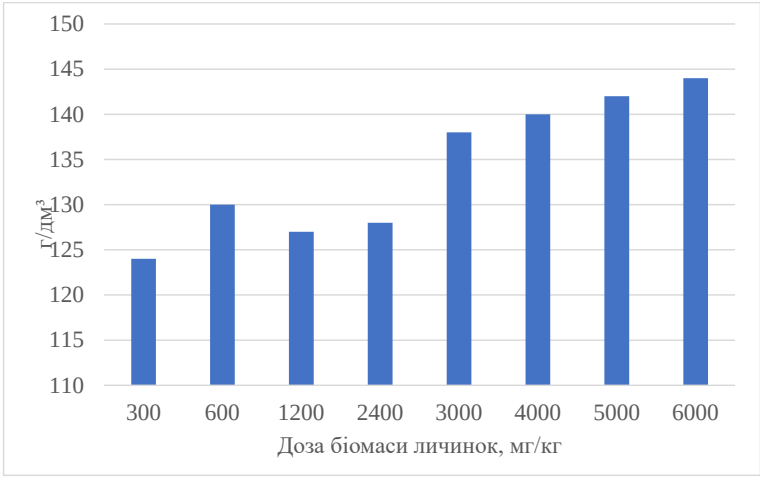


Рис. 1. Вміст гемоглобіну у крові мишей

Різниця була в межах похибки. За максимальної дози 6000 мг/кг різниця становила 4,3 % у порівняні із мишами, яким вводили біомасу личинок у дозі 3000 мг/кг. Порівняно з дозою 300 мг/кг, вміст гемоглобіну за максимальної дози був вищим на 20 г/дм³, або на 16,1 %. різниця було статистично значущою. Така динаміка може свідчити про збереження функціонального стану системи кровотворення та відсутність вираженої токсичної дії біомаси личинок, збагаченої Купрумом, на показник гемоглобіну навіть за високих доз.

Показники білкового обміну також характеризувалися незначними коливаннями. Активність АсАТ у сироватці крові мишей перебувала в межах 0,86–0,98 мкмоль/год/мл. Найвищу активність АсАТ відмічено за дози 2400 мг/кг − 0,98 мкмоль/год/мл, тоді як за доз 5000 і 6000 мг/кг вона була меншою, відповідно, на 6,5 % відносно показника у тварин, які отримували біомасу личинок у дозі 3000 мг/кг. Різниця мала характер тенденції. Отже, зі збільшенням дози біомаси личинок до 5000–6000 мг/кг не спостерігали підвищення активності АсАТ, що є важливим показником відсутності вираженого ушкодження клітин печінки, міокарда або інших тканин (табл. 3).

Таблиця 3

Показники білкового обміну у крові мишей

Доза біомаси личинок, мг/кг	Активність АсАт, мкмоль/год/мл	Активність АлАт, мкмоль/год/мл	Уміст загального білка, г/дм³	Вміст сечовини, ммоль/дм³
300	0,92±0,029	1,05±0,039	54,3±3,06	5,3±0,26
600	0,88±0,019	0,96±0,048	52,9±2,76	5,4±0,17
1200	0,96±0,023	1,03±0,029	55,6±1,87	5,2±0,35
2400	0,98±0,022	1.08±0,049	56,3±2,56	5,5±0,18
3000	0,92±0,014	1,00±0,039	54,0±1,78	5,6±0,22
4000	0,90±0,025	0,98±0,047	53,7±2,76	5,4±0,26
5000	0,86±0,027	0,96±0,037	53,0±2,87	5,1±0,37
6000	0,86±0,043	0,94±0,043	52,8±2,76	5,2±0,34

Активність АлАТ також залишалася відносно стабільною і змінювалася в межах 0,94–1,08 мкмоль/год/мл. Найвище значення цього показника було зареєстровано за дози 2400 мг/кг – 1,08 мкмоль/год/мл, а найнижче – за дози 6000 мг/кг, де активність АлАТ була меншою на 10,4 % відносно даних отриманих у мишей, яким вводили біомасу личинок у дозі 300 мг/кг маси тіла. Відсутність статистично значущого дозозалежного підвищення активності АлАТ за введення високих доз біомаси личинок свідчить про те, що досліджувана добавка не викликала істотного порушення функціонального стану печінки.

Уміст загального білка в сироватці крові мишей коливався від 52,8 до 56,3 г/дм³. Найвищий рівень загального білка був встановлений за дози 2400 мг/кг – 56,3 г/дм³, а найнижчий – за дози 6000 мг/кг. За найвищих доз біомаси личинок (5000 та 6000 мг/кг маси тіла) вміст загального білка був нижчим, відповідно, на 2,3 та 2,7 % відносно показника у мишей, яким вводили найменшу дозу кормової добавки. Такі зміни мали помірний характер і не свідчили про різке пригнічення білоксинтезувальної функції організму.

Вміст сечовини у крові мишей залишався досить стабільним і перебував у межах 5,1–5,6 ммоль/дм³. Найнижче значення спостерігали за дози 5000 мг/кг – 5,1 ммоль/дм³, а найвище за дози 3000 мг/кг. Різниця із показником у тварин, яким вводили найменшу дозу личинок мух становила, відповідно, 5,7 та 3,8 %. За інших доз показник становив 5,2–5,5 ммоль/дм³. Відсутність різкого підвищення сечовини вказує на те, що введення біомаси личинок, збагаченої Купрумом, не супроводжувалося вираженим посиленням білкового катаболізму або порушенням виведення азотистих продуктів обміну.

Оцінка вмісту тіолових груп у сироватці крові показала певні зміни антиоксидантного статусу організму мишей. Вміст білкових HS-груп поступово знижувався зі збільшенням дози біомаси: від 15,6 мкг/см³ за дози 300 мг/кг до 14,3 мкг/см³ за дози 6000 мг/кг (табл. 4). Порівняно з мінімальною дозою, зниження за максимальної дози становило 8,3 %. Це може свідчити про певне залучення білкових тіолових груп до реакцій антиоксидантного захисту за дії високих доз біомаси, збагаченої Купрумом.

Таблиця 4

Вміст тіолових груп у сироватці крові, мкг/см³

Доза біомаси личинок, мг/кг	HS-групи		
	Білкові	Загальні	Низькомолекулярні
300	15,6±0,63	17,2±0,65	1,6±0,14
600	15,5±0,43	17,4±0,45	1,9±0,11
1200	15,1±0,39	17,0±0,53	1,9±0,15
2400	14,7±0,48	16,8±0,37	2,1±0,18
3000	14,9±0,52	16,9±0,53	2,0±0,19
4000	14,6±0,44	16,7±0,27	2,1±0,17
5000	14,8±0,35	16,7±0,71	1,9±0,15
6000	14,3±0,58	16,5±0,59	2,2±0,24*

Вміст загальних HS-груп також мав тенденцію до незначного зниження. За дози 300 мг/кг він становив 17,2 мкг/см³. За дози біомаси личинок 600 мг/кг показник підвищився на 1,1 % відносно даних отриманих у мишей, яким водили найменшу дозу кормової добавки. Різниця була в межах похибки. За максимальної

дози цей показник був нижчим порівняно з дозою 300 мг/кг на 0,7 мкг/см³, або на 4,1 %. Незважаючи на це, зміни не були статистично значущими, що не дає підстав говорити про різке виснаження тіолового резерву крові.

Водночас вміст низькомолекулярних HS-груп мав тенденцію до підвищення. За дози 300 мг/кг він становив 1,6 мкг/см³. За максимальної дози 6000 мг/кг вміст вільних сульфгідрильних груп збільшується на статистично значущу величину порівняно із показником у мишей, яким водили найменшу дозу біомаси личинок. Підвищення низькомолекулярних тіолів може розглядатися як адаптаційна реакція антиоксидантної системи організму на надходження високих доз біомаси, збагаченої Купрумом.

Вміст глюкози в крові мишей залишався відносно стабільним і коливався в межах 6,9–7,5 ммоль/л. За дози 300 мг/кг рівень глюкози становив 7,2 ммоль/л (рис. 2).

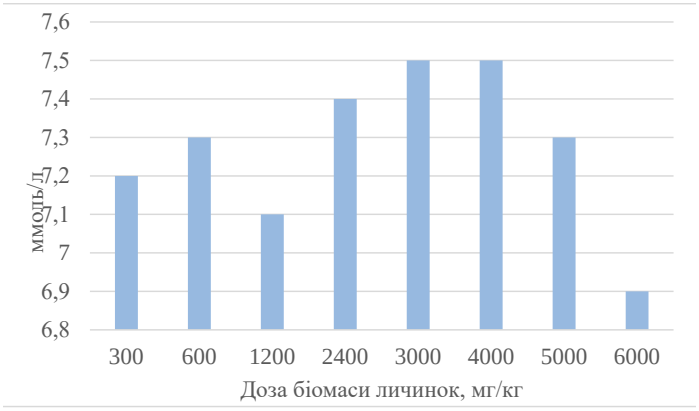


Рис. 2. Вміст глюкози у крові мишей

За доз 3000 і 4000 мг/кг показник був вищим на 4,1 % відносно показника у тварин, яким вводили біомасу личинок у дозі 300 мг/кг. Різниця не була статистично значущою. За найвищої дози кормової добавки виявлено зниження вмісту глюкози у крові мишей на 4,2 % відносно даних отриманих у тварин, яким вводили найменшу дозу кормової добавки. Така динаміка свідчить про відсутність вираженого порушення вуглеводного обміну за введення різних доз біомаси личинок.

За результатами біохімічних досліджень крові мишей, яким вводили біомасу личинок мух, збагачену Купрумом, у дозах від 300 до 6000 мг/кг маси тіла, встановлено, що досліджувана добавка не спричиняла різких негативних змін основних показників крові.

Отримані результати засвідчили, що біомаса личинок *Lucilia sericata*, збагачена Купрумом, характеризується низькою гострою токсичністю за одноразового внутрішньошлункового введення білим мишам. Відсутність загибелі тварин у всьому дослідженому діапазоні від 300 до 6000 мг/кг маси тіла − дає підстави стверджувати, що показник LD_{50} досліджуваної біомаси перевищує 6000 мг/кг. За методичними підходами, наведеними І. Я. Коцюмбасом та співавторами [21], відсутність летальності за максимальної випробуваної дози є важливим критерієм низької гострої небезпеки нової кормової добавки.

За вмісту Купруму в біомасі 1,2 мг/г введення максимальної дози 6000 мг/кг відповідало надходженню приблизно 7,2 мг Купруму на кілограм маси тіла. Це

значно нижче від наведеного M. Windholz [16] та в рекомендаціях US EPA [17] орієнтовного діапазону LD_{50} для окремих мінеральних солей Купруму 100–300 мг/кг. Проте безпосередньо порівнювати токсичність Купруму в складі біомаси личинок із токсичністю його неорганічних солей потрібно обережно, оскільки органічно зв'язаний елемент може відрізнятися за біодоступністю, швидкістю всмоктування та особливостями метаболізму.

За введення 4000 мг/кг біомаси відзначали короткочасне пригнічення та поодинокі випадки діареї, тоді як дози 5000 і 6000 мг/кг спричиняли діарею у всіх тварин і тимчасове зниження рухової активності. Це дає підстави припустити, що короткочасні клінічні зміни могли бути пов'язані не лише з дією Купруму, а й зі значним одноразовим навантаженням білково-жировою біомасою вермикультури.

Відсутність вираженої токсичної дії підтверджується показниками крові. Вміст гемоглобіну становив 124–144 г/дм³ і не знижувався зі збільшенням дози біомаси. За введення 6000 мг/кг його рівень був на 16,1 % вищим порівняно з показником за дози 300 мг/кг. Така динаміка може бути пов'язана з участю Купруму в обміні Феруму та синтезі гемоглобіну. Z. W. Myint та співавтори [7] зазначають, що дефіцит Купруму порушує метаболізм Феруму та може спричиняти розвиток анемії. A. Hordyjewska, Ł. Popiołek і J. Kocot [8] також наголошують на важливій ролі Купруму в кровотворенні та функціонуванні Купрум-залежних ензимів.

Активність АсАТ і АлАТ у сироватці крові залишалася відносно стабільною і не характеризувалася дозозалежним підвищенням. Активність АсАТ перебувала в межах 0,86–0,98 мкмоль/год/мл, а АлАТ − 0,94–1,08 мкмоль/год/мл. За доз 5000–6000 мг/кг активність амінотрансфераз не зростала, що свідчить про відсутність вираженого пошкодження гепатоцитів або інших тканин. Це відрізняється від результатів досліджень H. Guo та співавторів [11], K. Zhang та співавторів [12] і X. Yi та співавторів [13], у яких токсичні ефекти Купруму спостерігали за тривалішого впливу або високого вмісту елемента в раціоні.

Стабільність умісту загального білка та сечовини також підтверджує відсутність істотного порушення білкового обміну. Концентрація загального білка становила 52,8–56,3 г/дм³, а сечовини − 5,1–5,6 ммоль/дм³. Незначне зниження загального білка за введення 5000 і 6000 мг/кг не супроводжувалося підвищенням активності АсАТ, АлАТ або вмісту сечовини. Тому встановлені коливання не свідчать про різке пригнічення білоксинтезувальної функції печінки, посилення білкового катаболізму чи порушення виділення азотистих продуктів обміну.

Певні зміни встановлено в системі тіолового антиоксидантного захисту. Вміст білкових HS-груп зі збільшенням дози знижувався з 15,6 до 14,3 мкг/см³, а загальних − з 17,2 до 16,5 мкг/см³. Одночасно вміст низькомолекулярних тіолів за максимальної дози статистично значуще підвищувався до 2,2 мкг/см³. X. Yi та співавтори [13] довели тісний взаємозв'язок обміну Купруму з антиоксидантним статусом та імунною функцією організму. Зниження білкових тіолів у нашому дослідженні може відображати їх залучення до нейтралізації активних форм Оксигену, тоді як зростання низькомолекулярних HS-груп можна розглядати як компенсаторну реакцію антиоксидантної системи на введення високих доз збагаченої біомаси.

Таким чином, результати гострого досліду підтверджують низьку токсичність біомаси *Lucilia sericata*, збагаченої Купрумом, та відсутність вираженого негативного впливу на кровотворення, функціональний стан печінки, білковий і вуглеводний обмін. Водночас короткочасні клінічні прояви та зміни тіолового статусу за високих доз обґрунтовують необхідність подальших субхронічних і хронічних досліджень із визначенням накопичення Купруму в печінці, нирках і селезінці,

гістологічної структури органів, активності антиоксидантних ензимів та оптимальних рівнів введення біомаси до раціонів тварин і птиці.

Висновки та перспективи подальших досліджень. 1. Одноразове внутрішньошлункове введення біомаси личинок *Lucilia sericata*, збагаченої Купрумом, у дозах від 300 до 6000 мг/кг маси тіла не спричиняло загибелі білих мишей упродовж 14-добового спостереження. Відсутність летальності за максимальної дослідженої дози свідчить, що LD_{50} біомаси перевищує 6000 мг/кг.

2. Введення різних доз збагаченої Купрумом біомаси не спричиняло виражених порушень кровотворення, функціонального стану печінки, білкового та вуглеводного обміну. Уміст гемоглобіну становив 124–144 г/дм³, активність АсАТ і АлАТ залишалася відносно стабільною, а концентрації загального білка, сечовини та глюкози не мали негативної дозозалежної динаміки.

3. За високих доз біомаси личинок збагаченої Купрумом встановлено короткочасне пригнічення рухової активності та діарею, які мали оборотний характер і зникали на 3–4-ту добу. Зниження вмісту білкових і загальних HS-груп за одночасного статистично значущого підвищення низькомолекулярних тіолів за дози 6000 мг/кг може свідчити про адаптаційну реакцію антиоксидантної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Burkhead J.L., Collins J.F. Nutrition Information Brief–Copper. *Advances in Nutrition.* 2022. V. 13. P. 681–683. https://doi.org/10.1093/advances/nmab157.

2. The molecular mechanisms of copper metabolism and its roles in human diseases. Chen J, Jiang Y, Shi H et al. *Pflugers Arch.* 2020. 472(10):1415-1429. doi: 10.1007/s00424-020-02412-2.

3. Vetchý Mpjvkkd. Biological role of copper as an essential trace element in the human organism. *Ceska Slov Farm*. 2018. 67(4):143-153. PMID: 30646728.

4. Impacts of Copper Deficiency on Oxidative Stress and Immune Function in Mouse Spleen. Li X, Zeng X, Yang W. et al. *Nutrients.* 2024. 7(1):117. doi: 10.3390/nu17010117.

5. Ejaz H.W., Wang W., Lang M. Copper Toxicity Links to Pathogenesis of Alzheimer's Disease and Therapeutics Approaches. *International Journal of Molecular Sciences.* 2020;21:7660. doi: 10.3390/ijms21207660.

6. Copper Homeostasis and Cuproptosis in Tumor Pathogenesis and Therapeutic Strategies. Bian C., Zheng Z., Su J., et al. *Front Pharmacol.* 2023;14:1271613. doi: 10.3389/fphar.2023.1271613.

7. Copper deficiency anemia: review article. Myint Z.W., Oo T.H., Thein K.Z. et al. *Ann Hematol* 97, 2018. P. 1527–1534 (2018). https://doi.org/10.1007/s00277-018-3407-5.

8. Hordyjewska, A., Popiołek, Ł. & Kocot, J. The many "faces" of copper in medicine and treatment. *Biometals* 27, 2014. P. 611–621. https://doi.org/10.1007/s10534-014-9736-5.

9. Liu, D., Yang, F., Zhang, T., Mao R. Leveraging a cuproptosis-based signature to predict the prognosis and drug sensitivity of cutaneous melanoma. *J Transl Med* 21, 57 (2023). https://doi.org/10.1186/s12967-023-03891-4.

10. The Possible Association of Mitochondrial Fusion and Fission in Copper Deficiency-Induced Oxidative Damage and Mitochondrial Dysfunction of the Heart. Wei T., Wang Q., Chen T. et al. J*ournal of Trace Elements in Medicine and Biology.* 2024;85:127483. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2024.127483.

11. Copper Induces Spleen Damage Through Modulation of Oxidative Stress, Apoptosis, DNA Damage, and Inflammation. Guo H., Wang Y., Cui H. et al. *Biol Trace Elem Res.* 2022;200:669–677. DOI: 10.1007/s12011-021-02672-8

12. Long-Term Copper Exposure Induced Excessive Autophagy of the Porcine Spleen. Zhang K., Hu Z., Ding Q. et al. *Biol Trace Elem Res*. 2023;201:2356–2364. doi: 10.1007/s12011-022-03329-w.

13. Metabolomics Analysis Reveals the Effects of High Dietary Copper on Mitochondria-Mediated Autophagy and Apoptosis in Spleen of Broiler Chicken. Yi X., Cao H., Liao J. Et al. *Avian Pathology.* 2025. *54*(3), 306–316. https://doi.org/10.1080/03079457.2024.2423716.

14. Mingyu Zhi, Ping Tang, Ying Liu, Da He & Suxia Zheng. Effects of Organic Copper on Growth Performance and Oxidative Stress in Mice. *Biological Trace Element Research.* 2019. Vol. 194, P. 455–462. https://doi.org/10.1007/s12011-019-01796-2.

15. Copper Poisoning, a Deadly Hazard for Sheep. Borobia M, Villanueva-Saz S, Ruiz de Arcaute M. et al. *Animals (Basel).* 2022;12(18):2388. doi: 10.3390/ani12182388/

16. Windholz, Martha.;Budavari, Susan.;Merck & Co. The Merck index : an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. *Tenth edition. Rahway, NJ: Merck and Company.* 1983. https://surl.li/pfiwii.

17. US Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs Copper Facts. *U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs.* 2008. https://surl.li/izhapa.

18. Effect of the Rearing Substrate on Total Protein and Amino Acid Composition in Black Soldier Fly. Fuso A, Barbi S, Macavei LI, et.al. *Foods.* 2021;10(8):1773. doi: 10.3390/foods10081773.

19. Надточій П.В., Малина В.В. Хімічний склад біомаси личинок *Lucilia sericata* за вирощування їх на різному поживному середовищі. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*, 2025, т 27, № 102. С. 237–242. https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10234.

20. Mineral profile and heavy metals bioaccumulation in black soldier fly (*Hermetia illucens*, L.) larvae and frass across diverse organic substrates. Addeo, N.F., et al. *Italian Journal of Animal Science.* 2024. P. 179-188. 2023. https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2302845.

21. Доклінічні дослідження ветеринарних лікарських засобів / Коцюмбас І.Я. та ін.; за ред. І.Я. Коцюмбас. Львів : Тріада плюс, 2006. С. 207–268.

22. Біохімічні методи дослідження крові тварин: методичні рекомендації / Левченко В.І. та ін. Київ, 2004. 104 с.

23. Protein meashurement with the Folin phenol reagent. Lowry O.H. et al. *J. Biol. Chem*. 1951. Vol. 193 (1). P. 265–75.

24. Ellman G.L. Tissue sulfhydryl groups. *Arch. Biochem. Biophys.* 1959. 82(1). P. 70–77. DOI: 10.1016/0003-9861(59)90090-6.

25. Trinder P. Determination of blood glucose using an oxidase-peroxidase system with a non-carcinogenic chromogen. *J. Clinical Pathoogyl.* 1969. 22(2):158–161. doi: 10.1136/jcp.22.2.158.

26. Reitman S., Frankel S. A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. *Amer. J. Clinical. Pthology*. 1957. Vol. 28. P. 56–63. https://doi.org/10.1093/ajcp/28.1.56.

27. Директива Європейського Парламенту та Ради 2010/63/ЄС від 22 вересня 2010 року про захист тварин, що використовуються для наукових цілей. https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/63/oj.

28. Закон України «Про захист тварин від жорстокого поводження». Відомості Верховної Ради України. 2006. № 27. С. 990. https://surl.li/joeazw.

29. Інструкція до набору реактивів для визначення сечовини у біологічних рідинах. НР018.02. ТУ У 24.4-24607793-018-2003. 2012. 4 с.

Дата першого надходження статті до видання: 17.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 636.4.085.55
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.46

ПРОДУКТИВНІСТЬ МОЛОДНЯКУ СВИНЕЙ НА ДОРОЩУВАННІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ «ЦЕЛОЗИМ» У СКЛАДІ ВОЛОГИХ КОРМОВИХ СУМІШОК

Новгородська Н.В. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-7497-0435
Войціцький О.В. *– аспірант кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій,*
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-8703-1480
Комаха К.В. *– магістр,*
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0009-0001-7917-6759

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення інтенсивності росту та ефективності використання кормів молодняком свиней у період дорощування. Після відлучення травна система поросят ще не повністю адаптована до перетравлення значної кількості зернової сировини, а некрохмальні полісахариди рослинних кормів можуть обмежувати доступ ендогенних ферментів до крохмалю, протеїну та ліпідів. Перспективним способом підвищення біологічної доступності поживних речовин є застосування комплексних ферментних препаратів, ефективність яких залежить від складу раціону, фізичної форми корму та дози введення. Метою дослідження було визначити вплив різних доз комплексного ферментного препарату «Целозим» у складі вологих кормових сумішок на продуктивність і ефективність використання корму молодняком свиней живою масою 15–35 кг. Науково-господарський дослід проведено на поросятах великої білої породи 50-добового віку, з яких за принципом аналогів сформували чотири групи по 15 голів. Дослід тривав 40 діб, у тому числі зрівняльний період – 5 діб, основний – 35 діб. Тварини контрольної групи отримували основний раціон у вигляді вологих мішанок, а до кормових сумішок 2-, 3- та 4-ї дослідних груп додавали «Целозим» відповідно у дозах 0,2; 0,4 і 0,6 кг/т комбікорму. Препарат містив амілазу, протеазу, ендо-1,4-β-глюканазу, ендо-1,4-β-ксиланазу та α-галактозидазу. Продуктивність оцінювали за динамікою живої маси, абсолютними та середньодобовими приростами, витратами корму й енергетичних кормових одиниць на 1 кг приросту. Встановлено, що найкращі результати одержано за введення 0,2 кг/т препарату. Кінцева жива маса поросят 2-ї дослідної групи становила 35,4 кг проти 34,8 кг у контролі, а середньодобовий приріст – 582,9 проти 565,7 г. У віковому інтервалі 58–63 доби середньодобовий приріст підвищився на 12,9% ($P < 0,05$). За 35 діб абсолютний приріст збільшився на 0,6 кг, або 3,0%. За однакового середньодобового споживання корму витрати корму на 1 кг приросту знизилися з 3,39 до 3,29 кг, або на 2,9%, а витрати енергії – з 2,53 до 2,45 енергетичної кормової одиниці, або на 3,2%. Підвищення дози препарату до 0,4 та 0,6 кг/т не забезпечило подальшого поліпшення продуктивності й конверсії корму. За весь період досліду перевага дози 0,2 кг/т за основними показниками росту мала характер позитивної тенденції, тому одержані результати доцільно підтвердити у повторних дослідженнях із незалежними груповими повторностями. Зроблено висновок, що для молодняку свиней живою масою 15–35 кг за умов годівлі вологими кормовими сумішками найбільш доцільною серед досліджених є доза «Целозиму» 0,2 кг/т комбікорму.

Ключові слова: *молодняк свиней, дорощування, ферментний препарат, «Целозим», вологі кормові сумішки, жива маса, середньодобовий приріст, конверсія корму.*

© Новгородська Н.В., Войціцький О.В., Комаха К.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Novgorodska N.V., Voitsitskyi O.V., Komakha K.V. Growth performance of nursery pigs fed wet feed mixtures supplemented with the enzyme preparation "Celozym"

The relevance of the study is determined by the need to improve growth performance and feed utilization in nursery pigs. After weaning, the digestive system of piglets is not yet fully adapted to diets containing a high proportion of cereal ingredients, while non-starch polysaccharides in plant feeds may restrict the access of endogenous enzymes to starch, protein, and lipids. Supplementation with multi-enzyme preparations is considered a promising approach to increasing nutrient availability; however, its effectiveness depends on diet composition, the physical form of the feed, and the inclusion rate. The aim of this study was to determine the effects of different inclusion levels of the multi-enzyme preparation "Celozym" in wet feed mixtures on growth performance and feed utilization in pigs weighing 15–35 kg. A feeding trial was conducted using 60 Large White piglets aged 50 days. The animals were allocated by the analogue method to four groups of 15 pigs each. The experiment lasted 40 days, including a 5-day adaptation period and a 35-day experimental period. The control group received the basal diet as a wet feed mixture, whereas the diets of experimental groups 2, 3, and 4 were supplemented with Celozym at 0.2, 0.4, and 0.6 kg per tonne of compound feed, respectively. The preparation contained amylase, protease, endo-1,4-β-glucanase, endo-1,4-β-xylanase, and α-galactosidase. Growth performance was evaluated by monitoring body weight, absolute and average daily gain, feed consumption, feed conversion ratio, and the expenditure of energy feed units per kilogram of weight gain. The best results were obtained with the inclusion of 0.2 kg/t Celozym. The final body weight of pigs in experimental group 2 was 35.4 kg compared with 34.8 kg in the control group, while the average daily gain was 582.9 versus 565.7 g. During the 58–63-day age interval, average daily gain increased by 12.9% compared with the control ($P < 0.05$). Over the 35-day experimental period, absolute body weight gain increased by 0.6 kg, or 3.0%. At the same average daily feed intake, feed required per kilogram of gain decreased from 3.39 to 3.29 kg, or by 2.9%, whereas energy expenditure decreased from 2.53 to 2.45 energy feed units, or by 3.2%. Increasing the inclusion rate to 0.4 or 0.6 kg/t did not result in further improvements in growth performance or feed conversion. Over the entire experimental period, the advantage of the 0.2 kg/t treatment for the principal growth indicators represented a positive trend; therefore, the results should be confirmed in repeated trials with independent group replicates. It was concluded that, among the tested inclusion levels, 0.2 kg/t compound feed was the most appropriate Celozym dose for pigs weighing 15–35 kg and receiving wet feed mixtures.

Key words: *nursery pigs, enzyme preparation, Celozym, wet feed mixtures, body weight, average daily gain, feed conversion ratio, growth performance.*

Постановка проблеми. Період відлучення та дорощування є критичним етапом у технології виробництва свинини, оскільки саме в цей час закладаються передумови подальшої інтенсивності росту тварин і тривалості досягнення ними забійної кондиції. Перехід від молочного живлення до споживання комбікорму, зміна умов утримання, формування нової групової ієрархії та дія інших технологічних стресорів часто супроводжуються зниженням споживання корму, порушенням функціонального стану травного каналу й тимчасовим уповільненням росту. Водночас секреторна та ферментативна системи поросят після відлучення ще не повністю адаптовані до ефективного перетравлення значної кількості рослинної сировини. Через це навіть збалансований за основними елементами живлення раціон не завжди забезпечує реалізацію генетично зумовленого потенціалу продуктивності молодняку [1, 2, 3].

Основу комбікормів для свиней становлять зернові та білкові компоненти рослинного походження. Поряд із легкодоступними поживними речовинами вони містять клітинні стінки, до складу яких входять арабіноксилани, β-глюкани, целюлоза, манани, α-галактозиди та інші сполуки. Некрохмальні полісахариди можуть інкапсулювати крохмаль, протеїн і ліпіди, обмежуючи доступ до них ендогенних травних ферментів.

Окремі їх фракції здатні підвищувати в'язкість вмісту травного каналу, змінювати швидкість проходження кормових мас і характер мікробної ферментації. Оскільки

в організмі свиней відсутній повний набір ферментів для гідролізу структурних вуглеводів рослинної клітини, частина потенційно доступної енергії та поживних речовин не використовується тваринами, а виділяється з організму [4, 5, 6].

Одним зі шляхів підвищення біологічної доступності компонентів раціону є введення екзогенних ферментів. Їхня дія спрямована не на безпосередню стимуляцію росту, а на цільову модифікацію кормового субстрату. Ксиланаза і β-глюканаза руйнують окремі компоненти клітинних стінок, амілаза доповнює гідроліз крохмалю, протеаза сприяє розщепленню білкових фракцій, а α-галактозидаза зменшує вплив α-галактозидів рослинної сировини. Тому використання мультиензимних препаратів є теоретично обґрунтованим для складних багатокомпонентних раціонів: поєднання ферментів із різною субстратною специфічністю може послаблювати кілька чинників, які одночасно обмежують поживну цінність корму [1, 4, 7].

Проте наявність у препараті декількох ферментних активностей сама по собі не гарантує підвищення продуктивності. Результативність добавки залежить від субстратного складу раціону, активності й співвідношення ферментів, дози препарату, віку та фізіологічного стану тварин, тривалості застосування, способу приготування корму й умов його зберігання. За дефіциту відповідного субстрату збільшення дози ферменту може не забезпечити додаткового ефекту. Отже, практичне впровадження мультиензимних препаратів потребує не лише підтвердження їхньої дії, а й визначення мінімальної ефективної дози для конкретного типу раціону та виробничої групи свиней [6, 8].

Окремим чинником є фізична форма корму. У вологій кормовій сумішці відбувається гідратація частинок, що потенційно полегшує контакт екзогенного ферменту із субстратом ще до надходження корму до травного каналу. Водночас кінцевий результат може змінюватися залежно від співвідношення води і сухого корму, температури, однорідності змішування, тривалості витримування суміші та її мікробіологічного стану. Особливо важливо розмежовувати свіжоприготовлені вологі мішанки і ферментований рідкий корм, адже ці технології відрізняються за кислотністю, складом мікробіоти та ступенем попереднього перетворення поживних речовин [9, 10, 11, 12].

Таким чином, наукова проблема полягає у встановленні того, якою мірою комплексний ферментний препарат «Целозим» здатний підвищувати інтенсивність росту та ефективність використання корму молодняком свиней на дорощуванні саме за умов згодовування вологих кормових сумішок. Для практики важливо визначити не максимально можливу, а біологічно й технологічно обґрунтовану дозу препарату, яка забезпечує приріст продуктивності без невиправданого збільшення витрат на кормову добавку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наукові засади застосування екзогенних ферментів у годівлі свиней були систематизовані M.R. Bedford і H. Schulze. Автори показали, що результат дії ферменту визначається не лише його активністю, а й взаємодією між ферментом, субстратом і травною системою тварини. До основних механізмів вони віднесли руйнування клітинних стінок, зменшення антипоживної дії в'язких полісахаридів та вивільнення інкапсульованих поживних речовин [4].

Розвиваючи цей підхід, A.K. Agyekum і C.M. Nyachoti наголосили, що поняття «клітковина» об'єднує неоднорідні за фізико-хімічними властивостями компоненти. Тому реакція свиней на ферментну добавку залежить від ботанічного походження сировини, розчинності та ферментованості окремих фракцій, а також від віку тварин [5].

У вітчизняній літературі О.В. Войціцький і Н.В. Новгородська узагальнили напрями використання ферментів у тваринництві та обґрунтували доцільність добору препаратів відповідно до складу кормової сировини [1].

У метааналізі A. Torres-Pitarch, D. Hermans, E.G. Manzanilla, J. Bindelle, N. Everaert і P.G. Lawlor встановлено, що додавання ферментів до раціонів свиней з підвищеним умістом клітковини загалом може покращувати засвоєння поживних речовин і продуктивність, однак величина ефекту істотно варіює між дослідами [8].

Ця варіабельність пов'язана з типом ферменту, його дозою, складом базового раціону, рівнем клітковини та віковою групою тварин. Отже, результати, одержані на одному виді зернової сировини або в певний період вирощування, не слід без експериментальної перевірки переносити на інші раціони й технологічні умови.

A.L. Petry і J.F. Patience на підставі аналізу досліджень ксиланази у свиней дійшли висновку, що її дія не обмежується простим зниженням в'язкості хімусу. Можливими наслідками гідролізу арабіноксиланів є вивільнення інкапсульованих нутрієнтів, утворення коротших вуглеводних фрагментів і зміна мікробної ферментації. Разом із тим автори підкреслили: поліпшення окремих показників перетравності не завжди супроводжується пропорційним збільшенням середньодобових приростів або покращенням конверсії корму [6].

Це положення є принциповим для оцінювання кормових ферментів, адже виробничу доцільність їх застосування слід підтверджувати безпосередніми показниками росту та витрат корму.

Позитивний ефект мультиензимного підходу продемонстровано у роботі F.O. Omogbenigun, C.M. Nyachoti та B.A. Slominski. Застосування комплексу ферментів у годівлі відлучених поросят сприяло кращому використанню поживних речовин і підвищенню показників росту [7].

Значення цього дослідження полягає в тому, що комбінація ферментів була спрямована на кілька груп субстратів рослинного корму, що відповідає складній будові зерново-білкових раціонів. Водночас ефект мультиензимної композиції необхідно розглядати у зв'язку з конкретною рецептурою комбікорму, оскільки співвідношення доступного крохмалю, протеїну та різних фракцій некрохмальних полісахаридів визначає потенціал ферментативної відповіді.

Дослідження A.M.S. Moita та співавторів підтвердило, що ксиланаза може знижувати в'язкість кишкового вмісту й покращувати засвоєння окремих поживних речовин у молодняку свиней. Однак загального стабільного підвищення продуктивності протягом усього дослідного періоду автори не встановили; позитивна реакція за середньодобовим приростом виявлялася лише на окремому часовому відрізку [13].

Подібні результати свідчать, що відповідь на фермент може мати фазовий характер і залежати від адаптації травної системи поросят після відлучення. Тому оцінювання лише кінцевої живої маси без аналізу динаміки приростів може приховувати короткочасні, але біологічно важливі зміни.

A.S. Aderibigbe та співавтори досліджували комплекс карбогідраз і протеази в раціонах відлучених поросят різного зернового складу. Автори встановили покращення середньодобового приросту та ефективності використання корму, причому реакція залежала від типу раціону й була пов'язана зі змінами засвоєння поживних речовин [2].

У роботі S.R. Baker та співавторів ксиланазу оцінювали в раціонах зі зниженою енергетичною цінністю; результати також засвідчили необхідність ураховувати поживність базового корму та фізіологічний стан молодняку [3].

У сукупності ці праці підтверджують, що найбільш помітна продуктивна відповідь очікується тоді, коли фермент усуває конкретне обмеження раціону, а не вводиться без урахування його субстратного профілю.

Важливий напрям досліджень стосується використання рідких і вологих кормів. N. Canibe і B.B. Jensen показали, що ферментований рідкий корм здатний впливати на мікробіологічні характеристики кормової маси, стан травного каналу та продуктивність свиней, проте результат залежить від керованості процесу ферментації [9]. J.A.M. Missotten, J. Michiels, N. Dierick і A. Ovyn також наголосили, що переваги такої годівлі реалізуються лише за контролю кислотності, гігієнічного стану, стабільності суміші та запобігання її розшаруванню [10].

Ці висновки важливі для інтерпретації дослідів із вологими мішанками, але не є їх прямим аналогом, оскільки свіжоприготовлена суміш не проходить контрольованої мікробної ферментації.

D. Hurst, L. Clarke і I.J. Lean встановили, що співвідношення води і корму в рідкому раціоні може модифікувати споживання корму, ріст і ефективність його використання [11].

S. Lyderik та співавтори, досліджуючи рідку годівлю поросят у ранній період після відлучення, також показали, що ефект технології залежить від віку тварин та організації годівлі [12]. Отже, під час оцінювання ферментної добавки у складі вологих кормосумішок фізичну форму раціону потрібно розглядати не як нейтральне тло, а як окремий чинник, здатний змінювати доступність субстрату, споживання корму та вираженість продуктивної відповіді.

Попередні дослідження засвідчили перспективність застосування «Целозиму» у годівлі свиней та виявили його вплив на продуктивність, перетравність поживних речовин і використання корму [14, 15].

Проте встановлену в інших статево-вікових і технологічних умовах ефективність не можна автоматично поширювати на молодняк у фазі дорощування. Недостатньо з'ясованими залишаються дозозалежна реакція поросят живою масою 15–35 кг, динаміка росту в межах періоду та співвідношення між приростом і витратами корму за введення препарату до свіжоприготовлених вологих сумішок. Саме це визначило спрямованість проведеного дослідження.

Мета дослідження – визначити вплив різних доз комплексного ферментного препарату «Целозим» у складі вологих кормових сумішок на динаміку живої маси, середньодобові та абсолютні прирости, витрати корму й ефективність його використання молодняком свиней у період дорощування.

Матеріал і методи дослідження. Для дослідження відібрали 60 поросят великої білої породи 50-добового віку із початковою живою масою близько 15 кг. За принципом аналогів, з урахуванням віку, живої маси, статі, походження, породної належності та інтенсивності росту у зрівняльний період, сформували чотири групи по 15 голів [16].

Схема досліду включала 5-добовий зрівняльний і 35-добовий основний періоди (табл. 1).

Основу кормової суміші становили пшениця (44,5%) та ячмінь (33,1%); до її складу також входили соняшникова макуха (5,7%), соєва макуха (9,6%), м'ясо-кісткове борошно (1,5%), премікс (0,5%) і молочна сироватка (5,1%). Частка зернових і білкових компонентів становила 94,4%, преміксу – 0,5%, молочної сироватки – 5,1%. Раціон нормували відповідно до потреб молодняку свиней цієї вагової групи [17]. Його енергетична поживність становила 1,49 ЕКО/кг сухої речовини, рівень перетравного протеїну – 106,4 г/ЕКО.

Таблиця 1

Схема науково-господарського досліду

Група	n, гол	Зрівняльний період, діб	Основний період, діб	Годівля в основний період
1 – контрольна	15	5	35	ОР* (вологі мішанки)
2 – дослідна	15	5	35	ОР + «Целозим», 0,2 кг/т
3 – дослідна	15	5	35	ОР + «Целозим», 0,4 кг/т
4 – дослідна	15	5	35	ОР + «Целозим», 0,6 кг/т

Примітка: ОР* (основний раціон)

У зрівняльний період усі тварини отримували однаковий основний раціон. В основний період контрольній групі згодовували основний раціон у вигляді вологих кормових сумішок, а до раціонів 2-, 3- та 4-ї дослідних груп уводили «Целозим» відповідно у дозах 0,2; 0,4 і 0,6 кг/т комбікорму. Умови утримання та догляду були однаковими для всіх груп.

Живу масу визначали індивідуальним зважуванням. Абсолютний приріст розраховували як різницю між кінцевою та початковою живою масою, середньодобовий – діленням абсолютного приросту на тривалість відповідного періоду з переведенням у грами [16]. Споживання корму обліковували за групами. На підставі кількості спожитого корму та одержаного приросту визначали витрати корму й ЕКО на 1 кг приросту, а також оплату корму приростом. Оскільки корм обліковували груповим методом без незалежних станкових повторностей, показники споживання та конверсії корму розглядали як описові.

Статистичну обробку цифрового матеріалу проведено за допомогою персонального комп'ютера з програмним забезпеченням.

Результати дослідження та обговорення. На початку досліду жива маса поросят усіх груп була практично однаковою і становила 15,0–15,1 кг, що підтверджує належне формування груп за принципом аналогів. До 57-добового віку міжгрупові відмінності залишалися мінімальними. Починаючи з 63-ї доби найвищу живу масу стабільно мали тварини 2-ї дослідної групи, які отримували 0,2 кг/т «Целозиму» (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка живої маси молодняку свиней на дорощуванні, кг (M ± m; n = 15)

Вік, діб	1 – контрольна	2 – дослідна	3 – дослідна	4 – дослідна
50	15,0 ± 0,35	15,0 ± 0,20	15,1 ± 0,25	15,0 ± 0,17
57	17,5 ± 0,41	17,6 ± 0,72	17,5 ± 0,84	17,3 ± 0,35
63	20,6 ± 0,73	21,1 ± 0,44	20,9 ± 0,20	20,7 ± 0,25
70	24,5 ± 0,80	25,1 ± 0,16	24,6 ± 0,32	24,2 ± 0,71
77	29,3 ± 0,84	29,9 ± 0,37	29,2 ± 0,53	28,7 ± 0,32
84	34,8 ± 0,64	35,4 ± 0,47	34,5 ± 0,60	33,6 ± 0,72

У 84-добовому віці жива маса тварин 2-ї дослідної групи становила 35,4 кг і перевищувала контроль на 0,6 кг, або 1,7%. У 3-й групі кінцева маса була близькою до контролю – 34,5 кг, тоді як у 4-й групі становила 33,6 кг, що на 1,2 кг, або

3,4%, менше. Статистично значущих відмінностей за кінцевою живою масою не встановлено (P > 0,05), тому ці зміни слід трактувати як спрямовану продуктивну тенденцію, а не як доведений лінійний ефект дози.

Отримана нелінійна відповідь узгоджується із сучасними уявленнями про дію кормових ферментів. Їх ефективність визначає не лише кількість препарату, а й наявність відповідного субстрату, структура зернової частини, вологість, pH, тривалість контакту ферменту з кормом та фізіологічний стан тварини [4, 6, 8]. Після досягнення достатнього співвідношення «фермент–субстрат» подальше збільшення дози не обов'язково забезпечує додаткове вивільнення поживних речовин.

Найвиразніша короткочасна реакція на введення препарату відмічена у віковому інтервалі 58–63 доби. Середньодобовий приріст у 2-й дослідній групі становив 500,0 г проти 442,9 г у контролі, тобто був вищим на 12,9% (P < 0,05). В інші вікові інтервали статистично значущих відмінностей не встановлено (табл. 3).

За весь основний період середньодобовий приріст тварин 2-ї дослідної групи становив 582,9 г, що на 17,2 г, або 3,0%, перевищувало контроль. Відповідно абсолютний приріст за 35 діб збільшився з 19,8 до 20,4 кг на голову. У групах, які отримували 0,4 і 0,6 кг/т препарату, середньодобовий приріст був нижчим від контрольного відповідно на 2,0 та 6,1%, а абсолютний приріст становив 19,4 і 18,6 кг.

Таблиця 3

Середньодобові прирости молодняку свиней, г/добу (M ± m; n = 15)

Віковий період, діб	1 – контрольна	2 – дослідна	3 – дослідна	4 – дослідна
50–57	357,1 ± 12,4	371,4 ± 13,1	342,9 ± 12,7	328,6 ± 13,5
58–63	442,9 ± 16,8	500,0 ± 17,5*	485,7 ± 18,2	483,0 ± 17,9
64–70	557,1 ± 21,3	571,4 ± 22,0	535,7 ± 21,8	500,1 ± 23,4
71–77	688,6 ± 26,7	687,1 ± 27,2	650,0 ± 26,5	642,9 ± 27,8
78–84	785,7 ± 31,4	788,6 ± 32,1	757,1 ± 31,8	710,0 ± 33,5
За 35 діб	565,7 ± 18,1	582,9 ± 19,0	554,3 ± 18,7	531,4 ± 19,6

Примітка: * P < 0,05 порівняно з контролем

Позитивна тенденція за дози 0,2 кг/т узгоджується з результатами F.O. Omogbenigun та співавторів, які встановили покращення росту відлучених поросят за використання мультиензимних препаратів [6 (7)], а також із даними A.S. Aderibigbe та співавторів щодо підвищення середньодобового приросту й ефективності використання корму комплексом карбогідраз і протеази [2].

Водночас відсутність значущого загального ефекту в усіх дозах не суперечить літературі: A.L. Petry і J.F. Patience показали, що позитивні зміни перетравності після введення ксиланази лише в частині досліджень супроводжувалися поліпшенням приростів [6], а V.H.C. Moita та співавтори не виявили впливу ксиланази на продуктивність за весь період, хоча окремий пізній інтервал характеризувався підвищенням приросту [13].

Покращення конверсії корму за мінімальної дози біологічно узгоджується з дією ферментів «Целозиму». Ксиланаза і β-глюканаза можуть частково руйнувати матрикс клітинних стінок пшениці та ячменю, відкриваючи доступ амілазі й протеазам до внутрішньоклітинних поживних речовин [3, 4, 13]. У дослідженні A.S. Aderibigbe та співавторів комплекс, який також містив ксиланазу, β-глюканазу, амілазу й протеазу, підвищував середньодобовий приріст та співвідношення приросту до корму у відлучених поросят [2].

Таблиця 4

Показники використання корму молодняком свиней за 35 діб

Показник	1 – контрольна	2 – дослідна	3 – дослідна	4 – дослідна
Спожито корму на 1 голову, кг	67,12	67,11	67,12	67,15
Спожито корму за добу, кг	1,92	1,92	1,92	1,92
Витрати корму на 1 кг приросту, кг	3,39	3,29	3,46	3,61
Витрати ЕКО на 1 кг приросту	2,53	2,45	2,58	2,68
Оплата корму приростом, кг/кг	0,29	0,31	0,29	0,28
Оплата ЕКО приростом, кг/ЕКО	0,40	0,41	0,39	0,37

Використання вологих мішанок могло сприяти гідратації зернових частинок і контакту ферменту із субстратом. Однак у цьому досліді не визначали pH кормосуміші, тривалість попередньої експозиції та ступінь ферментації, тому приписувати отриманий ефект саме ферментаційним змінам неправомірно. Роботи N. Canibe і B.B. Jensen, J.A.M. Missotten та співавторів показують, що результат рідкої годівлі залежить від технології приготування, мікробіологічної стабільності й однорідності суміші [9, 10]. D. Hurst, L. Clarke та I.J. Lean також встановили залежність продуктивної відповіді від співвідношення води й корму [11].

Відсутність додаткового ефекту за доз 0,4 і 0,6 кг/т не є доказом токсичної або негативної дії препарату. Більш обґрунтованим поясненням є досягнення межі ефективної концентрації ферменту для наявної кількості субстрату, достатня збалансованість основного раціону та варіабельність індивідуальної відповіді тварин. Метааналіз A. Torres-Pitarch та співавторів і огляд A.L. Petry та J.F. Patience підтверджують, що ефекти кормових ензимів залежать від матриці раціону й не завжди мають лінійний дозозалежний характер [6, 8].

Порівняння з результатами, отриманими на свинях у період вирощування та відгодівлі, додатково свідчить про вікову специфічність оптимальної дози. У раніше опублікованому дослідженні О.В. Войціцького та Н.В. Новгородської найвищу продуктивність молодняку на відгодівлі забезпечувало введення 0,6 кг/т «Целозиму» [14], а в подальшій роботі ця доза характеризувалася найвиразнішим поліпшенням перетравності й використання корму [15]. Натомість у поросят на дорощуванні перевагу мала доза 0,2 кг/т. Це підтверджує необхідність диференціювати норму введення ферментного препарату за технологічними фазами, а не застосовувати єдину дозу протягом усього виробничого циклу.

Практично важливим результатом є те, що підвищення приросту в 2-й групі відбувалося без збільшення середньодобового споживання корму. Це означає, що ефект препарату проявлявся через підвищення продуктивної віддачі раціону. Разом із тим переважно тенденційний характер різниць і груповий облік споживання корму потребують обережності при узагальненні. Для остаточного уточнення оптимуму доцільно провести повторний дослід із більш вузьким діапазоном 0,1–0,3 кг/т, кількома незалежними станками на кожен варіант та оцінкою взаємодії «доза × тип кормосуміші».

Висновки. Таким чином, використання комплексного ферментного препарату «Целозим» у складі вологих кормових сумішок найкраще впливало на продуктивність молодняку свиней на дорощуванні за дози 0,2 кг/т комбікорму. За цього рівня введення кінцева жива маса тварин становила 35,4 кг, середньодобовий приріст підвищився на 3,0%, а витрати корму та енергії на 1 кг приросту зменшилися відповідно на 2,9 і 3,2% порівняно з контролем. Статистично значуще підвищення середньодобового приросту на 12,9% встановлено у віковому періоді 58–63 доби

($P < 0,05$), тоді як за весь період досліду перевага мала характер тенденції. Збільшення дози препарату до 0,4 і 0,6 кг/т не забезпечувало подальшого поліпшення продуктивності та конверсії корму. Отже, для молодняку свиней живою масою 15–35 кг за умов годівлі вологими кормовими сумішками найбільш доцільною серед досліджених є доза «Целозиму» 0,2 кг/т комбікорму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Войціцький О. В., Новгородська Н. В. Ферменти та їх застосування в раціонах свиней. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки. 2023. Т. 25, № 98. С. 77–82. https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9813

2. Aderibigbe A. S., Park C. S., Johnson T., Velayudhan D. E., Vinyeta E., Adeola O. Efficacy of a novel multi-enzyme feed additive on growth performance, nutrient digestibility, and gut microbiome of weanling pigs fed corn–wheat or wheat–barley-based diet. Journal of Animal Science. 2024. Vol. 102. Article skae064. https://doi.org/10.1093/jas/skae064

3. Baker J. T., Duarte M. E., Kim S. W. Effects of dietary xylanase supplementation on growth performance, intestinal health, and immune response of nursery pigs fed diets with reduced metabolizable energy. Journal of Animal Science. 2024. Vol. 102. Article skae026. https://doi.org/10.1093/jas/skae026

4. Bedford M. R., Schulze H. Exogenous enzymes for pigs and poultry. Nutrition Research Reviews. 1998. Vol. 11, No. 1. P. 91–114. https://doi.org/10.1079/NRR19980007

5. Agyekum A. K., Nyachoti C. M. Nutritional and metabolic consequences of feeding high-fiber diets to swine: a review. Engineering. 2017. Vol. 3, No. 5. P. 716–725. https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.010

6. Petry A. L., Patience J. F. Xylanase supplementation in corn-based swine diets: a review with emphasis on potential mechanisms of action. Journal of Animal Science. 2020. Vol. 98, No. 11. Article skaa318. https://doi.org/10.1093/jas/skaa318

7. Omogbenigun F. O., Nyachoti C. M., Slominski B. A. Dietary supplementation with multienzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs. Journal of Animal Science. 2004. Vol. 82, No. 4. P. 1053–1061. https://doi.org/10.2527/2004.8241053x

8. Torres-Pitarch A., Hermans D., Manzanilla E. G., Bindelle J., Everaert N., Beckers Y., Torrallardona D., Bruggeman G., Gardiner G. E., Lawlor P. G. Effect of feed enzymes on digestibility and growth in weaned pigs: a systematic review and meta-analysis. Animal Feed Science and Technology. 2017. Vol. 233. P. 145–159. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.04.024

9. Canibe N., Jensen B. B. Fermented liquid feed – microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs. Animal Feed Science and Technology. 2012. Vol. 173, No. 1–2. P. 17–40. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.021

10. Missotten J. A. M., Michiels J., Ovyn A., De Smet S., Dierick N. A. Fermented liquid feed for weaned piglets: impact of sedimentation in the feed slurry on performance and gut parameters. Czech Journal of Animal Science. 2015. Vol. 60, No. 5. P. 195–207. https://doi.org/10.17221/8169-CJAS

11. Hurst D., Clarke L., Lean I. J. Effect of liquid feeding at different water-to-feed ratios on the growth performance of growing-finishing pigs. Animal. 2008. Vol. 2, No. 9. P. 1297–1302. https://doi.org/10.1017/S175173110800253X

12. Lyderik K.K., Madsen J. G., Larsen C., Pedersen M.L. M., Kjeldsen N. J., Williams A. R., Hedemann M. S., Amdi C. An increased weaning age and liquid feed enhances weight gain compared to piglets fed dry feed pre-weaning. Animal. 2023. Vol. 17, No. 5. Article 100801. https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100801

13. Moita V. H. C., Duarte M. E., Kim S. W. Functional roles of xylanase enhancing intestinal health and growth performance of nursery pigs by reducing the digesta viscosity and modulating the mucosa-associated microbiota in the jejunum. Journal of Animal Science. 2022. Vol. 100, No. 5. Article skac116. https://doi.org/10.1093/jas/skac116

14. Войціцький О.В., Новгородська Н.В. Показники продуктивності свиней за різного вмісту ферментного препарату «Целозим». Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки. 2024. Т. 26, № 101. С. 80–84. https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10113

15. Войціцький О.В., Новгородська Н.В. Вплив ферменту «Целозим» на перетравність поживних речовин та ефективність використання кормів у молодняку свиней. Розведення і генетика тварин. 2026. Вип. 71. С. 41–48. https://doi.org/10.31073/abg.71.05

16. Ібатуллін І.І., Жукорський О.М., Бащенко М.І. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : посібник. Київ: Аграрна наука, 2017. 327 с.

17. Богданов Г. О., Руденко Є. В. Рекомендації з нормованої годівлі свиней. Київ : Аграрна наука, 2012. 112 с.

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 636.4.082
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.47

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ МОЛОДНЯКУ СВИНЕЙ: СТАН, ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ АДАПТАЦІЇ В УМОВАХ УКРАЇНИ

Онищенко А.О. *– к.с.-г.н., с.н.с.,*
в.о. заступника директора з наукової роботи
адміністративно-управлінського відділу,
Інститут свинарства і агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-0684-1201
Гуменюк І.В. *– аспірант,*
Інститут свинарства і агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0009-3761-179X

У статті узагальнено сучасні підходи до вирощування молодняку свиней та визначити перспективи їх адаптації до виробничих умов України. Дослідження ґрунтується на аналізі й узагальненні вітчизняних і зарубіжних наукових джерел, власних наукових напрацювань та результатів практичного впровадження інновацій у свинарських господарствах України. Метою дослідження було узагальнити сучасні підходи до вирощування молодняку свиней та визначити напрями їх адаптації до умов українських свинарських підприємств з урахуванням благополуччя тварин, біобезпеки й надійності енергозабезпечення. За результатами досліджень розглянуто значення молозивного живлення для життєздатності поросят, особливості кормової підтримки під час відлучення та вплив умов утримання на продуктивність і збереженість молодняку. Узагальнено дані щодо застосування пробіотиків, органічних кислот і ферментних препаратів; наголошено на залежності їх результативності від складу раціону, віку тварин та умов використання. Охарактеризовано можливості прецизійної годівлі й автоматизованого моніторингу для раціонального використання ресурсів і своєчасного виявлення виробничих відхилень. Підкреслено значення достовірного виробничого обліку та своєчасного реагування персоналу на виявлені відхилення. Порівняльний аналіз світового та вітчизняного досвіду засвідчив необхідність адаптації інноваційних технологій до специфічних умов функціонування українських свинарських підприємств, зокрема воєнних ризиків, нестабільного енергопостачання та загрози поширення африканської чуми свиней. Перспективним для України є комплексний підхід, що поєднує фізіологічно обґрунтовані умови вирощування з біобезпекою, ресурсоефективністю та ремонтопридатністю обладнання. Практичне значення дослідження полягає у формуванні орієнтирів для вибору технологічних рішень під час поетапної модернізації свинарських підприємств та оцінювання їх за показниками збереженості й росту молодняку, витрат кормів і енергії та економічної окупності.

Ключові слова: *свинарство, молодняк свиней, технологія вирощування, прецизійна годівля, благополуччя тварин, пробіотики, біобезпека.*

Onyshchenko A.O., Humeniuk I.V. Modern technologies for young pig rearing: current status, innovative approaches, and prospects for adaptation in Ukraine

The article reviews current approaches to rearing young pigs and identifies prospects for their adaptation to production conditions in Ukraine. The study draws on the analysis and synthesis of Ukrainian and international scientific literature, the authors' own research, and the outcomes of implementing innovations on Ukrainian pig farms. The aim was to summarise current

© Онищенко А.О., Гуменюк І.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

approaches to rearing young pigs and identify ways to adapt them to Ukrainian pig production enterprises, taking into account animal welfare, biosecurity, and energy supply reliability. The study examines the importance of colostrum intake for piglet viability, nutritional support during weaning, and the effects of housing conditions on the growth performance and survival of young pigs. Evidence on the use of probiotics, organic acids, and enzyme preparations is synthesised, highlighting that their effectiveness depends on diet composition, animal age, and conditions of use. The potential of precision feeding and automated monitoring to improve resource use efficiency and enable the timely detection of deviations in production processes is outlined. The importance of reliable production records and timely staff responses to detected deviations is emphasised. A comparative analysis of international and Ukrainian experience highlights the need to adapt innovative technologies to the specific operating conditions of Ukrainian pig production enterprises, particularly war-related risks, unstable energy supplies, and the threat of African swine fever spread. An integrated approach combining rearing conditions that meet animals' physiological needs with biosecurity, resource efficiency, and equipment repairability offers promising opportunities for Ukraine. The practical value of the study lies in providing guidance for selecting technological solutions during the phased modernisation of pig production enterprises and evaluating them in terms of young pig survival and growth, feed and energy use, and return on investment.

Key words: *pig farming, young pigs, raising technology, precision feeding, animal welfare, probiotics, biosecurity.*

Актуальність теми дослідження. Ефективність виробництва свинини значною мірою залежить від умов вирощування молодняку. Вирощування молодняку свиней традиційно визнається найбільш капіталомістким та фізіологічно вразливим етапом у ланцюгу виробництва свинини [1]. Саме на етапах підсисного утримання та відлучення формуються майбутні показники швидкості росту, однорідності стада, конверсії корму та загальної рентабельності бізнесу [2].

Для України, яка розвиває аграрний сектор під впливом воєнних ризиків, масштабної дестабілізації енергетичної інфраструктури та обмеженого доступу до фінансових ресурсів, підвищення біологічної та економічної ефективності свинарства є критичним завданням. Галузь демонструє ознаки поступового відновлення промислового поголів'я, яке наприкінці 2025 року стабілізувалося на рівні понад 4,6 млн голів [3]), проте виробники постійно стикаються із значними коливаннями закупівельних цін, які у 2026 році демонструють тенденцію до зниження (до рівня 74–75 грн./кг та навіть нижче через тиск дешевого імпорту з ЄС та високі епізоотичні ризики африканської чуми свиней (АЧС) [4].

У цих умовах традиційні екстенсивні технології утримання та годівлі свиней остаточно втрачають конкурентоспроможність [5]. Виникає об'єктивна потреба у детальному науковому обґрунтуванні та практичному впровадженні інноваційних технологій, що поєднують прецизійну годівлю, автоматизацію контролю життєзабезпечення тварин та дбайливе ставлення до них [6].

Постановка проблеми. Теоретичний фундамент модернізації свинарства закладено у працях відомих вітчизняних селекціонерів та технологів. У їхніх роботах детально висвітлено просторово-планувальні рішення реконструкції тваринницьких приміщень, екологічно безпечні методи дезінфекції та оптимізації протеїнового живлення [7, 8]. Питаннями розробки ескізних проектів модернізації ферм, впровадження геномної селекції та корекції відтворної функції активно займається Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН (м. Полтава) [9].

Зарубіжний досвід, представлений у базах PMC та ResearchGate, свідчить про домінування концепції точного тваринництва (Precision Livestock Farming, PLF), яка передбачає перехід від групового контролю тварин до індивідуального [10, 11]. Дослідження Koketsu et al., та інших підтверджують, що використання сенсорних

мереж, комп'ютерного зору для зважування та систем прецизійної годівлі (Precision Feeding) забезпечує покращення конверсії корму на 12% та суттєве покращення зоогігієнічних показників [12]. Водночас наукова спільнота фокусує значну увагу на вивченні біологічних бар'єрів кишківника новонароджених та відлучених поросят (Lallemand, PMC) та розробці нутрицевтичних комплексів (пробіотики, пребіотики, фітогенні добавки) як єдиної життєздатної альтернативи кормовим антибіотикам у контексті боротьби із глобальною антибіотикорезистентністю [13].

Попри значну кількість наукових досліджень, питання комплексної адаптації сучасних технологій вирощування молодняку свиней до специфічних умов функціонування українських підприємств потребує подальшого системного узагальнення. Насамперед це стосується поєднання технологічної ефективності, вимог благополуччя тварин, біобезпеки та енергетичної стійкості виробництва.

Метою дослідження було узагальнити сучасні підходи до вирощування молодняку свиней та визначити напрями їх адаптації до умов українських свинарських підприємств з урахуванням благополуччя тварин, біобезпеки й надійності енергозабезпечення.

Методика досліджень. Дослідження базується на поєднанні аналітичного методу, системного огляду провідних вітчизняних і зарубіжних наукових джерел та узагальненні результатів практичного впровадження інновацій у свинарських господарствах України.

Результати досліджень. За результатами дослідження матеріал згруповано за напрямами: раннє постнатальне вирощування; утримання та мікроклімат; кормова підтримка під час відлучення; прецизійна годівля й цифровий моніторинг; біобезпека, енергозабезпечення та економічна оцінка. Порівняння міжнародного досвіду виконано на рівні окремих підтверджених підходів, без оцінювання їх поширеності в усіх господарствах відповідних країн.

Раннє постнатальне вирощування є одним із ключових чинників збереженості новонароджених поросят. У дослідженні N. Devillers, J. Le Dividich та A. Prunier встановлено зв’язок споживання молозива з енергетичним забезпеченням, концентрацією імуноглобуліну G у плазмі, виживанням і ростом поросят. Отримані результати обґрунтовують необхідність приділяти особливу увагу тваринам, які мають ускладнений доступ до молочної залози або низьку життєздатність після народження [1].

На цій основі до виробничого протоколу доцільно включати реєстрацію перебігу опоросу, живої маси та стану поросят, контроль початку ссання і своєчасну допомогу ослабленим тваринам. Оцінювання результативності догляду має охоплювати не лише кількість відлучених поросят, а й причини втрат та неоднорідність гнізда. Такий облік дає змогу відрізняти проблеми молозивного живлення від травмування, порушень мікроклімату чи захворювань.

Утримання, мікроклімат і вимоги до благополуччя суттєво впливають на розвиток молодняку свиней. В Україні вимоги до благополуччя сільськогосподарських тварин під час утримання затверджено наказом Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України від 08.02.2021 № 224 [14]. Держпродспоживслужба підтверджує введення цих вимог у дію з 1 січня 2026 р. [15]. Отже, відповідність умов утримання необхідно враховувати вже під час планування реконструкції.

Аналіз європейського досвіду свідчить про необхідність повної відмови від традиційних індивідуальних станків для утримання свиноматок на користь систем вільного групового утримання (loose housing), що дозволяє тваринам реалізувати

природну поведінку. Але мінімальні правові вимоги слід відрізняти від наукових рекомендацій щодо вдосконалення систем утримання. Зокрема, Директива Ради 2008/120/ЄС передбачає групове утримання свиноматок і ремонтних свинок у визначений період поросності, з установленими винятками. Це положення не є загальною забороною всіх індивідуальних станків для опоросу. Директива також установлює базовий вік відлучення 28 днів і допускає визначені винятки, зокрема відлучення до семи днів раніше за переведення у спеціалізовані приміщення з відповідною санітарною підготовкою [16].

Наукова оцінка EFSA розглядає обмеження руху, умови відпочинку, тип підлоги, мікроклімат і поведінкові потреби як взаємопов'язані складові благополуччя [17]. Звідси випливає, що збільшення площі станка саме по собі не усуває інших недоліків утримання. Для оцінювання реконструкції доцільно поряд із геометричними параметрами реєструвати травмування, забрудненість тварин, характер їх відпочинку та випадки небажаної поведінки.

Зоогігієнічні стандарти вимагають чіткого контролю параметрів мікроклімату у свинарниках-маточниках. У зоні відпочинку поросят у перші дні життя обов'язково облаштовується локальний підігрів (килимки з водяним або електричним підігрівом) для підтримки температури на рівні 34–38 градусів Цельсія. Під час організації обігріву потрібно розрізняти температуру повітря в приміщенні, температуру поверхні підлоги та умови безпосередньо в зоні перебування поросят. Їх не можна замінювати одним універсальним показником [18].

Важливим фактором є якість повітря. Висока концентрація токсичних газів, таких як аміак (NH3 понад 10–15 ppm) та вуглекислий газ (CO2 понад 0,15–0,2%), призводить до пошкодження миготливого епітелію дихальних шляхів поросят, відкриваючи шлях респіраторним патогенам. Забезпечення ефективної припливно-витяжної вентиляції з автоматичним регулюванням є обов'язковим елементом технології [18]. В умовах енергетичного дефіциту в Україні гостро постає ризик зриву параметрів вентиляції, що вимагає впровадження енергоефективних рішень, таких як геотермальні теплові помпи (GHP) та локальні системи обігріву на альтернативному паливі, [19]. Вітчизняний приклад удосконалення умов утримання наведено у праці В. О. Іванова та співавторів: досліджено вирощування ремонтних свинок і кнурців у приміщенні полегшеного типу з дозованим моціоном [20].

Кормові стратегії підтримання молодняку під час відлучення включають в себе комплекс заходів які забезпечують подолання кормового стресу у зв'язку із зміною раціону.

Період відлучення поросят (традиційно у віці 28 днів) супроводжується глибоким фізіологічним стресом. Протягом 24 годин після відлучення висота ворсинок слизової оболонки тонкого кишківника поросят зменшується на 75% [13]. Це призводить до різкого зниження секреції травних ферментів (лактази, пептидаз) та порушення бар'єрної функції епітелію. Як наслідок, неперетравлені нутрієнти потрапляють у товстий кишківник, стаючи поживним субстратом для патогенної мікрофлори, перш за все ентеропатогенних штамів Escherichia coli (F4, F18) та Clostridium perfringens, що викликає шлунково-кишкові розлади та масову загибель тварин [21].

Для профілактики цих порушень без залучення антибіотиків (використання яких суворо обмежується європейськими ветеринарними регламентами) у сучасній нутриціології застосовують спеціалізовані кормові добавки такі як пробіотики, органічні кислоти та ферментні препарати. Зоотехнічні дослідження підтверджують, що згодовування пробіотиків свиноматкам за 7–10 днів до опоросу та протягом

усієї лактації підвищує рівень імуноглобулінів IgG та IgA у молозиві, що знижує рівень смертності новонародженого молодняку масою до 1 кг на 2%, а поросят масою до 0,8 кг – на майже 5% [22]. H. Ding та співавтори в досліді на 64 відлучених поросятах показали, що застосування Bacillus subtilis DSM 32315 змінювало склад кишкової мікробіоти та профіль її метаболітів [23]. G. M. Galli та співавтори порівнювали застосування пробіотика в раціонах свиноматок і молодняку на дорощуванні. У дослідженні виявлено відмінності у використанні поживних речовин і показниках кишкового здоров'я залежно від періоду застосування [24].

Органічні кислоти (мурашина, пропіонова, молочна, бутират): Знижують pH вмісту шлунка, створюючи несприятливі умови для патогенів, активують пепсин та покращують перетравність протеїну. У досліді L. Cai та співавторів на 90 відлучених поросятах суміш органічних кислот поліпшувала окремі показники антиоксидантного статусу та кишкового бар'єра. Водночас зміни середньодобового приросту за весь дослід і кінцевої маси відповідали рівню тенденції, а не статистично значущому ефекту за порога $P < 0,05$ [25]. Це підкреслює необхідність розмежовувати фізіологічні зміни й доведений продуктивний результат.

Поряд із застосуванням пробіотиків увагу дослідників привертає використання ферментних препаратів у годівлі свиней. Зокрема, у дослідженні на тваринах великої білої породи оцінювали вплив ферментного препарату на відгодівельні, забійні та м'ясо-сальні якості за використання раціону з підвищеним умістом пшеничних висівок [26]. Отримані результати доповнюють наукові дані щодо застосування ферментів у годівлі свиней.

Прецизійна годівля та цифровий моніторинг передбачають наближення надходження поживних речовин до поточної потреби групи або окремої тварини. У досліді I. Andretta та співавторів індивідуальне щоденне коригування раціону зменшувало споживання стандартизовано «ідеального» перетравного лізину на 27%, розрахункове виділення азоту – на 22%, фосфору – на 27% порівняно з трифазною програмою; основні показники росту не погіршувалися [27].

У подальшому дослідженні цих авторів на 70 свинях із початковою живою масою 30,4 ± 2,2 кг індивідуальна годівля на рівні 100% розрахункової потреби зменшувала споживання перетравного лізину на 26% і розрахункове виділення азоту на 30% порівняно з груповою програмою. Показник ефективності використання корму істотно не відрізнявся між варіантами [28].

Для господарства перехід до точнішої годівлі доцільно починати з перевірки виробничого обліку: фактичного споживання, втрат корму, живої маси та однорідності груп. Наступним етапом може бути коригування фазової програми, а після цього – оцінювання індивідуальних годівниць.

Огляд A. Trabachini та співавторів охоплює застосування технологій точного тваринництва для ідентифікації, моніторингу й оцінювання благополуччя свиней [29]. Для практичного вибору цифрової системи важливо визначити, яке рішення прийматиметься на основі її даних. Реєстрація відхилення має супроводжуватися зрозумілим порядком дій персоналу; сам факт накопичення інформації не гарантує поліпшення виробничих результатів.

Для систем автоматичного оцінювання живої маси пропонується перевіряти похибку відносно контрольного зважування, робочий діапазон маси, частку пропущених спостережень та стабільність за різного освітлення. Для сигналізації – частоту хибних спрацювань і пропущених подій. Під час вибору обладнання доцільно також оцінювати можливість локальної роботи без інтернету, експорту даних, калібрування та сервісного обслуговування.

Біобезпека, за матеріалами Всесвітньої організації охорони здоров'я тварин, є ключовим засобом запобігання занесенню та поширенню африканської чуми свиней (АЧС). Основними складовими профілактики є контроль переміщень тварин, персоналу, транспорту й матеріалів, своєчасне виявлення підозрілих випадків та недопущення використання контамінованих кормів і харчових залишків у годівлі [30].

Вимоги біобезпеки необхідно враховувати одночасно з потребами тварин у належних умовах утримання. Європейські підходи до забезпечення благополуччя свиней передбачають достатню площу для руху й відпочинку, групове утримання відповідних статево-вікових категорій, належний мікроклімат і доступ до матеріалів для реалізації дослідницької поведінки. При цьому вигульні та пасовищні системи є окремими технологічними рішеннями, а не універсальною вимогою до всіх свинарських господарств.

За ризику поширення АЧС вибір системи утримання має ґрунтуватися на оцінюванні можливих шляхів занесення збудника. Особливої уваги потребують запобігання контактам із дикими свинями, захист кормів і підстилки від забруднення, розмежування чистих і забруднених зон, облаштування санітарних пропускників та дотримання процедур очищення і дезінфекції. Забезпечення цих умов слід поєднувати з удосконаленням внутрішнього середовища приміщень і задоволенням поведінкових потреб тварин.

Отже, технологічну модернізацію свинарства України в майбутньому доцільно спрямовувати на адаптацію інновацій до епізоотичних ризиків, енергетичних обмежень і ресурсних можливостей господарств. Пріоритетними є рішення, які одночасно забезпечують біобезпеку, благополуччя тварин та стійкість виробничих процесів.

Сучасний розвиток свинарства в Україні вимагає критичного переосмислення *світового досвіду* та його порівняння з вітчизняними реаліями. Державна політика та рівень інноваційної інтеграції в країнах Європейського Союзу, Японії та США суттєво відрізняються від умов, у яких змушені працювати українські виробники.

В країнах Європейського Союзу панує концепція сталого розвитку, закріплена у стратегії Green Deal («Зелений курс») та підпрограмі Farm to Fork («Від лану до столу»). Фермери отримують прямі дотації в межах Спільної аграрної політики (САР) за впровадження підвищених стандартів благополуччя тварин (зокрема, за утримання тварин без прив'язі, збільшення площі загонів, використання соломи для збагачення середовища) та заходи щодо скорочення викидів парникових газів [31]. Такий підхід робить капіталомістку модернізацію фінансово вигідною для виробника.

В Японії державна стратегія розвитку тваринництва спрямована на подолання гострого дефіциту площ та майже повної залежності від імпорту зернових компонентів кормів. Уряд Японії законодавчо затвердив та фінансово підтримує концепцію «Eco-Feed» – промислову переробку харчових відходів супермаркетів та підприємств громадського харчування на високоякісні рідкі та сухі корми для свиней [31]. Це дозволяє знизити собівартість годівлі на 20–30% та вирішити проблему утилізації органіки. Крім того, японський уряд надає гранти на будівництво ферм із нульовим рівнем викидів (zero-emission), які використовують біогазові станції та сонячні батареї для повної енергетичної автономності.

У США державна підтримка через механізми Farm Bill орієнтована на стимулювання великих промислових виробників та експортерів [32]. Держава субсидує програми страхування доходів фермерів та надає фінансову допомогу

для впровадження прецизійних технологій через систему екологічних стимулів (EQIP), що дозволяє американським виробникам будувати гігантські свинокомплекси з мінімальними витратами праці [32].

В Україні державна підтримка у 2025–2026 роках функціонує в умовах жорсткого дефіциту бюджетних коштів через воєнний стан [19]. Існують дві основні програми: грантова програма «єРобота» (яка виділяє до 8 млн грн на створення переробних підприємств, у тому числі забійних цехів) та програма часткового (до 25%) відшкодування вартості будівництва та реконструкції тваринницьких комплексів [33, 34]. Також діє програма пільгового кредитування «Доступні кредити 5–7–9%» [19]. Проте, на відміну від стабільних та довгострокових дотацій в ЄС чи Японії, вітчизняні фермери стикаються з високими воєнними ризиками, нестабільністю виплат та обмеженістю кредитних лімітів, що змушує їх інвестувати переважно власні обігові кошти [5].

Глобальні інновації у тваринництві базуються на глибокій автоматизації та цифровізації (PLF). У ЄС та США нормою є використання сенсорних мереж для безперервного контролю ваги тварин за допомогою ШІ-камер з точністю понад 97%, акустичний аналіз респіраторних хвороб та автоматичне роботизоване дозування соломи [35]. Проте перенесення цих технологій в Україну без адаптації стикається з критичними бар'єрами. Тому українські виробники змушені витрачати капітал не на цифровізацію та ШІ, а на «системи виживання» – потужні дизель-генератори, когенераційні установки, сонячні станції з акумуляторами та системи гравітаційного (аварійного) відкриття вікон при знеструмленні [36].

Попри доведену ефективність інтелектуальних систем утримання та прецизійної годівлі, масштабне впровадження цих інновацій в Україні у 2026 році стримується комплексом серйозних ризиків та бар'єрів. Так повна модернізація тваринницьких приміщень із заміною вентиляції, опалення та годівлі на сучасні автоматизовані системи вимагає значних капітальних інвестицій. Переобладнання ферми на 1000 свиноматок оцінюється в середньому у 300 000 доларів США [10]. Загальна потреба свинарської галузі України в інвестиціях для адаптації до вимог європейських стандартів благополуччя складає близько 12 млрд грн [19]. В умовах обмеженого доступу до кредитування через високі воєнні ризики більшість дрібних та середніх виробників не мають змоги самостійно профінансувати такі зміни.

Наближення до екологічних вимог ЄС потребує вдосконалення поводження з гноєм і скорочення викидів аміаку та парникових газів [31]. Оновлена Директива IED 2.0 посилює вимоги до підприємств, що підпадають під її дію, стимулюючи впровадження найкращих доступних технологій, що потребує додаткових інвестицій.

Отже, удосконалення технологій вирощування молодняку свиней в Україні потребує комплексного впровадження науково обґрунтованих рішень з утримання, годівлі та цифрового моніторингу, адаптованих до вимог біобезпеки й благополуччя тварин, енергетичних обмежень та економічних можливостей господарств.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Аналіз сучасних наукових джерел свідчить, що ефективність вирощування молодняку свиней залежить від комплексної оптимізації утримання, годівлі та ветеринарно-профілактичних заходів, особливо в ранній постнатальний період і під час відлучення.

2. Перспективними напрямами технологічного розвитку свинарства є впровадження систем точного тваринництва, автоматизованого моніторингу мікроклімату, контролю фізіологічного стану тварин та прецизійної годівлі. Їх застосування

дає можливість підвищити оперативність управлінських рішень та ефективніше використовувати виробничі ресурси.

3. Порівняльний аналіз зарубіжного та вітчизняного досвіду показав, що технологічна модернізація свинарства України повинна здійснюватися з урахуванням специфічних національних умов. До таких умов належать воєнні ризики, нестабільність енергопостачання, обмежені інвестиційні можливості та необхідність посилення біобезпеки у зв'язку із загрозою африканської чуми свиней.

4. Пріоритетним напрямом розвитку галузі є формування адаптивних технологічних систем, які поєднують підвищення продуктивності тварин із забезпеченням благополуччя, біобезпеки та енергетичної стійкості підприємств.

Перспективи подальших досліджень полягають у експериментальній оцінці комплексного впливу сучасних технологій годівлі, автоматизованого контролю мікроклімату та цифрового моніторингу на продуктивність і збереженість молодняку свиней та економічну ефективність виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Devillers N., Le Dividich J. Prunier A. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. *Animal.* 2011. Vol. 5, No. 10. P. 1605–1612. DOI: 10.1017/S175173111100067X.

2. Boudry G., Péron V., Le Huërou-Luron I., Lallès J. P., Sève B. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglet intestine. *The Journal of Nutrition*. 2004. Vol. 134, No. 9. P. 2256–2262. DOI: 10.1093/jn/134.9.2256.

3. Державна служба статистики України. Виробництво продукції тваринництва, кількість сільськогосподарських тварин і забезпеченість їх кормами (річна) (2025). 30.04.2026. URL: https://stat.gov.ua/uk/releases/vyrobnytstvo-produktsiyi-tvarynnytstva-kilkist-silskohospodarskykh-tvaryn-i-7 (дата звернення: 10.08.2026).

4. Асоціація «Свинарі України». Динаміка середніх закупівельних цін на живець свиней забійних кондицій І-ї категорії. Pigua.info. URL: https://pigua.info/uk/price-livestock-pigs (дата звернення: 10.09.2026).

5. Проблеми і перспективи розвитку свинарства в Україні у контексті впливу воєнних дій. *Вісник Економіки*, 2024. № 3. С. 23–34.

6. Адамик В., Чернобай Л., Адамик О. Проблеми і перспективи розвитку свинарства в Україні у контексті впливу на добробут населення. *Вісник Тернопільського національного економічного університету.* 2019. № 3. С. 22–34. DOI: 10.35774/visnyk2019.03.022.

7. Волощук В. М. Теоретичне обґрунтування та створення конкурентоспроможних технологій виробництва свинини. Полтава: Техсервіс, 2012. 228 с.

8. Волощук В. М., Смислов С. Ю., Підтереба О. І. Технологічні рішення при реконструкції свинарських приміщень. *Свинарство.* 2017. Вип. 70. С. 156–164.

9. Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН. Розробки: інноваційні технології та принципи реконструкції свиноферм. URL: https://svinarstvo.com/index.php/ua/intelektualna-vlasnist/rozrobki (дата звернення: 07.09.2026).

10. Precision Swine Farming Market Report 2025-2030. Marketsand Markets, 2025. 310 p.

11. Gómez Y., Stygar A. H., Boumans I. J. M. M., Bokkers E. A. M., Pedersen L. J., Niemi J. K., Pastell M., Manteca X., Llonch P. A Systematic Review on Validated Precision Livestock Farming Technologies for Pig Production and Its Potential to Assess Animal Welfare. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. Article 660565. DOI: 10.3389/fvets.2021.660565

12. Koketsu Y., Kaneko M. Reproductivity and efficiency of modern sow herds. *Journal of Animal Science*, 2017. Vol. 95. P. 201–207.

13. Zheng L., Duarte M. E., Sevarolli Loftus A., Kim S. W. Intestinal Health of Pigs Upon Weaning: Challenges and Nutritional Intervention. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. Article 628258. DOI: 10.3389/fvets.2021.628258

14. Про затвердження Вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання: наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України від 08.02.2021 № 224; зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18.02.2021 за № 206/35828. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0206-21 (дата звернення: 07.09.2026).

15. Держпродспоживслужба. З 1 січня 2026 року в Україні впроваджуються євроінтеграційні вимоги до благополуччя сільськогосподарських тварин. URL: https://dpss.gov.ua/news/z-1-sichnia-2026-roku-v-ukraini-vprovadzhuiutsia-ievrointehratsiini-vymohy-do-blahopoluchchia-silskohospodarskykh-tvaryn (дата звернення: 07.09.2026).

16. Council Directive 2008/120/EC of 18 December 2008 laying down minimum standards for the protection of pigs (codified version). *Official Journal of the European Union*. 2009. L 47. P. 5–13. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/120/oj (дата звернення: 07.09.2026).

17. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). Welfare of pigs on farm. *EFSA Journal.* 2022. Vol. 20, No. 8. Article e07421. DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7421.

18. Agriculture and Horticulture Development Board. Ventilating Pig Buildings: Providing Optimum Living Conditions for Pigs. AHDB Pork. URL: https://media.ahdb.org.uk/media/Default/Imported%20Publication%20Docs/Ventilating%20pig%20buildings.pdf (дата звернення: 10.09.2026).

19. Державна підтримка аграріїв у 2025 році. APD Ukraine, 2025. 45 с.

20. Іванов В. О., Засуха Л. В., Онищенко А. О., Конкс Т. М., Руденко Є. В. Приміщення для вирощування свинок і кнурців. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2022. № 3. С. 111-116. DOI: 10.31210/visnyk2022.03.14.

21. Андрієвська Є. В. Ефективність застосування пробіотичних препаратів на різних етапах онтогенезу свиней. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 2025. Вип. 18, Ч. 1. С. 28-34.

22. Inatomi T., Amatatsu M., Romero-Pérez G. A., Inoue R., Tsukahara T. Dietary Probiotic Compound Improves Reproductive Performance of Porcine Epidemic Diarrhea Virus-Infected Sows Reared in a Japanese Commercial Swine Farm under Vaccine Control Condition. *Frontiers in Immunology*. 2017. Vol. 8. Article 1877. DOI: 10.3389/fimmu.2017.01877

23. Ding H., Zhao X., Ma C., Gao Q., Yin Y., Kong X., He J. Dietary supplementation with Bacillus subtilis DSM 32315 alters the intestinal microbiota and metabolites in weaned piglets. *Journal of Applied Microbiology.* 2021. Vol. 130, No. 1. P. 217–232. DOI: 10.1111/jam.14767.

24. Galli G. M., Andretta I., Levesque C. et al. Using probiotics to improve nutrient digestibility and gut-health of weaned pigs: a comparison of maternal and nursery supplementation strategies. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024. Vol. 11. Article 1356455. DOI: 10.3389/fvets.2024.1356455.

25. Cai L., Zhao Y., Chen W. et al. Effect of an organic acid blend as an antibiotic alternative on growth performance, antioxidant capacity, intestinal barrier function, and fecal microbiota in weaned piglets. *Journal of Animal Science*. 2024. Vol. 102. Article skae149. DOI: 10.1093/jas/skae149.

26. Коробка А. В., Онищенко А. О., Конкс Т. М. Відгодівельні, забійні та м'ясо-сальні якості свиней при застосуванні ферментного препарату. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2025. Вип. 145, ч. 1. С. 274–279. DOI: 10.32782/2226-0099.2025.145.1.31.

27. Andretta I., Pomar C., Rivest J., Pomar J., Lovatto P. A., Radünz Neto J. The impact of feeding growing-finishing pigs with daily tailored diets using precision feeding techniques on animal performance, nutrient utilization, and body and carcass composition. *Journal of Animal Science.* 2014. Vol. 92, No. 9. P. 3925–3936. DOI: 10.2527/jas.2014-7643

28. Andretta I., Pomar C., Rivest J., Pomar J., Radünz J. Precision feeding can significantly reduce lysine intake and nitrogen excretion without compromising the performance of growing pigs. *Animal.* 2016. Vol. 10, No. 7. P. 1137–1147. DOI: 10.1017/S1751731115003067.

29. Trabachini A., Moreira M. R., Harada É. S., Amorim M. N., Silva-Miranda K. O. Precision Livestock Farming Applied to Swine Farms – A Systematic Literature Review. *Animals.* 2025. Vol. 15, No. 14. Article 2138. DOI: 10.3390/ani15142138.

30. World Organisation for Animal Health. African swine fever. URL: https://www.woah.org/en/disease/african-swine-fever/ (дата звернення: 10.09.2026).

31. Hasan M. K., Mun H.-S., Lagua E. B., Park H.-R., Kim Y.-H., Sharifuzzaman M., Kang J.-G., Yang C.-J. Revolutionizing pig farming: Japan's technological innovations and environmental strategies for sustainability. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research.* 2025. Vol. 12, No. 2. P. 454–476. DOI: 10.5455/javar.2025.l912

32. USDA Natural Resources Conservation Service. Apply for Environmental Quality Incentives Program (EQIP). URL: https://www.nrcs.usda.gov/programs-initiatives/environmental-quality-incentives-program/apply-for-environmental-quality (дата звернення: 01.09.2026).

33. Грант на виробництво переробної промисловості. Дія. URL: https://diia.gov.ua/services/grant-na-pererobne-pidpriyemstvo (дата звернення: 08.09.2026).

34. Підтримка тваринництва: держава відшкодовуватиме сільгоспвиробникам до 25% витрат на модернізацію виробництва. Дія.Бізнес. 2025. URL: https://business.diia.gov.ua/ (дата звернення: 22.08.2026).

35. Benjamin M., Yik S. Precision Livestock Farming in Swine Welfare: A Review for Swine Practitioners. *Animals.* 2019. Vol. 9, No. 4. Article 133. DOI: 10.3390/ani9040133.

36. Department for Environment, Food & Rural Affairs. Code of practice for the welfare of pigs. GOV.UK. Updated 05.10.2023. URL: https://www.gov.uk/government/publications/pigs-on-farm-welfare/caring-for-pigs (дата звернення: 03.09.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 11.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 636.32/.38.033:636.082.26
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.48

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОМИСЛОВОГО СХРЕЩУВАННЯ АСКАНІЙСЬКИХ ТОНКОРУННИХ ВІВЦЕМАТОК З БАРАНАМИ ІНТЕНСИВНИХ М'ЯСНИХ ПОРІД

Онищенко Л.В. *– к.с.-г.н.,*
доцентка кафедри технології виробництва продукції тваринництва,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-2666-9813

У статті представлено результати дослідження м'ясної продуктивності молодняку овець, отриманого внаслідок промислового схрещування вівцематок асканійської тонкорунної (АТ) породи з баранами м'ясного напряму продуктивності. Метою досліджень було встановлення ефективності використання баранів м'ясних генотипів та визначення їхнього впливу на живу масу, інтенсивність росту, забійні характеристики й морфологічний склад туш отриманого потомства. Дослідження проводили в умовах навчально-наукового практичного центру Миколаївського національного аграрного університету.

За результатами проведених досліджень встановлено позитивний вплив використання баранів породи дорпер (Д) на відтворювальні та продуктивні показники овець. Від 30 вівцематок бажаного типу, спарованих із баранами-плідниками породи дорпер, отримано на 6,0 % більше ягнят порівняно з аналогічною кількістю вівцематок, спарованих із баранами асканійської тонкорунної породи.

Помісний молодняк характеризувався вищою інтенсивністю росту, середньодобовими приростами та кращими показниками м'ясної продуктивності порівняно з чистопородними ровесниками. Найбільш інтенсивне накопичення живої маси ягнят спостерігалося від народження до 4-місячного віку, тобто протягом підсисного періоду. Середній абсолютний приріст живої маси на одну голову становив у дослідній групі 20,1 кг, тоді як у контрольній – 16,3 кг. У 4-місячному віці жива маса помісних ягнят була на 3,9 кг, або 23,3 %, вищою за показник молодняку контрольної групи, причому різниця між середніми значеннями була достовірною. У 9-місячному віці цей показник у тварин дослідної групи становив 38,0 кг, що на 6,2 кг, або 19,9 %, більше порівняно з ровесниками контрольної групи. У 12-місячному віці різниця за живою масою становила 6,8 кг на користь помісного молодняку. За результатами контрольного забою встановлено перевагу помісних баранчиків за основними показниками м'ясної продуктивності. Жива маса перед забоєм у тварин контрольної групи становила 40,0 кг, тоді як у молодняку дослідної групи – 43,6 кг. Маса парної туші у помісних баранчиків досягала 19,4 кг, що на 12,8 % перевищувало аналогічний показник чистопородних ровесників.

Ключові слова: *вівці, асканійська тонкорунна порода, м'ясні генотипи, схрещування, м'ясна продуктивність, забійні показники.*

Onyshchenko L.V. Efficiency of commercial crossbreeding of Askanian fine-wool ewes with rams of intensive meat breeds

The article presents the results of a study on the meat productivity of young sheep obtained through the industrial crossbreeding of Askanian Fine-Wooled (AFW) ewes with rams of meat-producing breeds. The aim of the research was to evaluate the effectiveness of using meat-type rams and to determine their influence on the live weight, growth rate, slaughter characteristics, and carcass morphological composition of the resulting offspring. The study was conducted at the educational, scientific, and practical center of Mykolaiv National Agrarian University.

Research findings demonstrate the positive impact of using Dorper (D) rams on the reproductive and productive performance of ewes. Mating 30 ewes of the desired type with

© Онищенко Л.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Dorper sires resulted in 6.0% more lambs compared to an equal number of ewes mated with Askanian Fine-Wool rams.

Crossbred young stock demonstrated higher growth intensity, greater average daily weight gains, and superior meat productivity indicators compared to their purebred counterparts. The most rapid live weight gain in the lambs was observed between birth and four months of agethat is, during the suckling period. The average absolute live weight gain per head was 20.1 kg in the experimental group, compared to 16.3 kg in the control group. At four months of age, the live weight of the crossbred lambs was 3.9 kg (or 23.3%) higher than that of the control group, with the difference between the mean values being statistically significant. At 9 months of age, this figure was 38.0 kg for animals in the experimental group – 6.2 kg (or 19.9%) higher than that of their counterparts in the control group. At 12 months of age, the difference in live weight was 6.8 kg in favor of the crossbred young stock. The results of the control slaughter demonstrated the superiority of the crossbred ram lambs in terms of key meat productivity indicators. The pre-slaughter live weight of the control group animals was 40.0 kg, whereas that of the experimental group was 43.6 kg. The hot carcass weight of the crossbred ram lambs reached 19.4 kg, exceeding the corresponding figure for their purebred counterparts by 12.8%.

Thus, industrial crossbreeding of Askanian Fine-Wool ewes with rams of meat breeds – specifically the Dorper breed – is an effective method for enhancing the meat productivity of young stock. The results demonstrate the advisability of using meat-type genotypes in industrial crossbreeding to produce crossbred offspring with higher growth rates and superior meat quality, which will contribute to increasing the efficiency of sheep production in Ukraine.

Key words: *sheep, Ascanian fine-wool breed, meat genotypes, crossbreeding, meat productivity, slaughter rates.*

Актуальність теми дослідження. Одним із пріоритетних завдань сучасного агропромислового виробництва є забезпечення населення країни основними видами продукції тваринного походження, зокрема м'ясом, молоком і вовною, за рахунок нарощування обсягів її внутрішнього виробництва. Важливе значення у вирішенні цього питання має ефективне використання вітчизняного та імпортного генофонду овець, максимально повна реалізація генетичного потенціалу тварин, раціональне використання поживних речовин кормів для формування м'ясної та вовнової продуктивності, а також залучення доступних місцевих кормових ресурсів і впровадження сучасних технологій ведення галузі [1, 4, 6].

Одним із перспективних напрямів підвищення продуктивності та збільшення виробництва продукції вівчарства є міжпородне схрещування. Раціональне поєднання генотипів різного походження дає змогу ефективніше використовувати явище гетерозису, підвищувати інтенсивність росту молодняку, поліпшувати м'ясні якості та забезпечувати вищий вихід продукції за належних умов утримання і годівлі. Особливо важливим є правильний вибір порід та селекційних поєднань, які забезпечують бажане поєднання високої продуктивності, якості продукції та адаптивності тварин [2, 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання міжпородного схрещування у тваринництві має тривалу історію наукових досліджень. Значний внесок у розвиток цього напряму зробив академік М. Ф. Іванов, який розглядав схрещування як дієвий метод одержання тварин із бажаними господарсько корисними ознаками. За використання тварин різних порід отримане потомство може характеризуватися кращим поєднанням продуктивних та адаптаційних властивостей. Результати таких схрещувань у багатьох випадках мали позитивне значення для формування нових породних груп і вдосконалення існуючих порід, сприяючи підвищенню їхньої стійкості до несприятливих умов середовища, адаптивності та продуктивності [3, 6].

Важливість використання міжпородного схрещування для підвищення м'ясної продуктивності овець підтверджується результатами сучасних досліджень. Так, у роботах В. С. Яковчука наведено результати контрольного забою помісних

тварин, отриманих від схрещування овець породи тексель із кулундинською грубововновою породою. Встановлено, що середня передзабійна жива маса помісних овець у 8-місячному віці становила 38,0 кг, а забійний вихід – 47,9 %. За цим показником помісні тварини перевищували чистопородних ярок на 10,8 % ($p \leq 0,01$), або на 3,1 абсолютного відсотка. Маса туші у помісного молодняку досягала 18,2 кг, що на 16,5 % більше порівняно з ровесницями-аналогами [8].

Позитивний вплив схрещування на інтенсивність росту молодняку встановлено також під час поєднання естонської білоголової породи з ромні-марш. У помісних тварин середньодобові прирости збільшувалися на 16,2 %, при цьому спостерігалися відмінності у витратах кормів – відповідно 6,6 та 7,7 корм. од. Отримані результати також свідчать про високі показники якості м'яса у помісного молодняку [6, 7].

Вік забою є одним із важливих чинників, що визначають якість баранини. Найбільш інтенсивне формування м'язової тканини відбувається у молодому віці, особливо протягом перших 4–8 місяців життя. У подальшому змінюється співвідношення основних тканин, що може негативно позначатися на якісних і смакових властивостях м'яса. Тому одержання та реалізація молодняку в оптимальному віці є важливою умовою ефективного виробництва баранини. Відомо також, що споживчі властивості м'яса безпосередньо впливають на його ринкову вартість. За даними англійських дослідників, за умови цілеспрямованого відбору та правильного підбору батьківських форм використання схрещування може забезпечити збільшення виробництва м'яса на 10–15 % [9, 10].

Постановка завдання. З огляду на актуальність підвищення м'ясної продуктивності овець та необхідність пошуку ефективних селекційних прийомів, метою проведених досліджень було визначення рівня м'ясної продуктивності молодняку асканійської тонкорунної породи та помісних тварин, отриманих у результаті схрещування вівцематок із баранами-плідниками породи дорпер.

У межах поставленого завдання передбачалося провести порівняльну оцінку росту та розвитку молодняку, визначити основні показники м'ясної продуктивності й встановити ефективність використання баранів породи дорпер у промисловому схрещуванні з асканійськими тонкорунними вівцематками. Практичним результатом досліджень має стати розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для виробництва щодо підвищення продуктивності овець та збільшення обсягів виробництва високоякісної баранини.

Матеріал і методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили в умовах навчально-наукового практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. Для отримання піддослідного молодняку використовували вівцематок асканійської тонкорунної породи, яких парували з баранами-плідниками породи дорпер (Д). Контрольною групою слугувало потомство, отримане від чистопородного парування вівцематок асканійської тонкорунної породи з баранами аналогічного генотипу (АТ).

У досліді було сформовано дві групи баранців. До контрольної групи входили чистопородні тварини асканійської тонкорунної породи, тоді як дослідну групу становили двопородні помісі, отримані від схрещування асканійських тонкорунних вівцематок із баранами породи дорпер (АТ × Д).

Оцінювання м'ясної продуктивності молодняку проводили за результатами контрольного забою у 12-місячному віці. Від кожної досліджуваної групи для проведення забою було відібрано по 5 баранців. Перед забоєм тварин витримували без корму протягом 24 годин, після чого визначали їхню передзабійну живу масу.

Після проведення забою встановлювали масу парної туші, кількість внутрішнього жиру, забійну масу, вихід туші та забійний вихід. Для комплексної оцінки якісних характеристик туш проводили визначення їх морфологічного складу за кількістю м'язової тканини (м'якоті), кісток і сухожилок.

М'ясність туш оцінювали за коефіцієнтом м'ясності, який розраховували як співвідношення маси м'якоті до сумарної маси кісток і сухожилок. Морфологічний склад туш визначали за результатами їх обвалювання після попереднього охолодження протягом 24 годин.

Отримані результати використовували для порівняльної оцінки м'ясної продуктивності чистопородного та помісного молодняку й встановлення ефективності використання баранів породи дорпер у промисловому схрещуванні з вівцематками асканійської тонкорунної породи.

Біометричну обробку даних здійснювали за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням статистичних функцій.

Виклад основного матеріалу досліджень. На першому етапі дослідження, відповідно до даних зоотехнічного обліку, із використанням журналів відтворення стада овець (форма № 3-вкз), обліку осіменіння та ягніння вівцематок (форма № 3-всм), обліку вирощування і продуктивності племінного молодняку овець (форма № 4-вкз), матеріалів індивідуального бонітування та обліку продуктивності овець (форма № 5-вкз), карток племінного барана-плідника (форма № 1-в) і племінної вівцематки (форма № 2-в) здійснено аналіз вовнової продуктивності стада та відтворювальної здатності вівцематок [3].

На наступному етапі досліджень було проведено комплекс організаційно-зоотехнічних заходів:

– за результатами бонітування, стриження та осіннього зважування було відібрано й сформовано контрольну та дослідну групи вівцематок по 30 голів у кожній;

– здійснено підбір та підготовку до парувальної кампанії баранів-плідників породи дорпер (Д). Для формування контрольної групи використовували чистопородних асканійських тонкорунних баранів-плідників. Кількість баранів-плідників у кожній групі становила по 3 голови.

Схему проведення досліджень наведено в таблиці 1.

Ягнята до відлучення, як в дослідній, так і в контрольній групі утримувались з матками в одній отарі. Відлучення ягнят від матерів проводили в 4-х місячному віці. Після відлучення молодняк обох груп мав однакові умови годівлі та утримання.

Таблиця 1

Схема досліджень

Група	Призначення	Порода і породність					
		вівцематок	n	барана-плідника	n	молодняку	n
1	контрольна	АТ	30	АТ	3	АТ	30
2	дослідна	АТ	30	Д	3	½ АТ х ½ Д	30

Примітка: АТ – асканійська тонкорунна порода; Д – порода дорпер

Важливими передумовами збільшення чисельності поголів'я овець та підвищення рівня його продуктивності є ефективне відтворення стада та висока плодючість племінних тварин. Здатність вівцематок народжувати значну кількість

життєздатних і добре розвинених ягнят є однією з основних ознак, що характеризують відтворювальні якості та потенціал породи [4].

Репродуктивні властивості овець формуються під впливом комплексу генетичних і паратипових факторів. До основних факторів зовнішнього середовища належать умови годівлі, утримання та догляду, рівень вгодованості, вік і жива маса тварин. Генетична складова репродуктивних ознак зумовлена спадковою мінливістю та генетичними відмінностями між окремими особинами, які формуються й закріплюються в популяції протягом багатьох поколінь [1, 2, 3].

За результатами досліджень встановлено, що використання баранів-плідників інших порід під час схрещування з вівцематками може позитивно впливати на їхні відтворювальні характеристики, зокрема сприяти підвищенню рівня плодючості. Показники плодючості вівцематок та збереженості отриманого молодняку наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Плодючість маток і збереженість ягнят

Порода		Кількість вівцематок, голів	Отримано ягнят, голів,%	Пало голів, %	Отримано ягнят при відлученні, %
барана-плідника	вівцематок				
АТ	АТ	30	63	2	96,8
			126	3,2	
Д	АТ	30	66	2	97,0
			132	3,3	

Аналіз показників, наведених у таблиці 2, свідчить про позитивний вплив використання баранів-плідників породи дорпер на відтворювальні характеристики асканійських тонкорунних вівцематок.

За однакової кількості вівцематок у групах – по 30 голів від чистопородного поєднання асканійських тонкорунних вівцематок із баранами-плідниками асканійської тонкорунної породи було отримано 63 ягняти, тоді як від схрещування асканійських тонкорунних вівцематок із баранами-плідниками породи дорпер – 66 ягнят. Таким чином, у дослідній групі отримано на 3 ягняти більше порівняно з контрольною.

Показник плодючості вівцематок у контрольній групі становив 126 %, а в дослідній – 132 %. Отже, використання баранів-плідників породи дорпер забезпечило підвищення плодючості маток на 6 відсоткових пунктів, або на 4,8 % відносно контрольної групи. Це свідчить про позитивну тенденцію щодо підвищення відтворювальної здатності асканійських тонкорунних вівцематок при їх схрещуванні з баранами породи дорпер.

За показником загибелі ягнят істотної різниці між групами не встановлено. У контрольній та дослідній групах загинуло по 2 ягняти. При цьому рівень втрат становив відповідно 3,2 та 3,3 %, тобто різниця склала лише 0,1 відсоткового пункту. Це свідчить про практично однаковий рівень збереженості ягнят у досліджуваних групах.

Показник збереженості ягнят до відлучення становив у контрольній групі 96,8 %, а в дослідній – 97,0 %. Отже, у групі, отриманій від схрещування асканійських тонкорунних вівцематок із баранами-плідниками породи дорпер, рівень збереженості ягнят був дещо вищим – на 0,2 відсоткового пункту.

Таким чином, результати досліджень свідчать, що використання баранів-плідників породи дорпер у схрещуванні з асканійськими тонкорунними вівцематками

сприяло підвищенню їх плодючості з 126 до 132 %, при цьому не призвело до погіршення збереженості ягнят. Навпаки, показник збереженості молодняку до відлучення був дещо вищим у дослідній групі та становив 97,0 % проти 96,8 % у контрольній. Таким чином, отримані результати свідчать, що використання баранів-плідників породи дорпер при схрещуванні з асканійськими тонкорунними вівцематками сприяло підвищенню їх плодючості на 6,0 % при практично однакового рівня збереженості ягнят порівняно з контрольною групою.

У сучасних умовах ведення вівчарства, з урахуванням різних напрямів продуктивності тварин, важливого значення набуває інтенсивність росту та розвитку молодняку, що значною мірою визначається його скоростиглістю. Одним із основних селекційних показників, який характеризує особливості росту тварин, є жива маса. Вона тісно пов'язана з інтенсивністю обмінних процесів в організмі, характером розподілу поживних речовин і формуванням м'ясної продуктивності овець [4].

У ході досліджень вивчали особливості росту та розвитку чистопородного молодняку асканійської тонкорунної породи, а також молодняку, отриманого в результаті схрещування баранів-плідників породи дорпер (Д) з асканійськими тонкорунними вівцематками. Оцінювання проводили у різні вікові періоди – при народженні, у 1, 2, 3, 4, 9 та 12-місячному віці. Живу масу визначали методом індивідуального зважування, а особливості тілобудови оцінювали за екстер'єрними ознаками [7, 8].

Результати індивідуального зважування піддослідного молодняку впродовж дослідного періоду наведено в таблиці 3.

Аналіз даних таблиці 3 свідчить про чітку вікову закономірність збільшення живої маси молодняку в обох досліджуваних групах. Водночас за всіма віковими періодами, починаючи від народження і до 12-місячного віку, вищі показники живої маси відмічено у молодняку, отриманого від схрещування асканійських тонкорунних вівцематок із баранами-плідниками породи дорпер (♀АТ × ♂Д).

Таблиця 3

Жива маса молодняку в різні вікові періоди, кг, $\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$

Вік, міс.	Поєднання	
	♀АТ × ♂АТ	**♀АТ × ♂Д**
При народженні	4,1 ± 0,05	4,4 ± 0,05
1	6,9 ± 0,19	8,8 ± 0,16
2	11,0 ± 0,22	13,7 ± 0,31
3	15,8 ± 0,31	19,3 ± 0,44
4	20,9 ± 0,38	24,8 ± 0,23*
9	32,0 ± 0,52	38,0 ± 0,72**
12	37,9 ± 0,56	45,0 ± 0,81**

Примітка: * – P≤0,05; ** – P≤0,01 різниця порівняно з I контрольною групою

При народженні жива маса молодняку контрольної групи (♀АТ × ♂АТ) становила 4,1 ± 0,05 кг, тоді як у помісного молодняку (♀АТ × ♂Д) – 4,4 ± 0,05 кг. Отже, різниця на користь помісного молодняку становила 0,3 кг, або близько 7,3 %.

У місячному віці жива маса молодняку контрольної групи досягала 6,9 ± 0,19 кг, тоді як молодняку дослідної групи – 8,8 ± 0,16 кг. Перевага помісного молодняку становила 1,9 кг, або 27,5 %. У двомісячному віці відповідні показники становили 11,0 ± 0,22 та 13,7 ± 0,31 кг, тобто різниця склала 2,7 кг, або 24,5 %.

У тримісячному віці жива маса молодняку асканійської тонкорунної породи становила 15,8 ± 0,31 кг, а помісного молодняку – 19,3 ± 0,44 кг. Таким чином, помісні тварини перевищували чистопородний молодняк на 3,5 кг, або 22,2 %. У чотиримісячному віці перевага молодняку, отриманого від баранів-плідників породи дорпер, зберігалася: його жива маса становила 24,8 ± 0,23 кг проти 20,9 ± 0,38 кг у контрольній групі. Різниця становила 3,9 кг, або 18,7 %.

У дев'ятимісячному віці жива маса молодняку групи ♀АТ × ♂АТ становила 32,0 ± 0,52 кг, тоді як у молодняку групи ♀АТ × ♂Д – 38,0 ± 0,72 кг. Отже, перевага помісного молодняку становила 6,0 кг, або 18,8 %.

Найбільшу абсолютну різницю між групами встановлено у 12-місячному віці. Жива маса чистопородного молодняку становила 37,9 ± 0,56 кг, тоді як помісного – 45,0 ± 0,81 кг. Таким чином, молодняк, отриманий від схрещування асканійських тонкорунних вівцематок із баранами породи дорпер, перевищував контрольних тварин на 7,1 кг, або 18,7 %.

Отже, протягом усього періоду досліджень помісний молодняк характеризувався вищою живою масою порівняно з чистопородними аналогами. Найбільш виражена різниця спостерігалася в ранньому віці, а в подальшому вона дещо зменшувалася у відносному вираженні, хоча абсолютна перевага помісного молодняку продовжувала зростати. У 12-місячному віці перевага становила 7,1 кг, або 18,7 %.

Таким чином, отримані результати свідчать про більш інтенсивний ріст і розвиток молодняку, отриманого від поєднання асканійських тонкорунних вівцематок із баранами-плідниками породи дорпер. Вищі показники живої маси помісного молодняку можуть бути зумовлені проявом гетерозисного ефекту та позитивним впливом спадкових особливостей породи дорпер на інтенсивність росту, що підтверджує перспективність використання такого поєднання у вівчарстві м'ясо-вовнового напряму продуктивності.

При оцінці скоростиглості у вівчарстві враховують не тільки досягнуту за певний період абсолютну живу масу овець, а й інтенсивність росту овець, розраховану за абсолютним, середньодобовим і відносним приростом у різному віці, також враховується періоди особливого значення (табл. 4).

Порівняльна оцінка показників приросту свідчить про перевагу молодняку дослідної групи за інтенсивністю росту впродовж більшості досліджуваних вікових періодів. Найбільш суттєва різниця за абсолютним приростом спостерігалася у віці від 0 до 1 місяця: молодняк дослідної групи перевищував контрольний на 1,6 кг, або 57,1 %. За середньодобовим приростом перевага становила 43,4 г, або 46,5 %, а за відносним приростом –12,7 %.

Таблиця 4

Динаміка приростів піддослідного молодняку

Період, міс.	Контрольна група			Дослідна група		
	абсолютний	середньодобовий	відносний	абсолютний	середньодобовий	відносний
0-1	2,8	93,3	51,9	4,4	136,7	64,6
1-2	4,1	123,3	42,8	4,9	163,3	45,2
2-3	4,8	156,7	36,6	5,6	183,3	34,3
3-4	5,1	170,0	28,7	5,5	186,7	25,9
4-9	11,1	72,7	42,3	13,2	86,7	43,5
9-12	5,9	65,6	17,3	7,0	72,	18,0

У період від 1 до 2 місяців перевага дослідної групи за абсолютним приростом становила 0,8 кг, або 19,5 %, за середньодобовим – 40,0 г, або 32,4 %, а за відносним приростом – 2,4 відсоткового пункту. У віці 2–3 місяці дослідний молодняк також характеризувався вищими абсолютним і середньодобовим приростами – відповідно на 0,8 кг (16,7 %) та 26,6 г (17,0 %). Водночас за відносним приростом у цей період перевага на 2,3 відсоткового пункту була за молодняком контрольної групи.

У період 3–4 місяці перевага дослідної групи за абсолютним приростом становила 0,4 кг, або 7,8 %, а за середньодобовим – 16,7 г, або 9,8 %. За відносним приростом, навпаки, контрольна група перевищувала дослідну на 2,8 відсоткового пункту.

У період від 4 до 9 місяців перевага помісного молодняку за абсолютним приростом знову зросла і становила 2,1 кг, або 18,9 %. За середньодобовим приростом різниця становила 14,0 г, або 19,3 %, а за відносним приростом –1,2 відсоткового пункту на користь дослідної групи. У заключний період, від 9 до 12 місяців, дослідний молодняк перевищував контрольний за абсолютним приростом на 1,1 кг (18,6 %), за середньодобовим приростом – на 6,6 г (10,1 %), а за відносним приростом – на 0,7 відсоткового пункту.

Отже, найбільш виражена перевага молодняку, отриманого від схрещування асканійських тонкорунних вівцематок із баранами-плідниками породи дорпер, спостерігалася у ранньому віці. Надалі абсолютний та середньодобовий прирости залишалися вищими у дослідної групи в усі досліджувані періоди. За відносним приростом перевага дослідного молодняку встановлена у чотирьох із шести вікових періодів, тоді як у віці 2–4 місяців дещо вищі значення були характерні для контрольної групи. Отримані результати вказують на вищу інтенсивність росту та прояв скоростиглості помісного молодняку.

Незважаючи на те, що тонкорунні породи овець переважно характеризуються вовновим або вовново-м'ясним напрямом продуктивності, одним із актуальних напрямів селекційної роботи є підвищення їхніх м'ясних якостей при одночасному збереженні високої вовнової продуктивності. Особливий інтерес становить отримання тварин, які поєднують високий настриг вовни зі значною живою масою та достатньо високими показниками м'ясної продуктивності. Асканійська тонкорунна порода як материнська основа при схрещуванні з баранами інших порід має потенційні можливості для поєднання вовнових і м'ясних якостей (табл. 5).

Таблиця 5

М'ясна продуктивність баранчиків у 12 місячному віці, n=5

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Передзабійна жива маса, кг	40,0 ± 0,63	43,6 ± 0,95
Забійна маса, кг	18,15 ± 0,88	20,12 ± 1,02
Маса внутрішнього жиру, кг	0,95 ± 0,69	0,72 ± 0,77
Маса парної туші, кг	17,2 ± 0,88	19,4 ± 1,11
Забійний вихід, %	45,4 ± 1,15	47,2 ± 0,89
Вихід туші, %	43,0 ± 1,29	45,5 ± 1,63

За результатами контрольного забою 12-місячних баранчиків встановлено, що досліджувані групи відрізнялися за основними показниками м'ясної продуктивності. Передзабійна жива маса баранчиків контрольної групи становила 40,0 ± 0,63 кг, тоді як у тварин дослідної групи цей показник досягав 43,6 ± 0,95 кг. Отже, помісні

баранчики перевищували чистопородних аналогів за передзабійною живою масою на 3,6 кг, або 9,0 % (рис. 1).

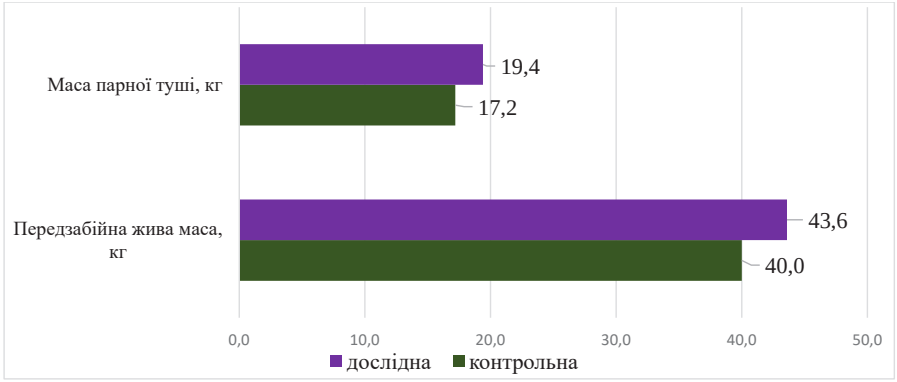


Рис. 1. Забійні якості піддослідних баранчиків

Забійна маса у контрольній групі становила 18,15 ± 0,88 кг, а в дослідній – 20,12 ± 1,02 кг. Різниця на користь помісних баранчиків становила 1,97 кг, або 10,9 %. Це свідчить про вищу абсолютну забійну масу тварин дослідної групи.

За масою внутрішнього жиру спостерігалася протилежна тенденція. У баранчиків контрольної групи цей показник становив 0,95 ± 0,69 кг, тоді як у дослідній групі – 0,72 ± 0,77 кг. Таким чином, у помісних тварин маса внутрішнього жиру була меншою на 0,23 кг, або приблизно на 24,2 %. Це може свідчити про дещо інший характер формування тканин та розподілу поживних речовин у організмі помісного молодняку.

Маса парної туші у контрольних баранчиків становила 17,2 ± 0,88 кг, тоді як у дослідних – 19,4 ± 1,11 кг. Перевага дослідної групи становила 2,2 кг, або 12,8 %. Таким чином, більша передзабійна жива маса помісних тварин супроводжувалася збільшенням маси отриманої туші.

За показником забійного виходу також спостерігалася перевага дослідної групи. У контрольних баранчиків він становив 45,4 ± 1,15 %, а у помісних – 47,2 ± 0,89 %. Різниця становила 1,8 відсоткового пункту, або близько 4 0 % відносно показника контрольної групи.

Вихід туші у баранчиків дослідної групи також був вищим. У контрольній групі цей показник становив 43,0 ± 1,29 %, тоді як у дослідній – 45,5 ± 1,63 %. Отже, перевага помісних тварин становила 2,5 відсоткового пункту, або 5,8 % відносно контрольної групи.

У цілому результати контрольного забою свідчать про перевагу баранчиків дослідної групи за основними показниками м'ясної продуктивності. Вони характеризувалися більшою передзабійною живою масою, забійною масою та масою парної туші, а також вищими показниками забійного виходу. Одночасно у помісних баранчиків відзначено нижчу масу внутрішнього жиру порівняно з чистопородними тваринами.

Отже, використання баранів-плідників породи дорпер у поєднанні з асканійськими тонкорунними вівцематками позитивно позначилося на формуванні м'ясної продуктивності отриманого потомства. Найбільш виражена перевага помісних баранчиків встановлена за масою парної туші, яка була більшою на 12,8 %, та забійною масою – на 10,9 %. Вищі показники забійного виходу у поєднанні

з меншою масою внутрішнього жиру характеризують дослідний молодняк як перспективний щодо формування м'ясної продуктивності.

Для детальної оцінки м'ясної продуктивності овець обов'язково досліджують морфологічний склад їхніх туш. Харчова цінність баранини безпосередньо пов'язана з площею «м'язового вічка» та коефіцієнтом м'ясності, які змінюються залежно від породи, статі, віку тварин, а також умов їхнього утримання й годівлі. Щоб визначити морфологічні особливості піддослідних тварин, ми виконали сортовий розруб та повне обвалювання туш. Аналіз морфологічного складу туш піддослідного молодняку овець свідчить про суттєві між групові відмінності на користь тварин дослідної групи (табл. 6).

Встановлено, що за абсолютною масою м'яса в туші тварини дослідної групи суттєво переважали контрольних ровесників. Так, маса м'якоті у баранців дослідної групи становила 19,58 ± 0,38 кг, що на 4,03 кг, або на 25,9 % більше порівняно з контрольною групою, де цей показник зафіксовано на рівні 15,55 ± 0,42 кг.

Частка м'яса у тушах дослідної групи була вищою на 4,0 % і досягла 85,0 % проти 81,0 % у контролі.

Таблиця 6

Морфологічний склад в туші, n=5

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Склад в туші м'яса, кг	15,55 ± 0,42	19,58 ± 0,38
%	81,0	85,0
кісток, кг	3,75 ± 0,42	4,0 ± 0,38
%	20,0	18,0
Коефіцієнт м'ясності	4,15	4,90

Маса кісток у тушах тварин обох груп перебувала в межах від 3,75 ± 0,42 кг (контроль) до 4,0 ± 0,38 кг (дослідна група). Попри незначне збільшення абсолютної ваги кісток у дослідній групі (на 0,25 кг), їхній відносний вміст у туші виявився меншим на 2,0 % порівняно з контролем і становив 18,0 %. Це вказує на більш інтенсивний розвиток саме м'язової та жирової тканин у тварин дослідної групи.

Найбільш об'єктивним критерієм оцінки м'ясних якостей є коефіцієнт м'ясності, який показує кількість м'якоті, що припадає на 1 кг кісток. Завдяки вищій швидкості росту м'яких тканин, баранці дослідної групи продемонстрували значно краще співвідношення – 4,90, що на 0,75 (або на 18,1 %) перевищує показник контрольних тварин (4,15).

Таким чином, морфологічні дослідження туш підтверджують вищу м'ясну продуктивність овець дослідної групи. Вони характеризуються не лише більшою абсолютною масою м'яса, а й кращим його виходом та вищим коефіцієнтом м'ясності.

Важливою характеристикою повномірності та мускулистості туш є розвиток найдовшого м'яза спини. Для оцінки цього параметра було вивчено лінійні та площинний показники «м'язового вічка» у піддослідного молодняку (рис. 2).

Результати досліджень свідчать про кращий розвиток м'язової тканини у тварин дослідної групи. Площа «м'язового вічка» у баранців цієї групи становила 20,6 см², що на 2,1 см² (або на 11,4 %) більше порівняно з аналогами з контрольної групи, у яких цей показник зафіксовано на рівні 18,5 см². Таке збільшення площі поперечного перерізу м'яза безпосередньо вказує на вищий рівень м'ясності та кращі забійні якості тварин дослідної групи.

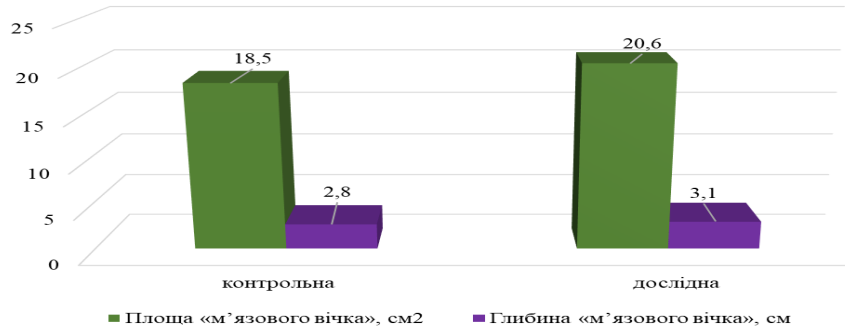


Рис. 2. Показники м'ясності туш баранців дослідних груп

Аналогічна позитивна тенденція простежується і за лінійним виміром найдовшого м'яза спини. Глибина «м'язового вічка» у молодняку дослідної групи досягла 3,1 см. Це на 0,3 см (або на 10,7 %) перевищує значення контрольних ровесників, чий показник становив 2,8 см.

Узагальнюючи дані рисунка 2, можна констатувати, що баранці дослідної групи суттєво переважали контрольних тварин як за площею, так і за глибиною «м'язового вічка». Це підтверджує вищу харчову та кулінарну цінність одержаної від них баранини, а також узгоджується з раніше встановленими даними вищого коефіцієнта м'ясності у цій групі.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведені дослідження довели позитивний ефект промислового схрещування на підвищення показників м'ясної продуктивності молодняку овець. Зокрема, у 12-місячному віці забійний вихід чистопородних баранців асканійської тонкорунної (АТ) породи становив 45,4 %, тоді як у помісних аналогів (АТ×Д) цей показник зріс до 47,2 %. Практичне впровадження одержаних експериментальних даних у роботу вівчарських підприємств дозволить збільшити обсяги виробництва високоякісної баранини та підвищити загальну економічну ефективність галузі. Для інтенсифікації товарного виробництва м'яса овець на базі асканійської тонкорунної породи науково обґрунтовано та доцільно застосовувати схрещування з плідниками м'ясної породи дорпер.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аверчева Н.О. Перспективи ефективного розвитку галузі вівчарства. Таврійський науковий вісник. 2020. Вип. 2. С. 57–68. doi:10.32851/2708-0366/2020.2.8.

2. Богданова Н. В. Співвідносна мінливість вовнової і м'ясної продуктивності баранів-плідників таврійського типу. Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. 2011. № 160. С. 203–208. https://digest.iabg.org.ua/selection/item/918-36-145.

3. Вдовиченко Ю. В., Жарук П. Г., Заруба К. В., Маслюк А. М., Жарук Л.В. Стан та перспективи розвитку вівчарства в державних підприємствах дослідних господарствах мережі НААН. Вівчарство та козівництво. 2018. Вип. 3. С. 3–17. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vivkoz_2018_3_3.

4. Голубенко Т. Л., Ткаченко Т. Ю. Особливості порід як чинник формування м'ясної продуктивності овець. Таврійський науковий вісник. 2025. № 142. Ч. 1. С. 25–32. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.25.

5. Іовенко В., Гладій І. Характеристика росту, розвитку та м'ясних якостей молодняку овець різних генотипів. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 2021. Т. 25, № 1. С. 69–76. https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1(109)-9.

6. Кудрик Н. А., Заруба К. В., Коваль Т. С. Вівчарство України в умовах воєнного стану. Науковий вісник «Асканія-Нова». 2023. Вип. 16. С. 5–15. https://doi.org/10.33694/2617-0787-2023-1-16-5-15.

7. Топіха В. С. Тенденції розвитку селекційно-племінної роботи у вівчарстві. / Топіха В. С., Калиниченко Г. І., Петрова О.І., Кириченко В.А. Вісник Дніпропетровського державного аграрно економічного університету. 2017. Вип. 1. С. 107–110. https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4028/1/831-1657-2-PB.pdf.

8. Яковчук В. С. Відгодівельні і м'ясні якості молодняку овець при промисловому схрещуванні. Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НАНУ. 2021. № 1. С. 249–263. https://doi.org/10.33694/2617-0787-2021-1-14-249-263.

9. Snowder G. D., Duckett S. K. Productive and carcass performance of Dorper crossbreds under intensive and extensive management systems. Journal of Animal Science. 2003. Vol. 81, No. 12. P. 3012–3018. DOI: 10.4314/sajas.v43i2.12.

10. Cloete S. W. P., et al. Breed and crossbreeding effects on growth, fitness and carcass quality in fine-wool and meat sheep. Animal. 2022. Vol. 16, No. 4. P. 1004–1012. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106705.

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 636.085:636.2.034
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.49

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ПРОДУКТИВНОЇ ДІЇ КОРМІВ У ГОДІВЛІ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ КОРІВ

Скоромна О.І. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-1332-5579
Голубенко Т.Л. *– к.с.-г.н., доцент,*
завідувач кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-1427-3950
Разанова О.П. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5552-9356

Продуктивність великої рогатої худоби є важливим критерієм результативності виробництва продукції молочного та м'ясного скотарства. Формування продуктивних показників тварин залежить від сукупної дії генетичного потенціалу, фізіологічного стану та рівня й повноцінності годівлі. Особливе значення в раціонах високопродуктивних корів має зерно кукурудзи, яке є цінним джерелом енергії та характеризується високою доступністю для використання у кормових раціонах. Молочну продуктивність тварин оцінювали за результатами щоденного індивідуального обліку надоїв. Одночасно визначали вміст жиру та білка в молоці із використанням аналізатора молока ЕКОМІЛК. Дослідження проводили у виробничих умовах Племзаводу «Літинський» (с. Громадське Літинського району Вінницької області). У 2023 році на підприємстві було заготовлено 600 т вологого зерна кукурудзи. Після закладання у засіки ціле вологе консервоване зерно характеризувалося високими органолептичними показниками якості. Упродовж першого періоду дослідження до раціону дійних корів включали в середньому 5,45 кг вологого консервованого зерна кукурудзи, що відповідало 3,97 кг сухої речовини. У другий період досліду консервоване вологе зерно було замінено сухим зерном кукурудзи в кількості 6 кг, або 5,17 кг у перерахунку на суху речовину. За умов згодовування коровам дійного стада чисельністю понад 1000 голів у складі раціону в середньому 5,45 кг подрібненого консервованого зерна кукурудзи протягом 120 днів отримано вищий рівень молочної продуктивності. Середньодобовий удій натурального молока перевищував відповідний показник за використання сухого зерна кукурудзи в кількості 6 кг на 0,5 кг, а продуктивність у перерахунку на молоко базисної жирності – на 2,5 кг. Порівняння проводили за однакової чисельності поголів'я та тривалості періодів дослідження – по 120 днів. Для встановлення впливу різних протеїнових кормів на молочну продуктивність, а також на вміст білка, жиру та сечовини в молоці було сформовано три групи по 30 корів. Тваринам I групи після роздавання основної кормосуміші під час ранкової та вечірньої годівлі індивідуально згодовували по 0,5 кг соняшникової макухи, тобто загалом 1 кг на добу. Коровам II групи за аналогічною схемою згодовували 1 кг соєвої макухи на добу, тоді як тварини III групи отримували 1 кг експандованої повножирової сої.

Ключові слова: *годівля, корма, раціон, молоко, силос, сінаж, сирий протеїн, зелена маси люцерни, ВРХ, надій.*

© Скоромна О.І., Голубенко Т.Л., Разанова О.П., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Skoromna O.I., Holubenko T.L., Razanova O.P. Modern approaches to evaluating the productive effect of feeds in the nutrition of high-yielding cows

The productivity of cattle is an important indicator of the efficiency of dairy and beef production. The formation of animal productivity parameters depends on the combined effects of genetic potential, physiological status, and the level and nutritional adequacy of feeding. Corn grain is of particular importance in the diets of high-producing cows, as it is a valuable source of energy and is highly available for use in feed rations. Milk productivity was assessed based on the results of daily individual milk yield recording. The fat and protein content of milk was simultaneously determined using an ECOMILK milk analyzer. The study was conducted under production conditions at the Litynskyi Pedigree Plant (Hromadske village, Lityn district, Vinnytsia region). In 2024, the enterprise harvested 600 tonnes of high-moisture corn grain. After storage in bins, the whole high-moisture preserved corn grain demonstrated high organoleptic quality. During the first experimental period, the diets of lactating cows included an average of 5.45 kg of high-moisture preserved corn grain, corresponding to 3.97 kg of dry matter. During the second experimental period, the preserved high-moisture grain was replaced with dry corn grain at a rate of 6 kg, equivalent to 5.17 kg of dry matter. Feeding an average of 5.45 kg of ground preserved corn grain per cow per day to a dairy herd of more than 1,000 cows for 120 days resulted in higher milk productivity. The average daily yield of natural milk was 0.5 kg higher than that obtained when dry corn grain was fed at a rate of 6 kg, while milk yield expressed as milk corrected to the standard fat content was 2.5 kg higher. The comparison was conducted using the same herd size and identical experimental periods of 120 days. To determine the effect of different protein feeds on milk productivity, as well as on the protein, fat, and urea content of milk, three groups of 30 cows each were formed. After distribution of the basic total mixed ration during the morning and evening feedings, the cows in Group I were individually fed 0.5 kg of sunflower meal at each feeding, providing a total of 1 kg per day. Cows in Group II were fed 1 kg of soybean meal per day according to the same procedure, whereas cows in Group III received 1 kg of extruded full-fat soybean per day.

Key words: *feeding, feedstuffs, diet, milk, silage, haylage, crude protein, green alfalfa mass, cattle, milk yield.*

Постановка проблеми. Годівля великої рогатої худоби є одним із визначальних чинників ефективності сучасного тваринництва, оскільки безпосередньо впливає на продуктивність, фізіологічний стан і здоров'я тварин, а також якість отриманої продукції. Ефективне функціонування молочного та м'ясного скотарства значною мірою залежить від обґрунтованого підбору кормів і формування раціонів відповідно до фізіологічних потреб тварин. При цьому годівля визначає не лише перебіг основних обмінних процесів в організмі, а й економічні результати виробництва.

Інтенсифікація тваринницького виробництва та підвищення попиту на продукцію високої якості зумовлюють необхідність забезпечення тварин кормами, поживна цінність яких максимально відповідає їхнім потребам у різні фізіологічні періоди. Водночас особливого значення набувають економічні та екологічні аспекти годівлі, що потребує удосконалення підходів до формування раціонів, оцінювання поживності та визначення продуктивної дії кормів [2].

Раціональна організація годівлі великої рогатої худоби є важливою передумовою підвищення продуктивності тварин, забезпечення належної якості продукції та економічної стабільності господарств. Традиційні підходи до оцінювання кормів, що переважно ґрунтуються на визначенні їх хімічного складу та концентрації основних поживних речовин, не завжди дають змогу об'єктивно оцінити фактичну продуктивну дію корму. Особливо це актуально за умов підвищення генетичного потенціалу продуктивності тварин та зростання вимог до повноцінності й збалансованості раціонів. Тому виникає потреба у впровадженні сучасніших методів оцінки кормів, які б ураховували особливості трансформації поживних речовин в організмі тварин та їх взаємозв'язок із процесами молокоутворення [5].

На сьогодні кормові засоби оцінюють за широким комплексом показників, серед яких вміст сирого протеїну, жиру, цукрів, сирої клітковини, кормових одиниць, обмінної, перетравної та чистої енергії лактації тощо. Одним із основних критеріїв сучасної оцінки є обмінна енергія, визначення якої значною мірою пов'язане з урахуванням вмісту сирої клітковини. Водночас існуючі підходи мають певні відмінності щодо врахування окремих структурних компонентів корму.

Окремий підхід до оцінки кормів у продукції молока ґрунтується на одночасному врахуванні сирої клітковини та геміцелюлози. На відміну від традиційних методів, такий підхід пов'язує оцінку продуктивної дії корму з біохімічними процесами синтезу молочного білка. Синтез білка молока відбувається за рахунок амінокислот, джерелом яких є протеїн корму та бактеріальний білок мікробної біомаси рубця. При цьому для синтезу бактеріального білка можуть використовуватися небілкові компоненти корму. Оскільки амінокислоти, отримані внаслідок розщеплення протеїну корму, не можуть бути зворотно синтезовані з енергії, оцінювання корму з урахуванням валової енергії сирого протеїну та структурних вуглеводів сирої клітковини разом із геміцелюлозою має відповідне біохімічне обґрунтування [8].

Суть запропонованого методу оцінки кормів за продукцією молока полягає у визначенні кількості молока, яку потенційно можна отримати з 1 кг сухої речовини корму. Розрахунок базується на використанні показника 3,1 МДж енергії на 1 л молока та співвідношенні валової енергії сирого протеїну до валової енергії сирої клітковини корму з урахуванням геміцелюлози, кількість якої приймається на рівні 1/2 вмісту сирої клітковини досліджуваного корму [3].

Запропонований підхід передбачає врахування геміцелюлозної фракції під час визначення енергетичної цінності клітковини раціону. Це зумовлено тим, що геміцелюлоза є структурно пов'язаною з целюлозою та входить до складу клітинних стінок рослин. Важливим критерієм обґрунтованості такого способу оцінювання є величина витрат сирого протеїну на синтез 1 л молока. Висока ефективність використання протеїну для утворення молочного білка характерна, зокрема, для концентрованих кормів у раціонах високопродуктивних корів.

Використання валової енергії сирого протеїну та структурних вуглеводів для визначення продуктивної дії корму є новим підходом до його оцінювання. Врахування геміцелюлози є доцільним з огляду на її належність до структурних, або волокнистих, вуглеводів, які відіграють важливу роль у формуванні фізико-хімічних властивостей корму та процесах травлення у великої рогатої худоби [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рівень продуктивності великої рогатої худоби є одним із ключових показників ефективності молочного та м'ясного скотарства. Його формування визначається комплексом генетичних, фізіологічних та кормових факторів. Важливе місце серед них посідає породна належність тварин, оскільки кожна порода характеризується специфічними генетичними особливостями, що зумовлюють її молочну або м'ясну продуктивність, інтенсивність росту, стійкість до захворювань та адаптаційні властивості [11, 16].

Оцінювання кормової цінності трав залежно від фази їх вегетації традиційно здійснюють на основі зоотехнічного аналізу. Він передбачає визначення вологості, зольності, вмісту сирого протеїну, жиру, сирої, нейтрально-детергентної та кислотно-детергентної клітковини, лігніну, безазотистих екстрактивних речовин та інших компонентів. Важливим доповненням до хімічної оцінки є визначення сумарної кислотності органічних кислот, що характеризує наявність біологічно активних сполук у рослинній сировині та, відповідно, у готовому кормі [1].

Упродовж тривалого часу основою хімічного аналізу кормів залишаються методи, розроблені на станції Вінде в Німеччині. Відповідно до цієї системи корм оцінюють за шістьма основними показниками: вмістом води та летких сполук, золи як джерела мінеральних елементів, сирого протеїну, що включає білки, амінокислоти та небілковий азот, ефірного екстракту, до складу якого входять жири, олії, воски, смоли та пігменти, сирої клітковини, основу якої становить целюлоза, а також безазотистих екстрактивних речовин, представлених переважно крохмалем, цукрами, пектинами, геміцелюлозою та лігніном [12, 15].

Сучасні вимоги до оцінювання якості кормів, зокрема силосу, передбачають розширення переліку критеріїв за межі традиційних хімічних показників. Увага дослідників зосереджується на врахуванні біологічної активності корму, вторинних метаболітів, ферментативних процесів та його впливу на мікробіоту рубця. Застосування комплексної оцінки дає можливість точніше визначати кормову цінність силосу, прогнозувати його вплив на продуктивність тварин та ефективність використання поживних речовин [8].

Важливе значення для поживної цінності зелених кормів має фаза розвитку рослин на момент їх скошування. Заготівля кормових культур в оптимальні строки забезпечує високу перетравність сухої та органічної речовини. Зі старінням рослин та порушенням технології заготівлі перетравність корму знижується, що пов'язано передусім зі збільшенням у ньому вмісту сирої та кислотно-детергентної клітковини, лігніну і одночасним зменшенням концентрації сирого протеїну.

Крім основних поживних речовин, зелена маса кормових культур містить значну кількість органічних кислот, зокрема яблучну, лимонну та інші. У рослинах вони переважно перебувають у формі одновалентних солей калію або двовалентних солей кальцію. Найвища концентрація органічних кислот характерна для молодих рослин, які активно ростуть; у процесі дозрівання їх кількість поступово зменшується [4, 14].

Окрім традиційних показників pH, загальної кислотності, вмісту молочної, оцтової та масляної кислот, а також аміаку – доцільно враховувати перетравність сухої речовини та рівень бактеріального білка. Останній є важливим показником біологічної цінності корму та дає змогу оцінити вплив молочнокислих і пропіоновокислих бактерій, зокрема за використання біологічних консервантів. Збільшення кількості бактеріального білка може розглядатися як один із критеріїв ефективності застосування таких консервантів під час заготівлі силосу [6, 10].

Постановка завдання. Метою дослідження було теоретичне та практичне обґрунтування інноваційних підходів до оцінювання кормів за їх продуктивною дією у виробництві молока з урахуванням вмісту сирого протеїну, структурних вуглеводів, зокрема сирої клітковини та геміцелюлози, а також їхньої ролі у трансформації поживних речовин в організмі високопродуктивних корів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зерно кукурудзи займає важливе місце в годівлі високопродуктивних корів завдяки своєму високому вмісту енергії та доступності. Однак, існують різні форми обробки зерна кукурудзи, які впливають на його поживну цінність та продуктивну дію. Високий вміст крохмалю у зерні кукурудзи робить його ідеальним інгредієнтом для забезпечення енергетичних потреб тварин, особливо в періоди високої продуктивності. Крім того, зерно кукурудзи має помірний рівень протеїну, який, у поєднанні з іншими джерелами білка, сприяє оптимальному балансу раціону.

Вологе консервоване зерно кукурудзи має ряд переваг, зокрема збереження високого рівня поживних речовин завдяки мінімальній обробці. Вологе зерно

може бути консервоване різними способами, включаючи силосування, що дозволяє зберегти в ньому більшу кількість легкозасвоюваних вуглеводів та підвищити його засвоюваність у рубці. Однак вологе зерно має обмежений термін зберігання і вимагає відповідних умов для запобігання розвитку патогенних мікроорганізмів.

Сухе зерно кукурудзи відрізняється довшим терміном зберігання та стабільністю поживних характеристик. Воно менш схильне до псування та зберігає свої властивості при тривалому зберіганні, що робить його зручним для використання у великих молочних комплексах. Однак, у процесі сушіння зерна може відбуватися певне зниження його поживної цінності, зокрема вмісту вологи та деяких термолабільних компонентів.

Проведена оцінка продуктивної дії вологого консервованого зерна кукурудзи в годівлі корів в умовах молочних комплексів на поголів'ї більше 1 тис. високопродуктивних корів упродовж 120 днів (січень-квітень) при згодовуванні подрібненого вологого консервованого зерна кукурудзи й на такому ж поголів'ї корів (червень-вересень) згодовування сухого зерна кукурудзи.

Дослідження проводилися методом груп-періодів на дійному стаді корів із продуктивністю на рівні 30 л молока за добу і живою масою 600 кг чорно-рябої молочної породи. Показники молочної продуктивності корів включали середньодобовий удій (л), жирність молока (%), середньодобовий удій молока базисної жирності (3,4 %) та вміст білка в молоці. Дослідження по промивці калу корів проводили на ситах з різним діаметром вічок з метою наявності чи відсутності крупинок неперетравленого зерна кукурудзи при згодовуванні його коровам у сухому вигляді та вологого консервованого.

Встановлено, що вологе консервоване зерно кукурудзи при згодовуванні дійному стаду забезпечує вищу продукцію молока на 0,5 л натурального і на 2,5 кг молока базисної жирності. Підвищення вмісту жиру в молоці пояснюється вищою перетравністю крохмалю вологого консервованого зерна в рубці порівняно із перетравністю крохмалю сухого зерна, а також підвищення перетравності сухих речовин об'ємистих кормів у складі раціону. Дослідженнями встановлено, що в калі корів, які споживали консервоване вологе зерно кукурудзи, крупинок неперетравленого зерна не виявлено, тоді як у калі корів, які споживали сухе зерно, були крупинки неперетравленого сухого зерна.

Технологія консервування неподрібненого вологого зерна кукурудзи є перспективною для впровадження в господарствах по виробництву молока і яловичини. Основним аргументом технології є менші витрати енергії на консервування вологого зерна й одержання вищого рівня продуктивності порівняно зі згодовуванням коровам сухого зерна.

Різні гібриди кукурудзи з різними властивостями ендосперму можна консервувати й силосувати при вологості від 25 % до 40 % при обробленні органічними кислотами, або мікробними інокулянтами, або іншими консервантами й зберігати в полімерних рукавах, мішках (біг-бегах), засіках, траншеях, бункерах або інших спорудах, що обмежують доступ кисню, і все це класифікується як «кукурудза з високою вологістю».

Енергетичне значення вологого зерна кукурудзи оцінюється на 5–10 % більше, ніж сухої кукурудзи однакових гібридів. Більш високі показники енергії для вологого зерна кукурудзи в годівлі корів у першу чергу обумовлені більшим перетравленням крохмалю в рубці та в шлунково-кишковому тракті порівняно із сухою кукурудзою. Вища засвоюваність крохмалю кукурудзи з високою вологістю призводить до збільшення виробництва молока [8]. При розщепленні крохмалю

поглинання глюкози бактеріями рубця є миттєвим. Згодовування консервованого вологого зерна кукурудзи змінює місце перетравлення крохмалю. Більше крохмалю, від 65 до 85 %, перетравлюється в рубці з вологого зерна кукурудзи, ніж із сухого. Молочні корови перетравлюють близько 50 % крохмалю в рубці для сухої кукурудзи, а решта крохмалю перетравлюється в тонкому і товстому кишечнику. Отже, швидкість перетравлювання в рубці крохмалю вологого зерна кукурудзи вища, ніж сухої. Засвоюваність поживних речовин вологого зерна кукурудзи може різко змінюватись у процесі зберігання.

Зерно кукурудзи складається з трьох основних частин: насіннєва оболонка (навколоплідда), зародок і ендосперм. Ендосперм становить приблизно 75–80 відсотків зерна кукурудзи за масою і містить крохмаль. Однак крохмаль в ендоспермі не єдиний, він знаходиться в матриці з білками-накопичувачами, так званими проламінами або протеїном зеїну. Ці білки є природним пластиком, який не розчиняється у воді або рубцевій рідині. Таку суміш крохмалю та білка часто називають крохмально-білковою матрицею. Зерно кукурудзи з гібридів із вмістом сирого протеїну більше 10,0 %, ймовірно, більш склоподібне й може містити більше кремнистих генів. Білки в зерні кукурудзи виконують функцію, подібну до лігніну, оскільки гідрофобні (проламін-зеїнові) білки інкапсулюють крохмаль, знижуючи його засвоюваність [10].

Більш склоподібні частини крохмально-білкової матриці легко розпізнаються, як «маленькі жовті чипси» в меленій сухій кукурудзі. Ці білки зв'язують гранули крохмалю разом, і ступінь зв'язування змінює ефективність подрібнення кукурудзи та площу поверхні для прикріплення бактерій у рубці. У кукурудзі ці білки (зеїн) складають від 50 % до 60 % загального білка. Зеїнові білки не знаходяться всередині гранул крохмалю, а знаходяться на поверхні або зовні крохмальних гранул. Крохмально-білкові матриці, що мають вигляд жовтих, блискучих або скляних, класифікуються як напівпрозорі або склоподібні. У недавньому дослідженні [12] дослідницька група моніторила частку зеїнових білків у крохмально-білковій матриці вологого зерна кукурудзи протягом тривалого періоду зберігання-силосування (240 днів). Ферментація знизила всі протеїни зеїну в крохмально-білковій матриці між 10 % і 40 %.

Оскільки протеїни зеїну відповідають за зшивання крохмальних гранул разом, деградація цих білків силосними бактеріями (протеоліз) у вологому зерні кукурудзи спричинила роз'єднання скупчень крохмальних гранул (розпадання) у результаті ферментації.

Численні дослідницькі проекти продемонстрували негативну залежність між сирим протеїном та розпадом крохмалю. Взаємозв'язок логічний, оскільки чим вищий вміст білка, тим більша ймовірність того, що гідрофобні білки охоплюють крохмаль. Вміст сирого білка в гібридах кукурудзи коливається від 7,5 % до 12,5 % (на суху речовину). Як рослинні, так і мікробні протеази в силосі здатні руйнувати рослинні білки до пептидів і вільних амінокислот [5].

Дослідження з ефективності використання консервованого вологого зерна кукурудзи порівняно із сухим проводили на дійному стаді корів в умовах племзаводу «Літинський» с. Громадське Літинського району Вінницької області. Під час закладки вологого зерна кукурудзи вологістю 27–30 % вносили, з розрахунку на 1 тонну зерна, 30 кг хлористого натрію (кухонної солі) та 20 г бактеріального інокулянту «Пропікомб» у 7–8 л води. Сіль вносилась у зернову масу окремо в сухому вигляді. Вологе зерно з-під комбайна закладали в засіки об'ємом 150 тонн. Для закладки вологого зерна кукурудзи використовували зернонавантажувач ЗПС-60.

Закладене вологе зерно кукурудзи герметично вкривали по периметру засіка і зверху плівкою товщиною 200 мкм. Плівку зверху притискали шаром зерна ячменю, сапонітом або крейдою товщиною 5–10 см.

Утримання корів безприв'язне, боксове, з автоматичним напуванням, доїння – у доїльному залі. Кормосуміш з об'ємистих і концентрованих кормів та мінеральних добавок готували й роздавали змішувачем-кормороздавачем. Загальнозмішані раціони для дійних корів складали з використанням довідкових даних та з урахуванням фактичної поживності кормів за допомогою комп'ютерної програми Excel при запланованому рівні продуктивності 30 кг молока за добу та живої маси корів 600 кг. Схема досліду з оцінки продуктивної дії вологого консервованого зерна кукурудзи порівняно із сухим представлена в таблиці 1.

Для визначення молочної продуктивності проводили щоденний облік удою молока від корів із визначенням молочного жиру й білка на аналізаторі молока ЕКОМІЛК.

Таблиця 1

Схема досліду з оцінки продуктивної дії вологого консервованого зерна кукурудзи порівняно із сухим

Період досліду	Місяць досліду	Кількість тварин, голів	Характеристика годівлі дійних корів
І-й (120 днів, дослід)	січень	1078	Раціон складався з 0,75 кг сіна злакового, 8,0 кг сінажу люцерни, 30 кг кукурудзяного силосу, 2,25 кг макухи соєвої, 1,25 кг білкової добавки «Профід», 0,5 кг шроту соняшникового, 1,45 кг дерті сухої кукурудзи, 5,45 кг подрібненої консервованої вологої кукурудзи, 1,0 кг меляси бурякової, мінеральних добавок та кухонної солі в консервованому зерні кукурудзи.
	лютий	1109	
	березень	1140	
	квітень	1135	
ІІ-й (120 днів, контроль)	червень	1143	Раціон складався з 0,75 кг сіна злакового, 8,0 кг сінажу люцерни, 30 кг кукурудзяного силосу, 2,5 кг макухи соєвої, 1,5 кг білкової добавки «Профід», 6,0 кг дерті сухої кукурудзи, 1,0 кг меляси бурякової, мінеральних добавок і кухонної солі.
	липень	1179	
	серпень	1208	
	вересень	1210	

У виробничих умовах Племзаводу «Літинський» с. Громадське Літинського району Вінницької області у 2024 році проведено заготівлю вологого зерна кукурудзи в обсязі 600 тонн. Закладене в засіки ціле вологе консервоване зерно кукурудзи мало високу органолептичну оцінку (табл. 2).

Обробка хлористим натрієм у поєднанні з бактеріальним інокулянтом «Пропікомб» вологого зерна кукурудзи зумовлює перерозподіл вільної води з внутрішніх структур зерна на зовнішню його поверхню, що сприяє створенню плівки з високою концентрацією водного розчину солі, це сприяє розвитку пропіоновокислих бактерій, які стійкі до високої концентрації солі, та підвищує утворення молочної, пропіонової та оцтової кислоти, що забезпечують консервувальну дію.

Таблиця 2

Хімічні показники якості консервованого вологого зерна кукурудзи

Показник	Значення
Суха речовина, %	72,9
pH	4,04
Аміачний азот, мг%	33,6
Етиловий спирт, %	0,01
Загальна кислотність, %	1,49
Оцтова кислота	0,26
Молочна, %	1,11

Висока концентрація солі також підвищує розчинність слаборозчинних білків (зеїну) зерна кукурудзи, що сприяє вивільненню з білкових капсул скловидного крохмалю і його високої перетравності в рубці. Отже, у вологому зерні зберігаються поживні речовини на рівні 96 %. Цей технологічний прийом консервування вологого зерна забезпечує зменшення енергозатрат у 5–6 разів у грошовому обчисленні порівняно з висушуванням такого зерна на різних сушильних агрегатах.

Раціон дійних корів у перший період досліду містив у своєму складі 5,45 кг вологого консервованого зерна кукурудзи, що в перерахунку на суху речовину становило 3,97 кг. У раціоні корів другого періоду вологе зерно було замінено на сухе зерно кукурудзи в кількості 6 кг, а на суху речовину – 5,17 кг (табл. 3).

Таблиця 3

Склад та поживність раціонів годівлі дійних корів живою масою 600 кг (норма для удою 30 л, у середньому на голову за добу)

Показник	Період досліду	
	I-й (120 днів, дослід)	II-й (120 днів, контроль)
Сіно злакове, кг	0,75	0,75
Сінаж люцерновий, кг	8,0	8,0
Силос кукурудзяний, кг	30,0	30,0
Соєва макуха, кг	2,25	2,5
Профід (білкова добавка), кг	1,25	1,5
Шрот соняшниковий, кг	0,5	–
Кукурудза суха (86,2 % сухої речовини), кг	1,45 (1,25 СР)	6,0 (5,17 СР)
Кукурудза консервована (72,9 % сухої речовини), кг	5,45 (3,97 СР)	–
Цехавіт Кауфіт (премікс), кг	0,2	0,2
Буфер, кг	0,18	0,18
Крейда кормова, кг	0,12	0,12
Меляса бурякова, кг	1,0	1,0
Румісан,25, кг	0,1	0,1
Сіль кухонна, кг	–	0,1
У раціоні міститься:		
Обмінної енергії, МДж	267,7	266,6
Сухих речовин, г	22333	22400
Сирого протеїну, г	3681	3647

Продовження таблиці 3

Показник	Період досліду	
	I-й (120 днів, дослід)	II-й (120 днів, контроль)
Нерозщеплюваного протеїну, г	1225	1172
Цукру, г	1299	1311
Крохмалю, г	6807	6501
Сирого жиру, г	791	744
Сирої клітковини, г	3057	3049
Кальцію, г	215	221
Фосфору, г	100	70

Досліди з оцінки продуктивної дії вологого консервованого зерна на дійних коровах були проведені в перший зимово-весняний період 2023 року тривалістю 120 днів у племзаводі «Літинський» на всьому дійному стаді корів. Для порівняння молочної продуктивності у другий літньо-осінній період також тривалістю 120 днів згодовували сухе зерно кукурудзи.

Показники молочної продуктивності корів при згодовуванні консервованого зерна кукурудзи у складі раціону порівняно із сухим зерном наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Показники молочної продуктивності корів при згодовуванні консервованого зерна кукурудзи порівняно з сухим

Період досліду				+– до II-го періоду	% до II-го Періоду
I-й (дослід)		II-й (контроль)			
Середньодобовий удій (л):					
січень	26,9 ± 0,4	червень	28,3 ± 0,4		
лютий	27,1 ± 0,4	липень	26,6 ± 0,5		
березень	28,2 ± 0,7	серпень	27,0 ± 0,3		
квітень	29,0 ± 0,8	вересень	27,2 ± 0,4		
Середнє за період	27,8 ± 0,5	Середнє за період	27,3 ± 0,4	+0,5	101,8
Жирність молока (%):					
січень лютий березень квітень	3,918 ± 0,018 3,857 ± 0,018 3,801 ± 0,012 3,732 ± 0,011	червень липень серпень вересень	3,630 ± 0,013 3,406 ± 0,014 3,536 ± 0,019 3,788 ± 0,016		
Середнє за період	3,83 ± 0,04*	Середнє за період	3,59 ± 0,08	+0,24	106,69
Середньодобовий удій молока базисної жирності (3,4 %) (л):					
січень лютий березень квітень	31,0 ± 0,5 30,8 ± 0,6 31,6 ± 0,8 31,8 ± 0,7	червень липень серпень вересень	30,2 ± 0,4 26,7 ± 0,6 28,1 ± 0,4 30,3 ± 0,5		
Середнє за період	31,3 ± 0,2*	Середнє за період	28,8 ± 0,9	+2,5	108,7

Продовження таблиці 4

Період досліду				+– до ІІ-го періоду	% до ІІ-го Періоду
І-й (дослід)		ІІ-й (контроль)			
Вміст білка в молоці (%):					
січень лютий березень квітень	3,213 ± 0,009 3,189 ± 0,009 3,194 ± 0,008 3,181 ± 0,010	червень липень серпень вересень	3,094 ± 0,007 3,133 ± 0,010 3,230 ± 0,009 3,323 ± 0,006		
Середнє за період	3,194 ± 0,007	Середнє за період	3,195 ± 0,051	–0,001	99,969

Дослідження з промивки калу корів на ситах з різним діаметром вічок показали відсутність крупинок неперетравленого зерна при згодовуванні їм подрібненого консервованого вологого зерна кукурудзи у складі раціону, що пояснюється дією кухонної солі в процесі зберігання вологого зернофуражу.

При згодовуванні в складі раціону в середньому 5,45 кг подрібненого консервованого зерна кукурудзи коровам, більше 1000 голів дійного стада, упродовж 120 днів середньодобовий удій натурального молока був на 0,5 кг і на 2,5 кг молока базисної жирності вищим порівняно із згодовуванням сухого зерна в кількості 6 кг на такому ж поголів'ї впродовж також 120 днів. Різниця складає 0,5 кг натурального або 2,5 кг молока базисної жирності. На поголів'ї 1000 корів – це становить 2500 л молока базисної жирності і при реалізаційній ціні 15 грн. за 1 л молока – це складає 37,5 тис. прибутку порівняно до згодовування сухого зерна.

Коли вологе зерно кукурудзи добре ферментується, скупчені крохмальні гранули розпадаються на окремі менші гранули крохмалю, оскільки не залишається функціонального гідрофобного білка, який би утримував їх разом. У сухому зерні кукурудзи або у погано ферментованому вологому зерні кукурудзи крохмальні гранули склеюються в скупчення і бактерії рубця мають меншу площу для перетравлення крохмалю. У міру того, як скупчення гранул крохмалю розпадаються, засвоюваність вологого зерна кукурудзи in vitro постійно покращується. Це спостереження свідчить про те, що засвоюваність вологого зерна кукурудзи постійно змінюється, унаслідок чого засвоюваність кукурудзи стає динамічним показником, а не фіксованою величиною [7, 16].

На основі проведеного аналізу необхідно зробити висновок, що технологія консервування неподрібненого вологого зерна кукурудзи є перспективною для впровадження в господарствах по виробництву молока і яловичини. Основним аргументом технології є менші витрати енергії на консервування вологого зерна й одержання вищого рівня продуктивності порівняно із згодовуванням коровам сухого зерна. Недоліком технології є використання консервованого зерна в годівлі корів тільки в осінньо-зимово-весняний період, а в літні місяці необхідно використовувати сухе зерно. Проте цей недолік можна усунути при використанні полімерних рукавів і заглиблених земляних траншей для закладки та консервування розробленим консервантом неподрібненого вологого зерна в цих сховищах.

Продуктивність корів, особливо високопродуктивних, значною мірою залежить від якості та збалансованості їхнього раціону. Одним із ключових компонентів у годівлі таких тварин є протеїн, який забезпечує синтез молочних білків і сприяє загальному обміну речовин. Оцінка продуктивної дії протеїну кормів

є важливим аспектом для оптимізації годівлі, підвищення молочної продуктивності та підтримки здоров'я тварин. Високопродуктивні корови потребують значної кількості протеїну, щоб забезпечити не лише виробництво великої кількості молока, але й підтримання своїх фізіологічних функцій. Протеїн, що надходить із кормом, розщеплюється в організмі тварини до амінокислот, які використовуються для синтезу молочних білків. Недостатнє надходження протеїну може призвести до зниження продуктивності, втрати маси тіла, а також до порушень репродуктивної функції.

Сучасна оцінка продуктивної дії протеїну різних видів кормів для корів базується на показниках розчинності, розщеплюваності та захищеності в рубці. Більша частина протеїну різних кормів та інших азотовмісних речовин розщеплюється в рубці. Небілкові азотовмісні речовини також розпадаються з утворенням аміаку, який переходить у катіон МИ4+. Мікроорганізми рубця частково використовують для утворення власного протеїну амінокислоти й пептиди ферментованих кормів, а значна частина амінокислот (власне мікроорганізмів) утворюється із зазначених вище джерел амонію та азотовмісних сполук мікроорганізмів рубця. У середньому 15 г мікробіального протеїну припадає на 1 МДж чистої енергії лактації корму, який ферментується в рубці. При цьому мікроорганізми синтезують усі незамінні амінокислоти, тому склад сирого протеїну кормів для жуйних не має такого значення, як для моногастричних тварин. Розщеплюються у межах 55–75 % сирого протеїну в рубці корів соєвий шрот, сухий жом, кукурудзяний глютеновий концентрат, пивна дробина й зерно кукурудзи. На 65–85 % розщеплюється сирий протеїн кукурудзяного силосу, соняшникового та ріпакового шроту, а також кормові дріжджі. Високу розщеплюваність на рівні 75–95 % має свіжа трава, трав'яний силос, зерно пшениці, ячменю, вівса, гороху й кормових бобів.

В основу нового принципу оцінки продуктивної дії протеїну кормів для високопродуктивних корів покладено вміст незамінних амінокислот у білку молока до їх умісту в кормах раціону. Так, уміст незамінних амінокислот у білку молока один до одного збігається з умістом цих самих амінокислот у мікробіальному протеїні рубця (рис. 1).

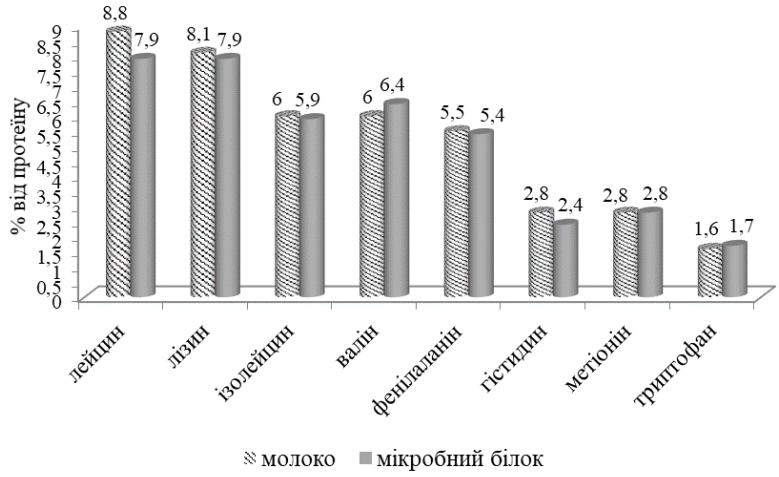


Рис. 1. Уміст незамінних амінокислот у білку молока та мікробіальному білку

Базою для проведення досліджень було дослідне господарство «Олександрівське» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. У господарстві було сформовано 3 технологічні групи корів-аналогів української молочної чорнорябої породи з продуктивністю 30 л середньодобового надою. Корови були на 2–3-му місяці лактації, по 30 голів у кожній групі. Контрольні надої проводили щодекади від 10 корів з кожної групи.

Раціон для корів усіх трьохгруп і його оцінку в продукуванні молока наведено в таблиці 5.

В основі високобілкових кормів була макуха соняшникова й соя екструдована. З метою вивчення впливу макухи соняшникової і соєвої та сої експандованої на молочну продуктивність, вміст білка, жиру й сечовини в молоці коровам І групи індивідуально кожній із 30 корів після роздачі суміші кормів раціону в період ранкової і вечірньої годівлі давали по 0,5 кг макухи соняшникової (разом за добу – 1 кг); ІІ групі за такою самою схемою – 1 кг макухи соєвої і ІІІ групі – аналогічно 1 кг сої експандованої повножирової. Зрівняльний період тривав 10 днів, а основний – із 23 березня по 25 травня.

Таблиця 5

Раціон та оцінка кормів у продукуванні молока за сирим протеїном і крохмалем із цукром

Назва корму	Кількість натурального корму, кг	Вміст сухих речовин, кг	У кормі міститься % на суху речовину			Продукування молока (кг) За			
			сирий протеїн	крохмаль + цукор	СК	сирий протеїн	%	крохмаль + цукор	%
Кукурудзяний силос	25,0	6,25	7,6	5,6	30,0	2,64	10,1	2,92	10,2
Сінаж люцерновий	12,0	5,4	15,2	5,5	28,3	4,83	18,4	2,47	8,6
Сіно люцернове	1,0	0,83	14,3	3,5	30,5	0,65	2,5	0,24	0,85
Січка ячмінно-пшенична	2,0	1,66	5,9	0,3	39,9	0,41	1,6	0,41	1,45
Дерть кукурудзяна	4,0	3,4	9,8	68,2	5,0	3,81	14,5	19,3	67,35
Макуха соняшникова	2,5	2,25	36,0	9,7	14,3	9,26	35,3	1,82	6,35
Соя екструдована	1,5	1,35	30,0	13,3	6,0	4,63	17,6	1,5	5,2
Сіль	0,12	0,11	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-
Бікарбонат натрію	0,08	0,07	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-
Усього	48,2	21,1	-	-	-	26,23	100,0	28,66	100,0
Додаткове згодовування									
І група – макуха соняшникова	1,0	0,9	36,0	9,7	14,3	3,70		0,73	
Усього	49,2	22,0				29,93		29,39	
ІІ група – макуха соєва	1,0	0,9	38,0	13,3	6,0	3,91		1,0	
Усього	49,2	22,0				30,14		29,66	
ІІІ група – соя експандована повножирова	1,0	0,9	25,0	5,8	7,8	2,57		0,43	
Усього	49,2	22,0				28,80		29,09	

Контрольні надої проводили щодекади індивідуально від 10 корів кожної групи, а також валовий надій молока в групі. Уміст білка та жиру в молоці визначали на приладі «Екомілк», а сечовини – за розробленою методикою.

У макусі соняшниковій і соєвій, сої екструдованій і експандованій визначено вміст сирого протеїну, а в об'ємистих кормах і зерні кукурудзи – вміст цукрів і сирого протеїну. Встановлено також уміст незамінних амінокислот у кормах, білку молока й мікробіальному білку.

Після проведення 4-х контрольних надоїв від 10-ти облікових корів із кожної групи та валового надою молоко від 30 корів усіх 3-х груп було встановлено, що найвищу молочну продуктивність мали корови II групи, які одержували додатково до основного раціону 1 кг макухи соєвої, а найнижчу – корови III групи, які одержували додатково 1 кг сої експандованої. Аналогічними були й показники валового надою в кожній групі. Стосовно вмісту білка в молоці корів усіх 3-х груп різниця була не істотною, тоді як уміст жиру був найвищим у корів, які додатково одержували сою експандовану (табл. 6).

Таблиця 6

Продуктивність корів за контрольними надоями

Показник	Контрольне доїння				Середнє
	1	2	3	4	
I (контрольна група)					
Добовий надій, л	28,35±0,67	28,85±0,86	29,40±0,65	29,20±0,84	29,0
Жир, %	3,71±0,19	3,83±0,19	3,79±0,11	3,70±0,18	3,80
Білок, %	3,03±0,04	2,94±0,06	3,03±0,04	3,02±0,04	3,00
Сечовина, мг%	27	30	28	27	28
II (дослідна група)					
Добовий удій, л	29,90±1,01	29,20±0,84	30,20±0,81	30,10±1,29	29,9
Жир, %	3,53±0,17	3,68±0,13	3,50±0,11	3,40±0,07	3,52
Білок, %	3,00±0,06	3,02±0,08	3,00±0,06	3,00±0,06	3,00
Сечовина, мг%	24	27	28	25	26
III (дослідна група)					
Добовий удій, л	26,90±0,74	27,60±0,96	28,00±0,62	28,10±1,40	27,7
Жир, %	3,67±0,17	3,92±0,16	3,77±0,09	3,70±0,08	3,76
Білок, %	2,96±0,05	2,98±0,06	2,96±0,05	2,90±0,04	2,95
Сечовина, мг%	17	16	17	18	17

Логічно виникає питання: яка ж причина в нижчому продукуванні молока й вищому вмісті жиру? Адже корови цієї групи одержували менше сирого протеїну і на таку саму величину більше сирого жиру. В 1 кг сої експандованої повножирової містилося менше сирого протеїну і більше сирого жиру порівняно до 1 кг макухи соєвої, яку одержували корови II групи. Для відповіді на це питання коровам II групи макуху соєву замінено на сою експандовану повножирову, а III групі – сою експандовану замінено на макуху соєву. За такої заміни соєвих кормів проведено 2 контрольні надої з визначенням умісту білка, жиру й сечовини в молоці корів усіх груп.

Результати проведених контрольних надоїв підтвердили попередню закономірність, а саме: молочна продуктивність корів III групи, які одержували додатково

макуху соєву замість сої експандованої повножирової, була найвищою. Вміст жиру в молоці корів ІІ групи також був найвищим. Отже, макуха соєва підвищує молочну продуктивність корів, тобто стимулює синтез молока в молочній залозі, а соя експандована повножирова зменшує продукування молока, але підвищує вміст жиру. Оцінка кормів у продукуванні молока за сирим протеїном і крохмалем із цукром свідчить, що раціон збалансовано за сирим протеїном і легкоферментованими вуглеводами і забезпечує одержання середньодобового надою на рівні 26 л молока за сирим протеїном і 28,7 л за крохмалем із цукром.

Додаткове згодовування І групі корів 1 кг макухи соняшникової підвищує продуктивність до 29 л молока за показниками контрольних надоїв, а аналогічне згодовування 1 кг макухи соєвої ІІ групі підвищує продукування молока до 30 л середньодобового надою також за показниками контрольних надоїв, тоді як за згодовування коровам ІІІ групи такої самої кількості сої експандованої повножирової продукування молока становило тільки 27,7 л.

Зіставлення на графіку вмісту незамінних амінокислот у білку молока і в сухому зерні кукурудзи свідчить про те, що низький вміст лізину в зерні кукурудзи є підтвердженням необхідності максимального ферментного розщеплення поживних речовин і сирого протеїну в рубці корів для синтезу мікробіального протеїну (рис. 2).

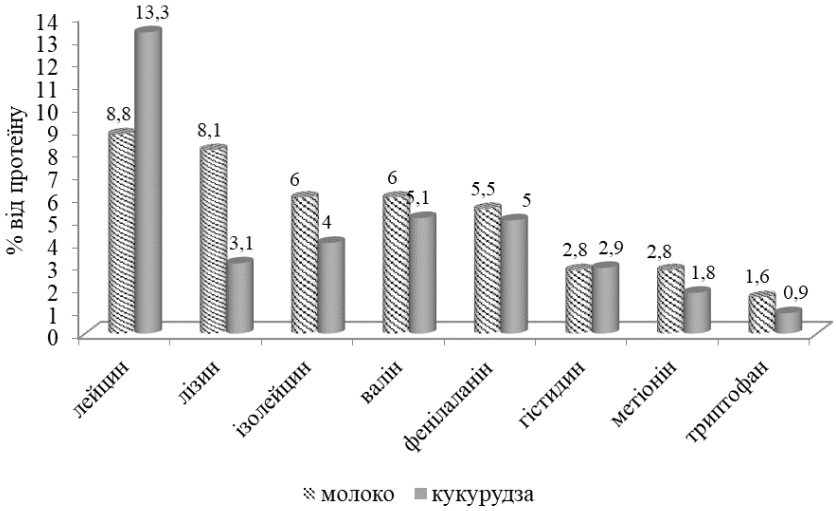


Рис. 2. Уміст незамінних амінокислот у білку молока та зерні кукурудзи

Так, за потрапляння термічнообробленого зерна кукурудзи в тонкий кишечник корови протеїн розщеплюватиметься до амінокислот, які будуть усмоктуватись у кров'яне русло, але синтез білка молока буде низьким – на рівні лізину в ньому. Сухе зерно кукурудзи, висушене на будь-яких сушарках, за згодовування високопродуктивним коровам матиме меншу продуктивну дію, ніж консервоване вологе зерно.

Уміст незамінних амінокислот білка молока, силосу кукурудзи та її зерна практично ідентичний (рис. 3).

Високий уміст лейцину і низький лізину свідчать, що силос із кукурудзи також має бути максимально ферментованим у рубці для синтезу мікробіального протеїну.

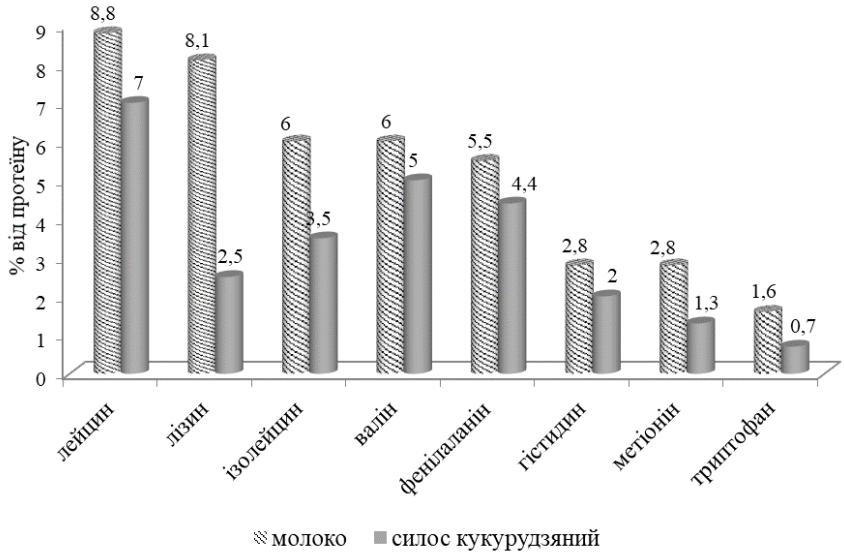


Рис. 3. Уміст незамінних амінокислот у білку молока та силосі кукурудзяному

Протеїн (білок) кормів ферментується мікроорганізмами через стадію амінокислот до аміаку, який використовується бактеріальною популяцією для росту. Рівень використання аміаку на синтез бактеріального протеїну (білка) залежить від кількості доступної енергії, звільненої піда час ферментації вуглеводів. У середньому на кожні 100 г органічних речовин, ферментованих у рубці, синтезується 20 г бактеріального протеїну (білка), кількість якого може змінюватися від 400 до 1500 г за добу. Вміст протеїну в бактеріях становить 38–55 %. Протеїн об'ємистих кормів розщеплюється в рубці на 60–80 %, а концентратів – на 30–60 % [1].

Під час лактації молочні залози потребують значної кількості амінокислот, метаболізм яких є досить складним процесом. Одні амінокислоти можуть бути перетворені в інші або використані для одержання енергії в процесі окиснення, проте переважна більшість амінокислот, які всмокталися з крові молочними залозами, використовуються для синтезу білка молока.

Розщеплюваний у рубці протеїн є джерелом азоту для мікроорганізмів, які використовують його для синтезу амінокислот і власного білка. Після розщеплення в тонкому кишечнику він забезпечує 50–90 % потреби корів у амінокислотах. За високої молочної продуктивності синтез білків молока з амінокислот білків мікроорганізмів становить лише 40–50 %, решта має забезпечуватися негідролізованим у рубці протеїном раціону. Досягти цього добором кормів, як правило, неможливо. Тому з метою захисту протеїну від розщеплення в рубці проводять обробку кормів, особливо високобілкових, різними фізичними та хімічними способами. Одним із найпоширеніших методів зменшення розщеплюваності протеїну є екструдування.

Висновки та пропозиції. У першому періоді досліду до раціону дійних корів включали 5,45 кг вологого консервованого зерна кукурудзи, що відповідало 3,97 кг сухої речовини. У другому періоді дослідження цей кормовий компонент було замінено сухим зерном кукурудзи в кількості 6 кг, або 5,17 кг сухої речовини.

Така схема дала можливість порівняти продуктивну дію зерна кукурудзи за різних способів його заготівлі та зберігання.

У період лактації молочна залоза характеризується високою потребою в амінокислотах, які надходять із кровотоком і беруть участь у складному комплексі метаболічних перетворень. Частина амінокислот може трансформуватися в інші сполуки або залучатися до енергетичного обміну шляхом окиснення. Водночас основна частина амінокислот, що надходять до молочної залози з крові, використовується безпосередньо для синтезу білків молока, визначаючи таким чином ефективність використання протеїну корму для формування молочної продукції.

Таким чином, оцінка продуктивної дії протеїну кормів повинна враховувати не лише його загальну кількість у раціоні, а передусім ефективність трансформації амінокислот кормового та мікробіального походження у білок молока. Водночас енергетична забезпеченість раціону визначає інтенсивність використання протеїну та інших поживних речовин. Тому комплексне оцінювання кормів за їхньою протеїновою та енергетичною цінністю може забезпечити більш об'єктивне визначення їх продуктивної дії у високопродуктивних корів.

У практичних умовах доцільно враховувати амінокислотний склад протеїну кормів під час формування раціонів високопродуктивних корів для підвищення ефективності використання поживних речовин і виробництва молока.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гноєвий І.В. Консервовані корми за цілорічно однотипної годівлі високопродуктивних корів. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини.* 2013. Вип. 25 (1). С. 157–161.

2. Голубенко Т.Л., Чудак Р.А., Скоромна О.І., Разанова О.П., Огороднічук Г.М., Главатчук В.А. Продуктивність і племінна цінність корів молочних порід української та зарубіжної селекції. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2023. № 132. С. 281–289. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.34.

3. Дімчя Г.Г., Майстренко А.Н., Петренко В.І. Концептуальні принципи годівлі високопродуктивних корів у період сухостою. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* 2015. № 9. С. 134–138.

4. Козир В.С., Дімчя Г.Г., Майстренко А.Н. Організація раціональної годівлі худоби. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* 2014. № 6. С. 143–145.

5. Кулик М.Ф., Скоромна О.І., Гончар Л.А., Зелінська І.П. Новий метод оцінки кормів в продукції молока. *Корми і кормовиробництво.* 2021. № 92. С. 137. DOI 10.31073/kormovyrobnytstvo202192-13.

6. Новітні норми, раціони і технології повноцінної годівлі високопродуктивної великої рогатої худоби [керівництво-посібник] / [Г.О. Богданов, В. М. Кандиба, І. І. Ібатуллін та ін.]; за ред. Г.О. Богданова та В. М. Кандиби. Х., 2010. 119 с.

7. Петренко В.І., Дімчя Г.Г., Майстренко А.Н. Норми і раціони годівлі сухостійних корів та їх удосконалення. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 4. С. 168–173.

8. Разанова О.П. Продуктивність і племінна цінність корів української чорно-рябої молочної породи різних ліній племрепродуктора Вінниччини. *Аграрна наука та харчові технології.* 2019. Вип. 4 (107). Т.2. С. 93–104.

9. Разанова О.П., Фаріонік Т.В., Голубенко Т.Л., Колечко А.В. Фенотипові показники маточного поголів'я джерсейської породи. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія «Сільськогосподарські науки».* 2023. Т. 25. № 99. С. 157–162. https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9926.

10. Разанова О.П., Чудак Р.А., Огороднічук Г.М., Скоромна О.І., Голубенко Т.Л. Інноваційний розвиток молочного скотарства в контексті підвищення виробництва молока. *Вісник Сумського національного аграрного університету (Тваринництво).* 2023. Вип. 3 (54). С. 63–70. DOI: https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2023.3.9.

11. Скоромна О.І. Оцінка високобілкових кормів у продукції молока. *Корми і кормовиробництво.* 2020. № 90. С. 157–168. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202090-14.

12. Скоромна О.І., Разанова О.П., Поліщук Т.В., Шевчук Т.В., Берник І.М., Паладійчук О.Р. Науково обґрунтовані заходи підвищення продуктивності корів молочного напряму та покращення якості сировини в умовах виробництва: монографія. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2020. 174 с.

13. Gomes A.L.M., Bueno A.V.I., Jacovaci F. A. et al. Effects of processing, moisture, and storage length on the fermentation profile, particle size, and ruminal disappearance of reconstituted corn grain. *Journal of Animal Science.* 2020. Vol. 98. No. 11. P. skaa332. https://doi.org/10.1093/jas/skaa332.

14. Junges D., Morais G., Spoto M. H. F. et al. Short communication: Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (11). P. 9048–9051. DOI: 10.3168/jds.2017-12943.

15. Tye B. M., Yang S.-Y., Eun J.-S. et al. An investigation of feeding high-moisture corn grain with slow-release urea supplementation on lactational performance, energy partitioning, and ruminal fermentation of dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*. 2017. Vol. 29. No. 4. https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0220.

16. Uden P. Plant organic acids in fresh and ensiled forage plants. *Grass andForage Science.* 2018. Vol. 73(3). P. 583–587. DOI: https://doi.org/10.1111/gfs.12361

Дата першого надходження статті до видання: 10.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 633.39:631.41:581.19
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.50

ВМІСТ КЛІТКОВИНИ У СТЕБЛОВІЙ МАСІ СИЛЬФІЮ ПРОНИЗАНОЛИСТОГО (SILPHIUM PERFOLIATUM L.), ВИРОЩЕНОГО НА РІЗНИХ ҐРУНТАХ

Алєксєєв О.О. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5807-4932
Разанов О.С. *– к.с.-г.н., доцент,*
старший науковий співробітник лабораторії екології бджіл,
Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича»
orcid.org/0000-0003-0676-5795
Разанова О.П. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5552-9356
Качинська Н.В. *– асистент,*
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького
orcid.org/0009-0006-0079-9600

Зміни природно-кліматичних факторів та енергетична нестабільність зумовлюють розширення спектра вирощування нетрадиційних для України культур, зокрема енергетичних, які одночасно поповнюють склад нектаро- та пилконосних рослин. Серед таких культур важливе місце займає сильфій пронизанолистий, що характеризується тривалим періодом цвітіння, переважно наприкінці літа та на початку осені. Використання цієї культури у нектаро-пилконосному конвеєрі бджіл у зазначений період сприяє поповненню кормової бази, що позитивно впливає на розвиток бджолиних сімей, нарощування їх сили перед зимівлею та підвищення продуктивності пасік. Крім того, сильфій пронизанолистий є перспективною багаторічною культурою, яка поєднує високу кормову, медоносну та енергетичну цінність, що робить його важливим елементом сучасних агроекосистем. Ефективність використання сильфію пронизанолистого значною мірою залежить від умов його вирощування, насамперед від ґрунтово-кліматичних особливостей. Тип ґрунту визначає рівень забезпечення рослин вологою та поживними речовинами, впливає на інтенсивність росту, накопичення органічної маси та формування біохімічного складу рослин. Вміст клітковини є одним із важливих показників якості стеблової маси, оскільки характеризує ступінь розвитку тканин, технологічні властивості біомаси та її придатність

© Алєксєєв О.О., Разанов О.С., Разанова О.П., Качинська Н.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

для використання як кормової чи енергетичної сировини. У даній статті наведено результати досліджень щодо вмісту клітковини у стебловій масі сильфію пронизанолистого, вирощеного на різних типах ґрунтів (сірий лісовий, чорнозем типовий, дерново-підзолистий). За результатами досліджень встановлено, що вміст клітковини у стебловій масі сильфію пронизанолистого залежить від типу ґрунту. Найвищі показники зафіксовано при вирощуванні культури на чорноземі типовому, тоді як найнижчі – на дерново-підзолистих ґрунтах. Вміст клітковини у стебловій масі сильфію пронизанолистого становив на сірих лісових ґрунтах – 11,94–12,36 %, на чорноземі типовому – 13,73–14,27 %, на дерново-підзолистих ґрунтах – 10,94–11,53 %. Отримані результати підтверджують доцільність вирощування сильфію пронизанолистого на високородючих ґрунтах для отримання максимальної продуктивності та якісної рослинної сировини.

Ключові слова: *ґрунти, вирощування, енергетичні культури, нектаропилконосні рослини, типи ґрунтів, нектаропродуктивність, біомаса, продуктивність, якість сировини.*

Alieksieiev A.A., Razanov O.S., Razanova O.P., Kachynska N.V. Fiber content in the stem mass of cup plant (Silphium perfoliatum L.) grown on different soils

Changes in natural and climatic factors and energy instability lead to an expansion of the spectrum of cultivation of non-traditional crops for Ukraine, in particular energy crops, which simultaneously replenish the composition of nectar- and pollen-bearing plants. Among such crops, an important place is occupied by the sylphia pendulous, which is characterized by a long flowering period, mainly in late summer and early autumn. The use of this crop in the nectar-pollen conveyor of bees during the specified period contributes to the replenishment of the feed base, which has a positive effect on the development of bee colonies, increasing their strength before wintering and increasing the productivity of apiaries. In addition, the sylphia pendulous is a promising perennial crop that combines high fodder, honey and energy value, which makes it an important element of modern agroecosystems. The effectiveness of the use of the sylphia pendulous largely depends on the conditions of its cultivation, primarily on soil and climatic features. The type of soil determines the level of moisture and nutrients provided to plants, affects the intensity of growth, the accumulation of organic mass and the formation of the biochemical composition of plants. The fiber content is one of the important indicators of the quality of the stem mass, since it characterizes the degree of tissue development, the technological properties of biomass and its suitability for use as a feed or energy raw material. This article presents the results of research on the fiber content in the stem mass of Silphium pendulous, grown on different types of soils (gray forest, typical chernozem, sod-podzolic). According to the results of the research, it was established that the fiber content in the stem mass of Silphium pendulous depends on the type of soil. The highest indicators were recorded when growing the crop on typical chernozem, while the lowest ones were recorded on sod-podzolic soils. The fiber content in the stem mass of Silphium pendulous was 11.94–12.36% on gray forest soils, 13.73–14.27% on typical chernozem, and 10.94–11.53% on sod-podzolic soils. The results obtained confirm the feasibility of growing Silphium pendulous on highly fertile soils to obtain maximum productivity and high-quality plant raw materials.

Key words: *soils, cultivation, energy crops, nectar-pollinated plants, soil types, nectar productivity, biomass, productivity, raw material quality.*

Постановка проблеми. Забезпечення бджільництва достатньою кормовою базою є важливим заходом в успішному розвитку даної галузі. Медоносна та пилконосна рослинність формує основні джерела кормів для медоносних бджіл і водночас слугує сировиною для виробництва основних продуктів бджільництва – меду, перги, маточного молочка та інших продуктів. Медоносні рослини забезпечують бджіл нектаром, який є вихідною речовиною для утворення меду, та пилком – джерелом білка, необхідного для нормального розвитку молодих бджіл, а також сприяють забезпеченню продуктивності сімей у цілому [6, 19]. Нектар і пилок мають вирішальне значення для забезпечення високих медозборів і життєдіяльності бджіл упродовж літньо-осіннього сезону активності комах. Нектар і квітковий пилок не тільки є кормом медоносних бджіл, але й сировиною для виробництва продовольчої продукції, зокрема, меду, перги, маточного молочка та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кормова база бджільництва формується під впливом багатьох культурних і дикорослих медоносів, які різняться за тривалістю цвітіння, медопродуктивністю та видовим складом. Особливо перспективним напрямом у формуванні кормової бази бджільництва є введення в агроекосистему нових медо- та кормоносних культур, включно з так званими енергетичними рослинами, які мають тривалі періоди цвітіння і значний нектаропродуктивний потенціал [1, 8, 13]. Одними з таких культур є сильфій пронизанолистий, мальва пенсільванська та інші, які набувають поширення в польових сівозмінах України.

Сильфій пронизанолистий (родина айстрових) є цінним медоносом і відзначається тривалим періодом цвітіння, що починається в другій половині літа й може тривати до пізньої осені (до 50 діб), і характеризується високою нектаропродуктивністю на одиницю площі [3, 11, 12]. Характерним для сильфію пронизанолистого є виділення нектару протягом усього світлового періоду доби та тривалий період цвітіння. За даними польових спостережень, медопродуктивність посівів цієї рослини може сягати 100–360 кг нектару з гектара, що робить її важливою складовою кормової бази для бджіл у період, коли інші медоноси вже завершують цвітіння. Квіти сильфії містять нектар та пилок, який активно використовують бджоли, що сприяє забезпеченню потреб сімей протягом тривалого сезону. Перевага сильфії як медоносної культури полягає не лише в тривалості періоду цвітіння, але й у її високій адаптивній здатності та невибагливості до умов вирощування. Вона росте на різних типах ґрунтів, має потужну вегетативну масу і може забезпечувати значні ресурси нектара та пилку навіть за менш сприятливих погодних умов. Період цвітіння припадає на фазу зниженого природного забезпечення бджіл нектаром і пилком, зокрема на початок осені. Це позитивно впливає на розвиток бджолиних сімей та інтенсивність нарощування їх сил перед зимівлею, забезпечуючи стійкий рівень кормової забезпеченості у пізній сезон. Мед, отриманий з нектару сильфію пронизанолистого, відзначається стійкістю до кристалізації, що підвищує його товарну цінність і зберігає споживчі властивості протягом тривалого часу. Морфологічно сильфій характеризується потужним стеблом та квітами діаметром 5–8 см, зібраними у суцвіття-кошики, які містять квіти двох типів. Процес цвітіння квітів відбувається послідовно: спочатку квітнуть зовнішні квітки кошиків, а потім цвітіння поступово переходить до центру. Тривалість та інтенсивність цвітіння значною мірою залежать від погодних умов, і за сприятливих умов культура може цвісти до пізньої осені [9, 12]. Така особливість забезпечує продовження періоду медозбору, стимулює активне нарощування чисельності бджолиних сімей перед зимівлею та поповнює їх кормові запаси. Культура стійка до зимових заморозків та літньої посухи і менше залежить від атмосферних опадів [16]. Незважаючи на те, що багато досліджень фокусуються на використанні сильфії як енергетичної культури або кормової для тваринництва, її властивості як джерела кормів для бджіл роблять її значущою для підвищення біорізноманіття агроландшафтів та покращення кормової бази пасік [17, 18, 22].

Відомо, що вирощування сильфію позитивно впливає на фізико-хімічні властивості ґрунту, зокрема сприяє підвищенню у ґрунті гумусу та формуванню водостійких агрегатів [7, 23]. Добре розвинена коренева система рослини сприяє зменшенню інтенсивності водної ерозії, а також перешкоджає вимиванню з верхнього шару ґрунту основних елементів живлення, необхідних для росту рослин. За суцільних посівів сильфій проявляє виражену конкурентоспроможність щодо бур'янів, що дозволяє істотно зменшити або повністю уникнути застосування хімічних засобів

захисту рослин від бур'янів і шкідників. Продуктивність сильфії пронизанолистої значною мірою залежить від ґрунтових умов і рівня удобрення [4, 14].

Доведено, що сильфій пронизанолистий характеризується високою екологічною пластичністю та може ефективно вирощуватися на радіоактивно забруднених дерново-підзолистих ґрунтах Житомирського Полісся, сприяючи зменшенню вмісту важких металів у ґрунті без їх надмірного накопичення в надземній біомасі [5]. Результати досліджень, проведених Sumalan L. [20], свідчать про високу здатність рослин сильфії пронизанолистої до поглинання та селективного накопичення важких металів. Ними встановлено, що дана культура може ефективно акумулювати Cu, Zn, Cd та Pb з ґрунту, що обумовлює її перспективність у процесах фіторемедіації забруднених територій. При цьому селективність накопичення дозволяє обмежувати транслокацію шкідливих речовин у надземні органи та регулювати їх розподіл у рослині. Такий підхід не лише знижує техногенне навантаження на ґрунтовий покрив, але також сприяє збереженню екологічної рівноваги в агроекосистемах, що є важливим фактором сталого землеробства. Крім екологічних переваг, сильфій має значну кормову цінність [10]. Так, у 100 кг зеленої маси скошеного сильфію у фазу бутонізації міститься до 23 корм.од. та близько 2,8 кг перетравного протеїну [8, 13, 21]. Це робить його перспективною культурою для використання не лише у бджільництві як медонос, але також у тваринництві як високоякісна кормова рослина.

Крім кормового та медоносного значення, сильфій пронизанолистий використовується і в екологічних цілях. Зокрема, його висаджують для відновлення деградованих агроекосистем та територіях, забруднених важкими металами [15]. Добре розвинена коренева система цієї рослини сприяє стабілізації ґрунтового профілю, зменшенню ерозії та накопиченню органічної речовини, що покращує ґрунтову структуру і відновлює родючість земель. Крім того, сильфій здатний поглинати і частково фіксувати токсичні елементи, зменшуючи їх міграцію у ґрунтовий горизонт та забезпечуючи безпечніші умови для вирощування культурних рослин і утримання тварин.

У тваринництві сильфій пронизанолистий застосовується як високоякісна кормова культура для великої рогатої худоби, овець, свиней та інших видів сільськогосподарських тварин. Рослину використовують на зелений корм, для приготування силосу та виробництва трав'яного борошна, що забезпечує високу кормову цінність раціонів і сприяє підвищенню продуктивності тварин. Урожайність вегетативної маси сильфію може досягати 100 т і більше зеленої маси з 1 га, що робить його однією з найбільш продуктивних багаторічних кормових культур [3, 10, 21].

Мета дослідження було дослідити вплив ґрунтів на вміст клітковини у стебловій масі сильфію пронизанолистого на різних ґрунтах.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження з вивчення впливу ґрунтів на накопичення у стебловій масі сильфію пронизанолистого проводили на трьох типах ґрунтів: сірому лісовому, чорноземі типовому та дерново-підзолестих ґрунтах. Території угідь включали м. Коростень Житомирської області (дерново-підзолисті ґрунти), м. Гнівань Тиврівської громади (сірі лісові ґрунти), с. Станилівка Погребищанської громади Вінницької області (ґрунт чорнозем типовий).

Вирощування сильфію пронизанолистого проводили відповідно до загальноприйнятої технології вирощування багаторічних енергетичних і кормових культур у ґрунтово-кліматичних умовах зони досліджень. У перший рік вегетації основну увагу приділяли боротьбі з бур'янами, яку здійснювали механічним способом шляхом міжрядного обробітку ґрунту. Застосування гербіцидів не проводили.

Мінеральні добрива як у перший рік вирощування, так і впродовж наступних трьох років вегетації не вносили, що дозволило оцінити продуктивність культури в умовах мінімального антропогенного навантаження та без додаткового мінерального живлення.

Відбір стеблової маси для проведення лабораторних досліджень здійснювали після скошування вегетативної маси рослин в осінній період. Відбір проб проводили методом точкових проб, що забезпечує репрезентативність зразків та об'єктивність отриманих результатів. Відібрану рослинну масу подрібнювали, після чого з кожної партії стеблової маси формували середні зразки, які маркували, нумерували та транспортували для подальших досліджень до лабораторії Інститут сільського господарства Полісся. У лабораторних умовах зразки використовували для визначення відповідних показників складу та якості рослинної сировини відповідно до стандартних методик проведення агрохімічних і біохімічних досліджень [2].

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методами біометричного аналізу з використанням програми Microsoft Excel 2010. Відмінності між середніми значеннями вважали вірогідними за $P < 0,05$.

Результати дослідження та обговорення. Клітковина рослинної сировини відіграє важливу роль у фізіологічних процесах як самої рослини так і в організмі тварин у разі використання рослинної маси як кормової сировини. Вона є одним з основних структурних компонентів клітинних стінок рослин, бере участь у формуванні механічної міцності тканин, впливає на процеси росту та розвитку рослин. У годівлі сільськогосподарських тварин клітковина має велике значення для нормального функціонування травної системи, особливо у жуйних тварин, де вона стимулює процеси травлення, забезпечує нормальну роботу рубця та сприяє кращому засвоєнню поживних речовин корму.

Враховуючи те, що сильфій пронизанолистий вирощується на території України в різних ґрунтово-кліматичних умовах, зокрема на ґрунтах, які істотно відрізняються за родючістю, гранулометричним складом та агрохімічними показниками, виникає необхідність як з наукової, так і з практичної точки зору дослідити якісний та кількісний склад рослинної сировини цієї культури залежно від типу ґрунту. Це дає можливість більш об'єктивно оцінити кормову цінність рослинної маси сильфію та визначити оптимальні умови його вирощування для отримання сировини з відповідними показниками якості.

Результати проведених досліджень з вивчення вмісту клітковини у стебловій масі сильфію пронизанолистого наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Вміст клітковини у стебловій масі сильфію пронизолистого залежно від типугрунту, %

Номер зразка	Тип ґрунтів		
	сірий лісовий	чорнозем типовий	дерново-підзолистий
I	12,09	14,00	11,34
II	12,36	14,27	11,53
III	12,15	14,12	11,42
IУ	11,94	13,73	10,94
Середнє значення	12,14±0,087	14,03±0,114***	11,31±0,129***

Примітка: *** – $P < 0,001$ відмінності між групами

Отримані дані свідчать про те, що вміст клітковини у стебловій масі сильфію, вирощеного на різних типах ґрунтів, відрізнявся. Зокрема, при вирощуванні культури на сірому лісовому ґрунті вміст клітковини знаходився в межах від 11,94 % до 12,36 %, що в середньому становило 12,14 %. У стебловій масі сильфію пронизанолистого, вирощеного на чорноземі типовому, вміст клітковини був вищим і знаходився в межах від 13,73 % до 14,27 %, що в середньому становило 14,03 %. На дерново-підзолистих ґрунтах вміст клітковини у стебловій масі сильфію був дещо нижчим і знаходився в межах від 10,94 % до 11,5 %, що в середньому становило 11,31 %.

Найвищий вміст клітковини (рис. 1) виявлено у стебловій масі сильфію пронизанолистого, вирощеного на чорноземі типовому, де цей показник становив 14,0 %, тоді як найнижчий – на дерново-підзолистому ґрунті, де він становив 11,3 %.

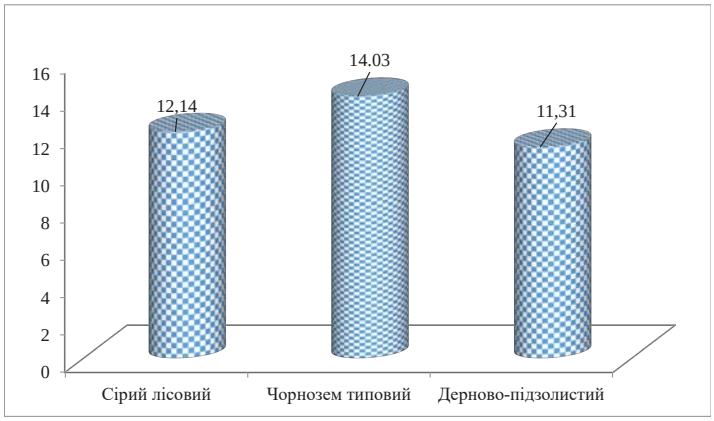


Рис. 1. Вплив типу грунту на вміст клітковини в стебловій масі сильфію пронизолистого, %

При цьому вміст клітковини у стебловій масі сильфію пронизолистого, вирощеногох на чорноземі типовому, перевищував відповідні показники рослин, вирощених на сірому лісовому ґрунті, на 1,15 п.п. ($P < 0,001$), а на дерново-підзолистому – на 1,24 п.п. ($P < 0,001$), що свідчить про істотний вплив ґрунтових умов на формування хімічного складу рослинної маси культури.

Отже, вміст клітковини у стебловій масі сильфію пронизолистого перебував у прямій залежності від типу грунтів нектаро-пилконосних угідь.

Висновок. Вміст клітковини у стебловій масі сильфію пронизолистого, вирощеного в умовах нектаро-пилконосних угідь, склав на сірих лісових грунтах 12,14 %, чорнозему типовому – 14,03 %, та дерново-підзолистому – 11,31 %. Вміст клітковини в стебловій масі сильфію пронизолистого вирощеного на чорноземі типовому виявився вищим на 1,15 % п.п. порівняно з сірим лісовим грунтом та на 1,24 п.п. з дерново-підзолистим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А. Біоенергетика в Україні: стан розвитку, бар'єри та шляхи їх подолання. *Біоенергетика.* 2014. № 1. С. 16–19.

2. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і грунтів. К.: ЗАТ «Нічлава». 2003. 320 с.

3. Красновська Я., Демчук Н. Сильфій пронизанолистий: альтернатива основним кормовим культурам, особливості вирощування та цінність. Superagronom.com. URL: https://superagronom.com/articles/475-silfiy-pronizanolistiy-alternativa-osnovnim-kormovim-kulturam-osoblivosti-viroschuvannya-ta-tsinnist (дата звернення 20.03.2026).

4. Лопушняк В.І., Ґрицуляк Г.М. Формування продуктивності сильфії пронизанолистої (Silphinium Perfoliatum L.) за різних норм внесення осаду стічних вод на дерново-підзолистих ґрунтах. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 3. С. 100–108. DOI: https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2020.212609

5. Можарівська І.А., Матвійчук Н.Г Особливості накопичення важких металів у грунті при вирощуванні Сильфінія пронизанолистого. Збірник праць учасників Міжнародної науково-практичної конференції «*Чорнобильська катастрофа. Актуальні проблеми, напрямки та шляхи їх вирішення*». 2021. С. 119–123.

6. Новгородська Н.В., Разанова О.П., Льотка Г.І. Оптимізація забезпечення безперервного нектароносного конвеєра у бджільництві. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 72–84. DOI:10.37128/2707-5826-2021-3-6

7. Осадчук Д.В., Блажей К.М., Осадчук В.Д., Нікорич В.А. Вплив різних способів вирощування кормових та енергетичних культур на параметри твердої фази сірого лісового ґрунту. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68(2). С. 81–103. https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(68)-2-6

8. Радченко М.В. Особливості вирощування сильфію пронизанолистого залежно від елементів технології. *Аграрні інновації.* 2023. №21. С.76–80. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.11

9. Світельський М.М., Іщук О.В., Фещенко В.П. Вирощування енергетичної рослини сильфію пронизанолистого (Silphium perfoliatum L.) в умовах ботанічного саду. *Сучасний стан і перспективи ефективного використання земельних ресурсів Житомирської області* : зб. ст. наук.-практ. конф., 20–21 січ. 2016 р. Житомир : Інститут сіл. госп-ва Полісся НААН України, 2016. С. 164–170.

10. Тодорова Л.В. Використання сильфії пронизанолистої в інтенсивному кормовиробництві на півдні України. *Корми і кормовиробництво*. 2003. Вип. 51. URL: http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/3342 (дата звернення 21.03.2026).

11. Тодорова Л.В. Особливості росту і розвитку сильфію пронизанолистого залежно від агрометеорологічних умов в Степовій зоні України. *Науковий Вісник НАУ*. 2007. Вип. 8. http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/3333 (дата звернення 21.03.2026).

12. Сильфія пронизанолиста. Сильна пасіка. URL: https://pasika.pp.ua/about-apiary/honey-plant/item/564-silphium-perfoliatum.html (дата звернення 21.03.2026).

13. Шевчук Р.В., Гук Б.В., Шевчук Г.М., Ювчик Н.О. Енергетична і економічна ефективність вирощування сильфії пронизанолистої на тверде біопаливо. *Біоенергетика.* 2015. № 1. С. 28–29.

14. Шевчук Р.В., Ровна Г.Ф., Кір'янчук К.І. Вплив азотних добрив на врожайність сильфії пронизанолистої за вирощування на тверде біопаливо. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2013. С. 121–123.

15. Du J., Zhang L., Ali A., Li R., Xiao R., Guo D., Liu X., Zhang Z., Ren C., Zhang Z. Research on thermal disposal of phytoremediation plant waste: Stability of potentially toxic metals (PTMs) and oxidation resistance of biochars. *Process Safety and Environmental Protection.* 2019. Vol. 125. P. 260–268. DOI:10.1016/j.psep.2019.03.035

16. Jasinskas A., Simonavičiūtė R., Šiaudinis G., Liaudanskienė I., Antanaitis Š., Arak M., Olt J. The assessment of common mugwort (Artemisia vulgaris L.) and cup plant (Silphium perfoliatum L.) productivity and technological preparation for solid biofuel. *Zemdirbyste-Agriculture.* 2014. Vol. 101. P. 19–26. DOI:10.13080/z-a.2014.101.003

17. Mueller A.L., Berger C.A., Schittenhelm S., Stever-Schoo B., Dauber J. Water availability affects nectar sugar production and insect visitation of the cup plant Silphium

perfoliatum L. (Asteraceae). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2020. Vol. 206. P. 529–537. https://doi.org/10.1111/jac.12406Digital Object Identifier

18. Peni D., Stolarski M.J., Bordiean A., Krzyżaniak M., Dębowski M. Silphium perfoliatum – A Herbaceous Crop with Increased Interest in Recent Years for Multi-Purpose Use. *Agriculture.* 2020. Vol. 10(12). № 640. https://doi.org/10.3390/agriculture10120640

19. Razanova O., Kucheriavy V., Tsaruk L., Lotka H., Novgorodska N. Productive flight activity of bees in the active period in the conditions of Vinnytsia region. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology.* 2021. Vol. 9 (4). № 2138. DOI: https://doi.org/10.31893/jabb.21038.

20. Sumalan R.L., Nescu V., Berbecea A., Sumalan R.M., Crisan M., Negrea P., Ciulca S. The Impact of Heavy Metal Accumulation on Some Physiological Parameters in Silphium perfoliatum L. Plants Grown in Hydroponic Systems. *Plants*. 2023. Vol. 12(8). № 1718. https://doi.org/10.3390/plants12081718

21. Titei V. The Perspective of Cultivation and Utilization of the Species Silphium perfoliatum L. and Helianthus tuberosus L. in Moldova. *Bulletin UASMV serie Agriculture*. 2013. Vol. 70 (1). P. 160–166.

22. Titei V. The evaluation of biomass of the Sida hermaphrodita and Silphium perfoliatum for renewable energy in Moldova. *Scientific Papers. Series A. Agronomy.* 2017. Vol. LX. P. 534–540.

23. Zhang X., Xia H., Li Z., Zhuang P., Gao B. Potential of four forage grasses in remediation of Cd and Zn contaminated soils. *Bioresource Technology*. 2010. Vol. 101. P. 2063–2066. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.11.065

Дата першого надходження статті до видання: 17.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 631.471:631.481+528.854:528.855
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.51

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОЇ МЕРЕЖІ МОНІТОРИНГУ ГУМУСНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ В УКРАЇНІ

Биндич Т.Ю. *– д.с.-г.н., старший науковий співробітник,*
провідний науковий співробітник лабораторії охорони ґрунтів від ерозії
та дистанційних методів дослідження,
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»
orcid.org/0000-0001-9098-7694
Шерстюк О.І. *– провідний інженер лабораторії охорони ґрунтів від ерозії*
та дистанційних методів дослідження,
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського»
orcid.org/0009-0002-2919-0445

Для розроблення репрезентативної, геопросторової мережі моніторингу органічного карбону ґрунту (SOC) для України запропоновано стратегію стратифікованого відбору, де в якості страти використано фізико-географічну область як достатньо інформативний рівень в системі природно-географічного районування, що характеризується певними подібністю та своєрідністю фізико-географічних процесів та умов формування SOC. Представлено результати обґрунтування та розроблення багатоетапного та високотехнологічного підходу до генерації репрезентативних систем відбору проб за допомогою латинського гіперкуба – cLHS, в якому схеми вибірки формуються за методом Монте-Карло. Запропонований підхід базується на інтеграції хмарної обробки багаторічних супутникових даних у платформі Google Earth Engine (GEE), поглибленого геоморфометричного аналізу в середовищах R і RSAGA, статистичного відбору коваріат та оптимізації просторової вибірки. Шляхом багаторівневої статистичної діагностики сформованого набору коваріатів, що включає аналіз розподілів, оцінювання парних кореляцій та багатовимірної структури варіації за аналізом головних компонент, що надає змогу уникнути мультиколінеарності в межах спільної маски валідних пікселів, формується логіка відбору коваріатів, яка забезпечує репрезентативний й науково обґрунтований відбір точок моніторингу SOC та відбір найбільш інформативних та репрезентативних предикторів для проектування вибіркової мережі. Опрацювання запропонованого підходу реалізовано на прикладі східної частини Південнопридніпровської схилово-височинної області, площею близько 1324 км^2, для якої оптимальною кількістю репрезентативної мережі обрано 50 точок відбору. Представлена методологія повністю відповідає вимогам Європейського зеленого курсу (EU Soil Monitoring Law) та Протоколу GSOC MRV ФАО ООН щодо верифікації запасів SOC та може бути рекомендовано в якості основного підходу для створення сучасної Національної системи моніторингу балансу карбону в ґрунтах України.

Ключові слова: *органічний карбон ґрунту, моніторинг ґрунтів, цифрова модель рельєфу, репрезентативна вибірка, коваріати, метод Монте-Карло.*

Byndych T.Yu., Sherstiuk O.I. Modern approaches to establishing a representative monitoring network for the humus status of soils in Ukraine

To develop a representative, geospatial monitoring network for soil organic carbon (SOC) in Ukraine, a stratified sampling strategy is proposed in which the physical-geographical region is used as a stratum – a sufficiently informative level within the system of natural-geographical zoning, characterized by certain similarities and distinct features of the physical-geographical processes and

© Биндич Т.Ю., Шерстюк О.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

conditions governing SOC formation. The results of the justification and development of a multi-stage, high-tech approach to generating representative sampling schemes using the Latin hypercube (cLHS), in which sampling schemes are generated using the Monte Carlo method, are presented. The proposed approach is based on the integration of cloud-based processing of multi-year satellite data within the Google Earth Engine (GEE) platform, in-depth geomorphometric analysis in the R and RSAGA environments, statistical selection of covariates, and optimization of spatial sampling. Through multi-level statistical diagnostics of the resulting set of covariates – including analysis of distributions, assessment of pairwise correlations, and analysis of the multidimensional structure of variation using principal component analysis, which makes it possible to avoid multicollinearity within the common mask of valid pixels – a covariate selection logic is formulated, ensuring a representative and scientifically sound selection of SOC monitoring points and the selection of the most informative and representative predictors for designing a sampling network. The proposed approach has been applied to the eastern part of the South Dnieper Slope-Upland Region, covering an area of approximately 1·324 km², for which 50 sampling points were selected as the optimal number for a representative network. The methodology presented is fully compliant with the requirements of the European Green Deal (EU Soil Monitoring Law) and the FAO's GSOC MRV Protocol regarding the verification of SOC stocks, and can be recommended as the primary approach for establishing a modern National Soil Carbon Balance Monitoring System in Ukraine.

Key words: *soil organic carbon, soil monitoring, digital elevation model, representative sample, covariates, Monte Carlo method.*

Актуальність теми дослідження. Реалізація вимог Закону України № 2973-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної системи моніторингу довкілля, інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та інформаційного забезпечення управління у сфері довкілля» від 20.03.2023 [1, статті 22, 54] потребує розроблення сучасної системи моніторингу навколишнього середовища, яка не тільки заснована на використанні новітніх, високотехнологічних систем спостережень за компонентами довкілля, але й є гармонізованою з системами моніторингу, які створені у країнах ЄС та постійно вдосконалюються. При цьому, важливою складовою національної системи моніторингу довкілля в нашій країні є організація спостережень органічного карбону у ґрунті (SOC), що визначається його винятковою значимістю для оцінювання функціонування природних ландшафтів та агроценозів, при якому вони зберігають здатність до регуляції циклів біофільних елементів як основи життєдіяльності людини та біосфери в цілому [2, с. 190–192]. Й таким чином, SOC представляється достатньо інформативним критерієм для оцінювання більшості з екологічних функцій ґрунтів (біологічної, біоенергетичної, азотно-білкової, гідрологічної та газово-атмосферної), а також для інтегральної характеристики їх стану внаслідок антропогенезу [3, с. 7–8; 4, с. 75–76; 5, с. 150]. На теперішній час, актуальність контролю SOC в нашій країні обумовлена не тільки незбалансованою землеробською діяльністю, але й практично неконтрольованим мілітарним впливом на земельні та ґрунтові ресурси, що визначає інтенсифікацію різних видів деградації ґрунтів. Особливе занепокоєння викликає актуальний стан високородючих, чорноземних ґрунтів, які представляють основу продовольчої безпеки нашої країни та поширені на територіях, які зазнали найбільшого негативного впливу від військових дій та екоциду країни-агресора. Високий вміст гумусу, нейтральний pH та значна ємність поглинання у чорноземах обумовлюють іноді дуже поступовий прояв деградаційних процесів та значну тривалість формування нового клімаксного стану таких ґрунтів. У зв'язку з цим, оперативне визначення негативних змін у SOC у ґрунтах, зокрема в чорноземах, та встановлення закономірностей просторового розподілу процесів їх деградації є актуальною науковою проблемою, яка має міждисциплінарний характер та потребує актуальної, точної інформації для

розробки комплексних, оптимальних рішень щодо впровадження ґрунтозахисних землеробських технологій та ґрунтоохоронних заходів, що поліпшують гумусовий стан ґрунтів та підвищують їх родючість.

Постановка проблеми. Створення сучасної системи моніторингу ґрунтів відноситься до напрямів інноваційної діяльності розвитку науково-технічного потенціалу країни, оскільки пов'язано з розвитком сучасних інформаційних технологій в сфері природокористування та ефективного управління земельними та ґрунтовими ресурсами. Сучасні тенденції розроблення систем моніторингу довкілля передбачають їх засновування на даних космічного сканування як об'єктивної інформаційної основи раціонального землекористування та спостережень за станом ґрунтів в межах сільськогосподарських угідь, з використанням значного комплексу показників ґрунту, що необхідні як для вирішення екологічних проблем, так й пов'язані з реалізацією сільськогосподарських проєктів [6, с. 131, 143]. Одним з найкращих аналогів створення такої системи є науково-дослідні роботи, що здійснено на початку 2000-х років, за ініціативою European Environment Agency (EEA) щодо вдосконалення основи Європейської Ґрунтової інформаційної системи [7, с. 58] та створення багатошарової бази даних за значним переліком властивостей ґрунтів шляхом використання даних космічного знімання не тільки як ефективного інструменту для розробки систем наземного випробування ґрунтів, але й для інтерпретації супутникових даних про ґрунтовий покрив (ҐП) за незначною кількістю наземних спостережень та сучасними методами аналізу інтегрованої інформації – просторового аналізу даних, агрометеорологічного та педотрансферного моделювання [7, с. 11, 13, 21; 8; 9; 10, с. 126–127].

Ключовим питанням організації сучасної системи моніторингу SOC в нашій країні є розроблення науково-обґрунтованої геомережі спостережень, що дозволяє змінити підхід від пасивного збору даних до їх активного просторово-часового аналізу (розрахунки поглинання CO_2, базові рівні, супутниковий моніторинг) та забезпечити валідацію практик сталого землеробства, інтеграцію даних з реєстрами Міндовкілля та європейським ринком вуглецевих сертифікатів у сфері Carbon farming (Carbon Removal Certification Framework – CRCF), що є критично необхідним кроком для легалізації багатьох екологічних проєктів в Україні.

У зв'язку з цим, метою проведених у 2026 році досліджень є розроблення та опрацювання сучасної методології проектування геопросторової мережі моніторингу SOC в Україні на основі даних космічного сканування та відомих у світі відкритих джерел інформації.

Для досягнення поставленої мети вирішували наступні завдання:

– аналіз існуючих у світі теоретичних та методичних основ щодо розроблення систем випробування ґрунтів на основі інтеграції даних космічного сканування з даними ґрунтових інформаційних ресурсів та вибіркових польових обстежень;

– визначення найбільш ефективного та високотехнологічного методу розробки репрезентативних вибірок, що дозволяє використовувати сучасні відкриті архіви геопросторових даних та платформи, які дозволяють автоматизувати обробку різноманітних даних та обчислювати цифрову інформацію великого об'єму;

– опрацювання обраного методу для територій, для яких відсутня або недостатня інформація щодо властивостей та гумусного стану ґрунтів.

Дослідження проводилися за фінансовою підтримкою МОН України в рамках виконання проєкту «Розроблення цифрової інформаційної системи моніторингу вуглецевого стану ґрунтів України в умовах антропогенного навантаження» (Договір № ДЗ / 188 – 2026).

Методика досліджень. Для вирішення поставлених завдань використано комплекс різноманітних методів:

– інформаційно-бібліографічний та аналітичний – для детального аналізу існуючих підходів щодо розробки систем відбору проб ґрунту на основі інтеграції даних космічного сканування з даними ґрунтових інформаційних ресурсів та вибіркових польових обстежень;

– абстрактно-логічний – для теоретичного узагальнення та формування висновків щодо сучасних тенденцій створення систем відбору проб ґрунтів на основі даних космічної зйомки та визначення найбільш ефективних підходу, методу та технології обробки різноманітних даних для формування мережі моніторингу гумусного стану ґрунтів в нашій країні;

– багатовимірний аналіз, методи геоінформаційної обробки та геостатистичного аналізу даних – для обробки та аналізу даних космічного сканування, системи вегетаційних індексів, а також для створення геопросторових шарів основних предикторів SOC, цифровізації та аналізу наявної картографічної інформації про типи ґрунтів, аналіз цифрової моделі рельєфу (ЦМР);

– статистичний – для виявлення достовірності здобутих результатів обробки даних;

– математичний (дисперсійний, регресійний, кореляційний, факторний*)* – для встановлення взаємозв'язків між основними фізико-хімічними властивостями ґрунтів та оптичними характеристиками їх поверхневого шару, а також з іншими факторами формування SOC, як основи створення репрезентативної мережі моніторингу гумусного стану ґрунтів в Україні.

Дослідження проведено з використанням багатоспектральних знімків космічного апарату Sentinel-2 [11], що надаються Європейською космічною агенцією (ESA) безкоштовно, мають просторову роздільну здатність від 10 м (у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах: B2 – B8) до 20 м (у короткохвильовому інфрачервоному та короткохвильовому діапазонах: B8a, B11, B12), мають високі радіометричну роздільну здатність – 12-біт, періодичність знімання (5 діб), а також значну ширину охоплення території (близько 290 км). Доступ до цих даних та їх обробок проведено за допомогою зручної онлайн платформи Copernicus Browser та головного порталу для завантаження атмосферно-корегованих даних Copernicus Data Space Ecosystem. В якості вихідних джерел даних також залучено ЦМР – FABDEM V1-2, очищену від впливу лісової рослинності та забудови, а також електронні карти: карта ґрунтів Української РСР у масштабі 1:750 000 (1972 р.) та карта «Ландшафти та фізико-географічне районування» у масштабі 1:2 500 000, що представлена у Національному атласі України (2007 р.) [12, с. 222–223].

Геоінформаційну обробку даних здійснено за допомогою геоінформаційних систем (ГІС) QGIS та SAGA. Більша частина цифрової обробки даних здійснено за допомогою платформи Google Earth Engine – GEE, що поєднує мультипетабайтний каталог знімків (Landsat, Sentinel та ін.) із хмарними обчислювальними можливостями для складного аналізу даних, кількісного оцінювання змін за допомогою API Python/JavaScript. Крім JavaScript використано мову програмування R (R – це мова програмування та програмне середовище з відкритим вихідним кодом, створене у 1993 році спеціально для академічного середовища, біоінформатики, фінансів та Data Science для проведення складних математичних розрахунків, статистичного аналізу, обробки даних й побудови графіків), а також електронні бібліотеки (RSaga – зв'язок R із модулями SAGA, terra – аналіз просторових даних, cLHS – умовна вибірка з латинського гіперкуба та ін.).

Результати досліджень. Для розроблення репрезентативної, геопросторової мережі моніторингу SOC в Україні проаналізовано два фундаментальні підходи до відбору проб [13, с. 5–7]: об'єктно-орієнтований (Design-based) та модельно-орієнтований (Model-based). Нагадаємо, що перший засновано на теорії ймовірностей, що дозволяє неупереджено оцінювати статистичні параметри, при якому випадковість забезпечується схемою відбору (простий випадковий відбір або стратифікована вибірка). Його перевагою є отримання незміщених оцінок, що не залежать від припущень щодо структури просторової варіації ознаки ґрунту. Другий з підходів засновано на геостатистичному аналізі, в якому значення ознаки ґрунту підпорядковуються певній математичній моделі (випадковому полю). Зазвичай цей підхід обирають у дослідженнях, для яких важливим є прогнозування локальних просторових варіацій.

На теперішній час, інформацію щодо просторового розподілу основних характеристик навколишнього середовища можна отримати відносно просто для великих територій за супутниковими даними. За наявності цих коваріат, стратегічний дизайн вибірки повинен забезпечувати охоплення повного спектру змінних навколишнього середовища, що може покращити опис властивостей ґрунту або класів ґрунту. Оскільки мета вибірки полягає в отриманні даних, які дозволяють оцінити певний статистичний параметр або зробити прогноз просторового розподілу властивостей ґрунтів на певній території, тому на початку розробки моніторингової мережі SOC здійснено пошук ефективної стратегії вибірки, яка найкращим чином використовує попередньо отриману інформацію (у випадку її наявності), оскільки відбір проб зазвичай обмежується фінансовими ресурсами.

Для розроблення репрезентативної, геопросторової мережі моніторингу SOC для України запропоновано стратегію стратифікованного відбору, який є статистично обґрунтованим методом, який передбачає поділ території на однорідні зони (страти) з подальшим відбором проб з кожної з них. Слід відзначити, що стратифікована вибірка є класичною стратегією оцінки середніх властивостей ґрунту, яка нещодавно була кодифікована в протоколах моніторингу SOC [14, с. 15–16] та за використанням окремих, сучасних методів аналізу даних здатна комбінувати переваги обох зі згаданих вище підходів. Це забезпечує високу репрезентативність та знижує похибку вимірювання запасів SOC до 30% порівняно з хаотичним відбором [15, с. 4, 9]. На нашу думку, для України як однієї з великих за площею країн Європи, логічним представляється в якості страти використовувати фізико-географічну область [16, с. 239], оскільки на цьому рівні диференціації комплексу фізико-географічних умов території враховуються геолого-геоморфологічні відмінності, що визначаються за гіпсометрією, характером розчленування рельєфу, літологічним складом антропогенних відкладів. Це обумовлює як певну подібність, так й своєрідність фізико-географічних процесів (теплового, водного режимів ґрунту) та умов, які формують SOC.

Шляхом аналізу наукових джерел також встановлено доцільність використання найбільш ефективного методу генерації репрезентативних систем відбору проб за допомогою латинського гіперкуба – cLHS, в якому схеми вибірки формуються за методом Монте-Карло з певними обмеженнями [17, с. 157–159]. Нагадаємо, що cLHS – це стратифікована випадкова процедура, яка забезпечує ефективний спосіб вибірки змінних з їх багатовимірних розподілів. Вона забезпечує повне охоплення діапазону кожної змінної шляхом максимальної стратифікації граничного розподілу. Спочатку її розробляли для цілей моделювання за методом Монте-Карло, що дозволило пізніше ефективно вибирати вхідні змінні й для комп'ютерних

моделей, тому цей метод використовувався в ґрунтознавстві та екологічних дослідженнях для оцінки невизначеності в моделях прогнозування, а також у геостатистиці для моделювання гаусівського випадкового розподілу. Важливо, що цей метод дозволяє обирати обмежену кількість ділянок за наявності певної кількості допоміжних даних. Тому cLHS представляється не тільки ефективним методом вибірки, який охоплює весь діапазон допоміжних змінних, але й процесом оптимізації, що забезпечує репрезентативність вибірки при меншій кількості симуляцій порівняно з простим випадковим відбором. На теперішній час у літературі обговорюються можливості вдосконаленої стратегії розробки систем відбору проб ґрунту за cLHS, як стратегії розробки вибірки на основі багатьох існуючих шарів й геопросторових даних [18, с. 13–15]. За результатами сумісного аналізу результатів використання cLHS з іншими методами генерації вибірок визначено, що cLHS є найефективнішим способом відтворення розподілу змінних, який підвищує точність прогнозування та гарантує, що згенеровані, навчальні вибірки адекватно відображають складні, різноманітні умови навколишнього середовища в ландшафті, покращуючи традиційні підходи до створення систем відбору проб [17, с. 163–164].

Для проєктування геопросторової мережі моніторингу SOC в Україні за cLHS розроблено багатоетапний методологічний підхід, що реалізує збір та статистико-математичний аналіз багатовимірних просторових даних (дані дистанційного зондування Землі, ЦМР, категоріальні дані), а також алгоритмічну оптимізацію вибірки (рис. 1).

На першому етапі в середовищі Google Earth Engine (GEE) за допомогою спеціально розробленого алгоритму мовою JavaScript, шляхом відбору, фільтрації та маскування різночасових супутникових зображень Sentinel-2 сформовано контрольований набір спектральних предикторів для моделювання мережі відбору проб з метою виділення лише тих ділянок сільськогосподарських земель, де сигнал поверхні репрезентує саме ґрунт, а не рослинність чи змішані покриви.

Результатом цього етапу є побудова медіанного композиту для пікселів відкритого ґрунту та експорт фінального набору шарів для подальшого аналізу: маски ґрунтового шару, спектральних каналів і похідних індексів, релевантних для виявлення відкритого ґрунту, зокрема NDVI, NBR2, BSI та інших допоміжних метрик.

На другому етапі в середовищі R із залученням інструментів RSAGA на основі FABDEM було сформовано набір похідних топографічних коваріатів, які фактично представляють процесно-орієнтовану структуру ландшафту, без урахування якої моніторингова мережа перетворюється лише на статистичне покриття території без урахування потенційних механізмів формування просторової мінливості SOC. До таких змінних належать ключові морфометричні характеристики рельєфу, які широко використовуються в ГІС для опису умов перерозподілу вологи, акумуляції матеріалу та розвитку ҐП (Slope, Aspect, Plan curvature, Profile curvature, Flow accumulation, Topographic wetness index). Результатом цього етапу є також перевірка геометричної сумісності всіх шарів та експорт фінального набору топографічних коваріатів для наступного статистичного відбору та застосування методу cLHS.

На третьому та четвертому етапах в середовищі R проводиться статистична діагностика сформованого набору коваріатів: аналіз розподілів, оцінювання парних кореляцій і багатовимірної структури варіації (аналіз головних компонент), що надає змогу уникнути мультиколінеарності в межах спільної маски валідних пікселів, побудувати логіку відбору коваріатів, яка забезпечує більш репрезентативний й науково обґрунтований відбір точок моніторингу SOC та відібрати

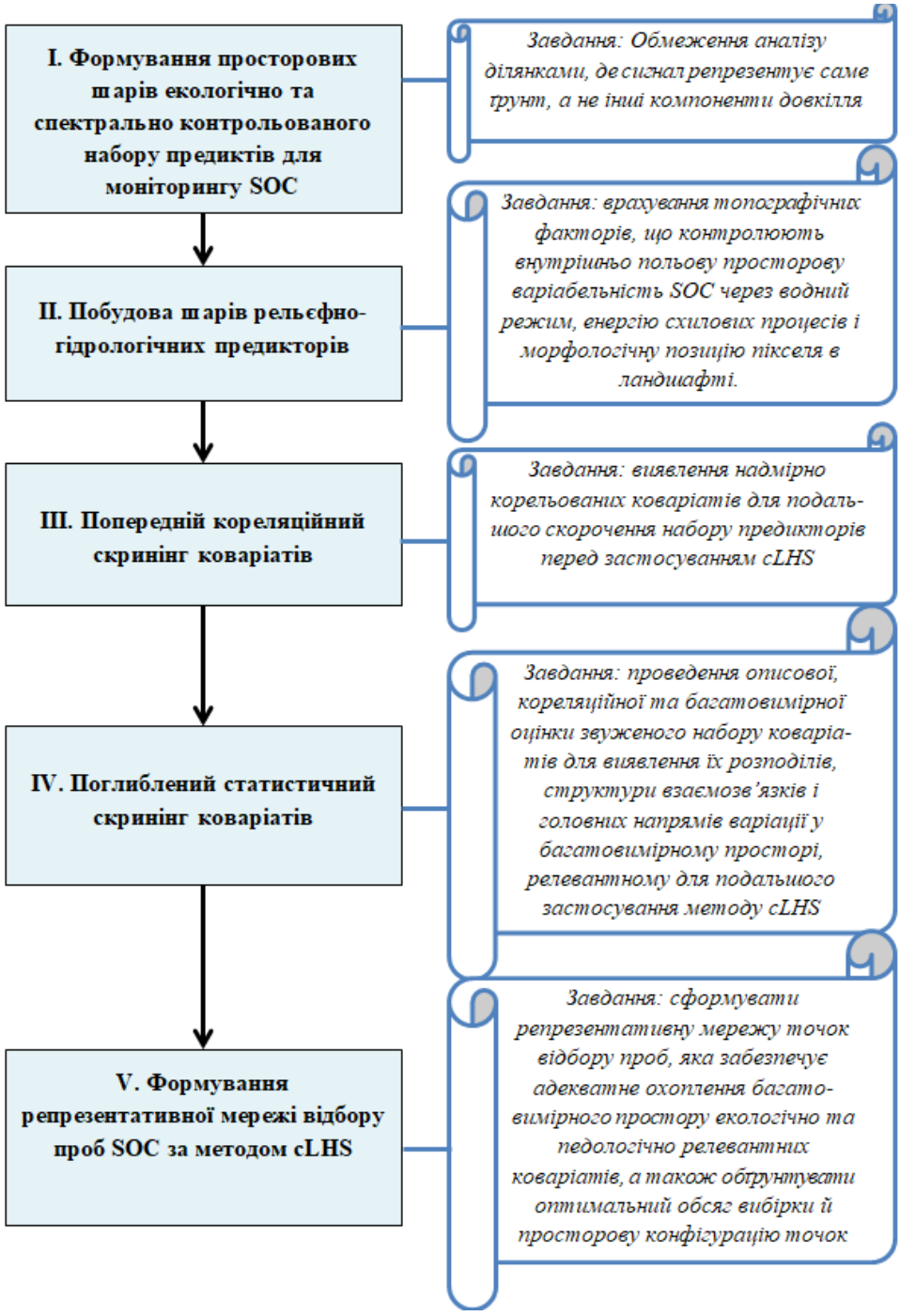


Рис. 1. Логіко-структурна схема формування репрезентативної мережі моніторингу SOC за методом cLHS

найбільш інформативні та репрезентативні предиктори для проектування вибіркової мережі.

На завершальному етапі, в середовищі R із використанням методу cLHS, здійснено оптимізований добір точок відбору проб ґрунту, із урахуванням як розподілів окремих коваріатів, так і покриття багатовимірного простору ознак та просторової конфігурації точок.

Зокрема, після попереднього скорочення набору змінних cLHS застосовувався для формування альтернативних вибірок різного об'єму, які мали максимально відтворювати розподіли безперервних і категоріальних коваріат у генеральній сукупності валідних пікселів, а також забезпечувати належне покриття багатовимірного простору ознак. Якість кожного варіанта вибірки оцінювали за кількома групами критеріїв: відповідністю розподілів «генеральна сукупність / вибірка» за статистикою Колмогорова-Смирнова, збалансованістю представлення ґрунтових класів, покриттям простору ознак за метрикою відстані до найближчого сусіда, просторовою розосередженістю точок, збіжністю цільової функції, а також положенням вибірки в просторі головних компонент (PCA coverage plots) відносно всієї генеральної сукупності. Такий комплексний підхід надає змогу обґрунтувати оптимальний розмір і просторову конфігурацію вибірки, що найкраще відображають просторову мінливість умов формування SOC.

Таким чином, запропонований підхід базується на інтеграції хмарної обробки супутникових даних у GEE, геоморфометричного аналізу в R і RSAGA, статистичного відбору коваріатів та оптимізації просторової вибірки за методом cLHS, що забезпечує науково обґрунтоване формування мережі моніторингу SOC.

В результаті опрацювання представленого методологічного підходу для територій з недостатньою кількістю інформації про властивості ґрунтів, що розташовано у різних регіонах нашої країни, згенеровано точні географічні координати місць відбору проб ґрунту (або закладки дослідних ділянок) для спостережень за вмістом SOC.

Для прикладу наведемо спроектовану мережу для східної частини Південнопридніпровської схилово-височинної області, площею близько 1323,5 км^2 (або 1 323 510 га), що представлено на рисунках 1та 2. Накладання точок на тривимірну модель поверхні дозволяє наочно проаналізувати, що згенеровані за методом точки моніторингової мережі охоплюють усі елементи рельєфу: вододіли, верхні, середні та нижні частини схилів, враховують схили різних експозицій (рис. 2).

Електронна база даних для побудованої мережі моніторингу SOC за методом cLHS вміщує крім точних географічних координат, ще значення усіх використаних предиктів, що можна вважати корисним для налагодження довготривалих спостережень за ґрунтами за супутниковою інформацією.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, в результаті досліджень розроблено та опрацьовано достатньо технологічний методологічний підхід до проектування моніторингової мережі SOC за методом cLHS, який базується на інтеграції хмарної обробки супутникових даних у GEE, геоморфометричного аналізу в R і RSAGA, статистичного відбору коваріатів та оптимізації просторової вибірки з математичною точністю, що цілком відповідає науково обґрунтованим підходам до формування репрезентативної мережі точок відбору проб та спостережень, які відомі у природознавчих науках.

Автоматизований процес підготовки коваріат (від спектральних індексів до складних морфометричних показників рельєфу), використання хмарних обчислень для обробки великих масивів даних забезпечує відтворюваність підходу,

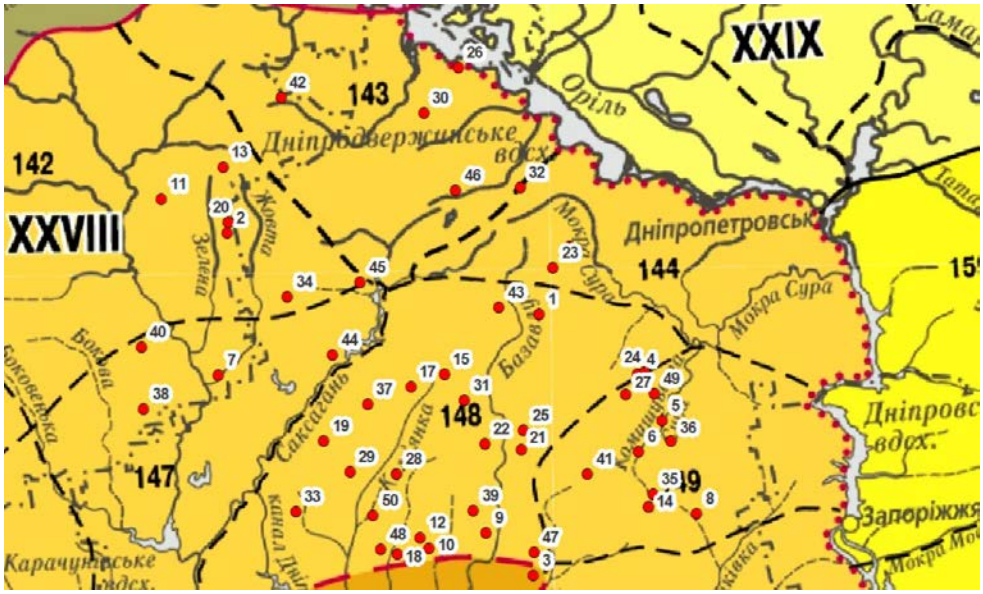


Рис. 2. Геопросторова мережа моніторингу SOC для Південнопридніпровської схилово-височинної області, розробленої за cLHS (в якості основи фрагмент карти «Ландшафти та фізико-географічне районування» у масштабі 1:2 500 000 [12, с. 222–223])

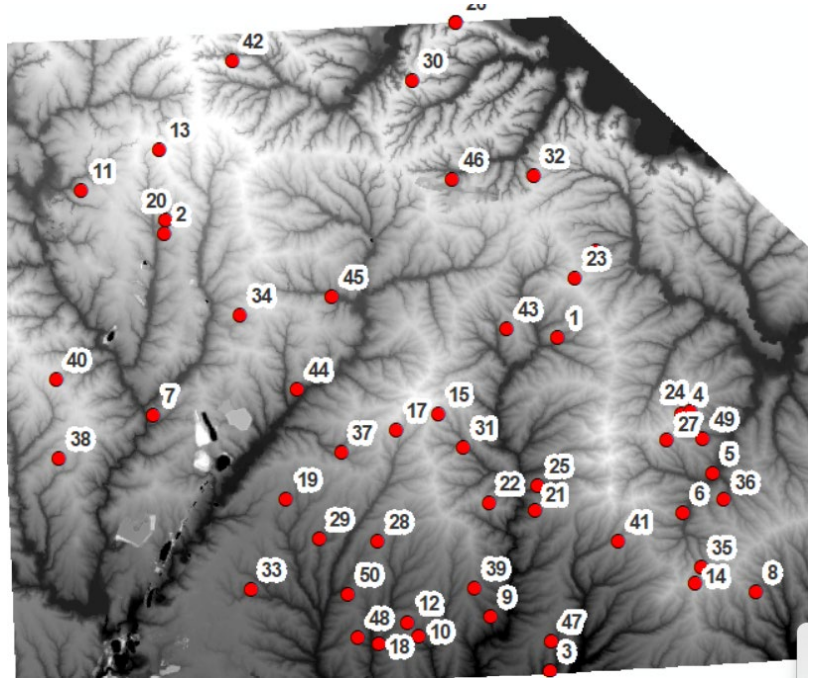


Рис. 3. Розташування точок спостережень за SOC для Південнопридніпровської схилово-височинної області, що представлено на основі ЦМР

його масштабування для території будь якої площі та повністю відповідає вимогам Європейського зеленого курсу (Green Deal) та ФАО ООН (Протокол GSOC MRV щодо вимірювань та верифікації SOC, 2020), тому може бути рекомендовано в якості основного підходу для створення сучасної Національної системи моніторингу балансу вуглецю в ґрунтах України.

Згенеровані, репрезентативні точки моніторингової мережі доцільно представляти як «еталонні» для створення моделей машинного навчання, які можна використовувати для динамічного картографування вмісту SOC за регулярно поновлюваною супутниковою інформацією про стан агроценозів.

До найближчих перспектив розвитку представленого підходу є поступове відпрацювання розробленого алгоритму на більш детальному територіальному рівні, що відповідає фізико-географічним районам (в якості нової страти), що дозволить перейти від аналізу регіональних трендів зміни SOC до отримання точних, прикладних результатів, підвищенні точності просторово-часового моделювання SOC під впливом глобальних змін клімату та різних систем землеробства, що сприятиме трансформуванню теоретичних, прогностичних моделей у високоточний інструмент управління ґрунтовими ресурсами.

Окремим напрямом розвитку представленого підходу є створення з часом, на основі розробленої мережі, системи стаціонарних ділянок для довгострокового моніторингу ґрунтів (з вимірюваннями комплексу властивостей ґрунтів кожні 3–5 або 10 років).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Закон України № 2973-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної системи моніторингу довкілля, інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та інформаційного забезпечення управління у сфері довкілля» від 20.03.2023. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2973-20.

2. Grace J. Understanding and managing the global carbon cycle. Journal of Ecology. 2004. Vol. 92. Is. 2. P. 189-202. URL: https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00874.x.

3. Балюк С.А., Мірошниченко М.М., Медведєв В.В. Вісник аграрної науки. 2018. №11 (788). С. 5-12. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2018_11_01.pdf.

4. Шум І.В., Бедернічек Т.Ю. Екологічна якість ґрунту: критерії оцінювання. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.1. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_18/72_Szum.pdf С. 72-80.

5. Wiesmeier M. et al. Soil organic carbon storage as a key function of soils – A review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma*. 2019. Vol.333. P.149-162. URL: https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.026.

6. EUR 16232 - European Land Information Systems for Agro-environmental Monitoring /D. King, R. J.A. Jones, A.J. Thomasson (eds.) Luxembourg: Office for Official Publications of the European Community 1995 – 11, 286 pp. URL: https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/esb_rr/n01_EUR16232.pdf.

7. King D. et al. The EU soil geographic database. In: European Land Information Systems for Agro-environmental Monitoring. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Community 1995. P.43-60. URL: https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/esb_rr/n01_EUR16232.pdf

8. Vossen P., Meyer-Roux J. Crop monitoring and yield forecasting activities of the MARS Project. In: European Land Information Systems for Agro-environmental Monitoring. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Community 1995. P.11-29. URL: https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/esb_rr/n01_EUR16232.pdf.

9. Le Bas C, King D., Daroussin Joël J. A tool for estimating soil water available for plants using the 1:1,000,000 scale soil geographical data base of Europe. Geo-information for sustainable land management. Enschede, Netherlands, 1997. ⟨hal-02771892⟩. URL: https://hal.inrae.fr/hal-02771892v1/document.

10. Jones R.J.A., Hollis J.M. Pedotransfer rules for environmental interpretations of the EU Soil Database. In: Soil databases to support sustainable development./C. Le Bas and M. Jamagne (eds.). INRA-JRC, 1996. 149 p. P. 125-133. URL: https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/esb_rr/n02_EUR16371.pdf

11. The Copernicus Data Space Ecosystem Browser. URL: https://browser.dataspace.copernicus.eu

12. Ландшафти та фізико-географічне районування [Карта] /розроб. І.А. Байдіков та ін.; наук. кер. Л. Г.Руденко // Національний атлас України / НАН України, Ін-т географії [та ін.]; голов. ред. Л.Г. Руденко; масштаб 1:2 500 000. Київ: ДНВП «Картографія», 2007. С. 222–223. URL: http://wdc.org.ua/atlas

13. Brus D.J, de Gruijter J.J. Random sampling or geostatistical modelling? Choosing between design-based and model-based sampling strategies for soil (with Discussion) *Geoderma*. 1997. Vol. 80. P. 1-44 URL: https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00072-4

14. Oldfield, E.E. 2021. Agricultural soil carbon credits: Making sense of protocols for carbon sequestration and net greenhouse gas removals. Environmental Defense Fund, New York, New York. 2021. 42 p. URL: https://static1.squarespace.com/static/624462cacbbb2344369f30d1/t/67abf256d0c2f63409641a8d/1739321944317/agricultural-soil-carbon-credits-protocol-synthesis.pdf

15. Potash E. et al. Multi-site evaluation of stratified and balanced sampling of soil organic carbon stocks in agricultural fields. *Geoderma*. 2023. Vol. 438. Art. 116587. P. 1-10. URL: https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116587

16. Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України: Підручник. К.: Знання, 2005. 511с.

17. Minasny B., McBratney A.B. Latin Hypercube Sampling as a Tool for Digital Soil Mapping. *Developments in Soil Science*. 2006. Vol. 31. P. 153-165. URL: https://doi.org/10.1016/S0166-2481(06)31012-4

18. Huang B., Yang G., Lei J. et al. A partitioned conditioned Latin hypercube sampling method considering spatial heterogeneity in digital soil mapping. *Scientific reports*. Vol. 15. Art.12851. P. 1-25. URL: https://doi.org/10.1038/s41598-025-95631-5

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 631.4:595.4:595.7
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.52

АНАЛІЗ СТАНУ ВИВЧЕНОСТІ ПЕДОБІОНТНОЇ МЕЗОФАУНИ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ, КРАЇНАХ ЧОРНОМОРСЬКОГО РЕГІОНУ. ОГЛЯДОВА СТАТТЯ

Бурикіна С.І. *– к.с.-г.н., ст. досл.,*
завідувач відділу агрохімії, ґрунтознавства та органічного виробництва,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-5197-6586
Ужевська С.П. *– к.б.н., доцент,*
провідний науковий співробітник відділу агрохімії, ґрунтознавства
та органічного виробництва,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-9827-6210
Руденко В.А. *– д.філос.,*
науковий співробітник відділу агрохімії, ґрунтознавства
та органічного виробництва,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-8651-7689
Жук М.М. *– к.с.-г.н., ст. досл.,*
с.н.с. відділу агрохімії, ґрунтознавства
та органічного виробництва,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0007-6651-6949
Дзівінська Н.О. *– м.н.с. відділу агрохімії, ґрунтознавства*
та органічного виробництва,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0008-8978-2999

У статті узагальнено стан вивченості педобіонтної мезофауни Чорноморського регіону з акцентом на південно-степову зону України, Румунію, Болгарію, Туреччину та Молдову, які входять до організації Чорноморського економічного співтовариства. Наукові джерела, знайдено через Google та Google Scholar, з пріоритетом праць, що містять цифрові показники видової різноманітності, чисельності, структури угруповань

© Бурикіна С.І., Ужевська С.П., Руденко В.А., Жук М.М., Дзівінська Н.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

та реакції мезофауни на землекористування, погодні умови, урбанізацію й агротехнічний вплив. Педобіонтну мезофауну розглянуто як сукупність ґрунтових і підстилкових безхребетних середнього розмірного класу, передусім Acari, Collembola та пов'язаних з ними груп мікроартропод, які виконують функції біоіндикаторів стану ґрунтового середовища. Показано, що країни регіону відрізняються не стільки реальним рівнем біорізноманіття, скільки інтенсивністю й напрямами досліджень: у Молдові найбільш послідовно розроблена колембололоігічна школа; у Румунії добре представлені екологічні й індикаторні дослідження кліщів та комплексів ґрунтової фауни; в Україні накопичені локальні матеріали щодо орібатид, колембол і тарсонемід, однак просторове покриття залишається нерівномірним; у Туреччині активно нарощується фауністична база колембол; у Болгарії наявні контрольні списки та окремі агроекологічні спостереження, але бракує порівнюваних довготривалих досліджень. Наведено таблиці за опублікованими цифровими даними.

Визначені перспективи досліджень, які, на думку авторів, полягають у стандартизації методики, охопленні агроландшафтів, синхронному сезонному моніторингу, поєднанні мезофауни з фізико-хімічними параметрами ґрунту та створенні спільної бази даних країн Чорноморського регіону.

Ключові слова: *мікроартроподи, Acari, Collembola, Oribatida, ґрунтова біота, Чорноморський регіон, біоіндикація, землекористування.*

Burykina S.I., Uzhevska S.P., Rudenko V.A., Zhuk M.M., Dzivinska N.O. Analysis of the current state of knowledge regarding pedobiont mesofauna in the Southern Steppe of Ukraine, countries the Black Sea region. Review article

The article summarizes the current state of research on the soil-dwelling mesofauna of the Black Sea region, focusing on the southern steppe zone of Ukraine, as well as Romania, Bulgaria, Turkey, and Moldova–countries that are members of the Organization of the Black Sea Economic Cooperation. Scientific sources were identified using Google and Google Scholar, prioritizing studies that provide quantitative data on species diversity, abundance, community structure, and the mesofauna's response to land use, weather conditions, urbanization, and agricultural practices. Soil-dwelling mesofauna is defined as the assemblage of medium-sized soil and litter invertebrates–primarily Acari, Collembola, and associated microarthropod groups–that serve as bioindicators of the soil environment's condition. It is shown that the countries of the region differ not so much in their actual levels of biodiversity as in the intensity and direction of research: Moldova, for instance, has the most consistently developed school of collembolology; ecological and indicator studies of mites and soil fauna assemblages are well represented in Romania; in Ukraine, local data on oribatid mites, collembolans, and tarsonemid mites have been accumulated, though spatial coverage remains uneven; Turkey is actively expanding its faunistic database on collembolans; and Bulgaria possesses checklists and isolated agro-ecological observations but lacks comparable long-term datasets. Tables based on published numerical data are presented.

Research prospects identified by the authors include the standardization of methodology, the inclusion of diverse agricultural landscapes, synchronous seasonal monitoring, the integration of mesofauna data with soil physicochemical parameters, and the creation of a shared database for Black Sea region countries.

Key words: *microarthropods, Acari, Collembola, Oribatida, soil biota, Black Sea region, bioindication, land use.*

Вступ. Педобіонтна мезофауна є одним із найменш видимих, але функціонально важливих компонентів наземних екосистем. До неї належать ґрунтові організми, що мешкають у поровому просторі ґрунту, підстилці, мохах, розкладених рослинних рештках, ризосфері й верхніх гумусових горизонтах. У практиці ґрунтово-зоологічних досліджень до мезофауни найчастіше відносять мікроартропод – кліщів Acari та колембол Collembola, а також енхітреїд, дрібних личинок комах і близькі за екологічними функціями групи. Їхній розмір невеликий, але екологічний вплив значний: вони подрібнюють органічні рештки, регулюють грибні та бактеріальні угруповання, беруть участь у формуванні трофічних мереж і впливають на швидкість мінералізації та стабілізації органічної речовини.

Для Чорноморського регіону така тема має особливе значення. Україна, Молдова, Румунія, Болгарія і Туреччина охоплюють різні природні зони – степи, лісостепи, гірські ліси, заплави великих річок, морські узбережжя, міські зелені зони та агроландшафти. Усі ці середовища перебувають під дією спільних факторів: аридизації клімату, зростання частоти посух, інтенсифікації сільського господарства, урбанізації, фрагментації природних біотопів, інвазії рослин і локального забруднення. Саме мезофауна швидко реагує на зміну вологості, ущільнення ґрунту, вмісту органічних решток і хімічного навантаження, тому її доцільно розглядати не лише як об'єкт фауністичного опису, а і як індикатор функціонального стану ґрунтових екосистем [17, 28, 30, 39, 40].

Мета огляду – проаналізувати стан вивченості педобіонтної мезофауни в країнах Чорноморського регіону, визначити основні таксономічні та екологічні напрями досліджень, узагальнити цифрові результати щодо чисельності й різноманіття, а також окреслити прогалини, важливі для подальших моніторингових і агроекологічних робіт.

Огляд побудовано за джерелами, знайденими через Google та Google Scholar. За відбору джерел перевагу надано працям, у яких є кількісні показники: кількість таксонів, число проб, локалітетів, щільність особин, відсоткова структура угруповань, реакція на випасання, зволоження, землекористування або інвазійні насадження. Додатково використано методичні й оглядові джерела, що дозволяють інтерпретувати мезофауну як біоіндикатор якості ґрунту. Такий підхід важливий, бо без спільної методичної рамки локальні списки видів складно порівнювати між країнами й біотопами.

У межах цього розділу термін «педобіонтна мезофауна» використовується у широкому прикладному сенсі: як комплекс ґрунтових і підстилкових безхребетних, що мешкають у верхніх горизонтах ґрунту та реагують на зміну ґрунтового середовища. У вузькому таксономічному розумінні головну увагу приділено Collembola, Oribatida, Mesostigmata та іншим Acari, оскільки саме вони найчастіше згадуються в доступних публікаціях країн регіону.

1. Методичні засади вивчення педобіонтної мезофауни

Методичне ядро сучасних досліджень педобіонтної мезофауни складають три взаємопов'язані блоки: відбір ґрунтових або підстилкових проб, екстракція організмів і таксономічна або функціональна інтерпретація угруповань. У більшості робіт з мікроартроподами застосовують циліндричні ґрунтові проби, ґрунтово-підстилкові моноліти, мохові зразки або проби з мікробіотопів. Екстракцію зазвичай виконують за допомогою воронок Берлезе-Тулгрена чи споріднених термоеклекторів, після чого матеріал фіксують в етанолі, очищують і визначають до рівня групи, родини, роду або виду. Саме від рівня ідентифікації залежить порівнюваність результатів: груповий аналіз зручний для моніторингу, але видові списки є незамінними для оцінки біогеографічної унікальності.

Oribatida традиційно вважаються однією з найцінніших груп для біоіндикації, оскільки вони численні, відносно довгоживучі, мають тісний зв'язок із гумусовим горизонтом, повільно розселяються й реагують на зміну структури ґрунту, вологості, забруднення та характеру рослинного покриву [17, 28]. Collembola, навпаки, часто демонструють більш швидку реакцію на мікрокліматичні зміни, вологість, наявність грибного субстрату та відміни підстилки. Тому поєднання цих двох груп дає більш повну картину: орібатиди показують довготривалі зміни ґрунтового середовища, а колемболи – коротко- і середньострокові реакції угруповань.

Сучасні огляди вказують, що ґрунтову мезофауну не можна розглядати лише як перелік таксонів. Важливими є трофічні ролі, функціональні групи, зв'язок із мікробіомом, участь у переробці органічної речовини та здатність стабілізувати або пришвидшувати ґрунтові процеси [37, 38]. Для агроландшафтів це особливо важливо, оскільки ґрунтова мезофауна прямо або опосередковано пов'язана

з родючістю, розкладом післяжнивних решток, буферністю екосистем до стресів і стійкістю трофічних мереж.

Методична проблема, що повторюється в усіх країнах регіону, полягає в різній одиниці обліку. Одні автори подають кількість особин на 100 см², інші – на 100 г підстилки, на м², на пробу, або лише у вигляді списків видів. Через це пряме зіставлення абсолютної чисельності між публікаціями часто некоректне. Тому в цьому огляді цифрові дані подано як «показники з окремих джерел», а не як повністю стандартизовану міждержавну базу (табл. 1).

Таблиця 1

Ключові цифрові показники наукових публікацій

Країна	Об'єкт досліджень	Група	Показники з окремих джерел	Джерело
Україна	Зелені зони м. Одеса	Oribatida. Мікроартроподи (Prostigmata Oribatei Astigmata Mesostigmata Collembola)	34 види з 23 родин у п'яти міських парках, Мікроартропод 1950 екз./м² – 5716 екз./м²	[10]
	Бессарабські пасовища, луки, лісосмуги	Oribatida	2021: до 199,2 екз./100 см²; 2024: максимум 135,8 екз./100 см² за умов посухи	[19]
	НПП «Сколівські Бескиди»	Мікроартроподи, (Tarsonemidae, Oribatei, Collembola та ін.) Oribatei Tarsonemidae	Мікроартропод від 404,6 екз./100 г (8349 екз./м ²) до 2950 екз./100 г (26222 екз./м²) та на полі вівса 121 екз./100 г (4587 екз./м²). Oribatei на сфагновому моху 2324,4 екз./100 г. 16 видів, переважно на пасовищі.	[14]
Молдова	Вапнякові каньйони	Collembola	Флотаційний метод відбору екз./25см²х5см. Збільшення відомої фауни каньйонів з 57 до 98 видів	[21]
	Природний дубовий ліс і *Robinia pseudoacacia*	Collembola	Флотаційний метод відбору екз./25см²х5см. 68 видів; 19 видів тяжіли до природного лісу, 9 – до акацієвої плантації	[25]
Румунія	Експериментальні луки гір Bucegi	Mesostigmata	250 проб, 30 видів, 1163 особини	[33]
	Луки з випасанням і без випасання	Ґрунтова фауна	14 таксонів в обох режимах; 1615 особин без випасання і 1248 за випасання	[34]
Болгарія	Національна фауна	Collembola	За 2016–2017 рр. наведено 206 видів колембол	[36]
Туреччина	Провінція Ordu, середнє й східне Причорномор'я	Entomobryomorpha	44 локалітети; 6 родин, 14 родів, 28 видів; 20 нових для Туреччини	[37]
	Провінція Ordu	Poduromorpha	18 видів, 13 родів, 5 родин у контрольному списку подуроморф	[38]

Примітка. Показники наведено в одиницях, використаних у відповідних публікаціях; вони не є повністю стандартизованими між собою.

2. Україна: локальна деталізація, різні природні зони та дефіцит синхронного моніторингу

Українські матеріали щодо педобіонтної мезофауни Південного степу представлені нерівномірно. Є локальні дослідження міських зелених зон Одеси, пасовищ Бессарабії, агроценозів та біоценозів Причорноморського Степу, окремих територій Приазов'я і Донецького степу.

Так на сході Південного Степу (біля м. Крматорськ) в чорноземах незайманого ковилово-різнотравно типчакового степу дослідження мезофауни грунту показало, що щільність орибатидних кліщів складала 4360 екз./м^2. Відкритість степового екотона та гарне прогрівання поверхневого шару грунта спровокувало мінімальне видове багатство орибатид – 22 види. Щільність інших педобіонтів складала 5400 екз./м^2 (55,33%). До домінантних груп відносились різні представники родин Acariformes (21,48%) та колемболи (14,82%), зустрічались гамазові кліщі, сіноїди, трипси, личинки комах, попелиці та поодиноко інші представники. Загальна чисельність педобіонтів у степу складала 9760 екз./м^2. Відзначено розмаїтість і унікальність фауни орібатид заповідних ділянок, розташованих серед високо урбанізованих територій м. Краматорська [16].

У степових біотопах досліджувалися різні компоненти педобіоти, причому значна частина робіт має еколого-функціональне спрямування. Для Приазовського степу, зокрема, вивчали комплекси колембол у гніздах дрібних ссавців, де встановлено 49 видів, що належали до семи ареалогічних груп [2]. Порівняння цілинних і окультурених біотопів дозволило оцінити відмінності таксономічної структури та домінування. Окремо вивчалася структура ценоасамблей і біотопний розподіл видів колембол сухостепової підзони України: в результаті узагальнення матеріалу про біотопний розподіл 113 видів колембол на ландшафтному профілі Чорноморського біосферного заповідника описано таксономічну та екологічну структуру їх ценоасамблей; відмічена характерна особливість екологічної структури ногохвісток сухостепової підзони – їх висока диференційованість [4].

Дослідження педобіонтної мезофауни Причорноморського Степу почалося з 1960 року на кафедрі зоології Одеського національного університету імені І.І. Мечникова під керівництвом професора В.Д. Севастьянова. Вченими В.Д. Севастьянов, О.К. Фурман, Т.Ф. Крутоголова, С.П. Ужевська, С.Я. Бурдейна вивчалось біорізноманіття мікроартропод грунту в різних біоценозах та агроценозах. Після досить великої перерви – продовжуються, в основному, на Одеській ДСДС ІКОСГ НААН [11]. Дослідженнями вчених вперше встановлено: тривале зрошення впливає на видовий склад кліщів тарсонемид [15]; внесення добрив при вирощуванні пшениці озимої збільшує загальну чисельність кліщів та змінює характер сезонної динаміки їх кількості [7]; протруєння цибулі мідним купоросом призводить до зниження чисельності грибоїдних кліщів та зростання сапрофагів і хижаків [12]; мульчування збільшує чисельність педобіонтів в підстилці в 10–30 разів порівняно з ґрунтом, сукцесія педобіонтів відбувається впродовж розкладання підстилки [20]; вплив типу лісосмуг на чисельність , динаміку і вертикальний розподіл колембол [5]; тип мікростації має суттєвий вплив на чисельність кліщів і не впливає на динаміку їх чисельності і вертикальний розподіл у ґрунті [8]; передпосівна обробка насіння ячменю Agrobacterium radiobacter та Trichoderma lignorum впливає позитивно, а Enterobacter aerogenes – 30ф негативно на різноманітність видів та чисельність панцирних кліщів у грунті ячмінного поля [9]; негативний вплив забруднення ґрунту нафтою на педобіонтів та роль мікрофауни при ремедіації таких територій [29].

Для міських екосистем показовим є дослідження орібатид зелених зон Одеси. У п'яти парках міста було зареєстровано 34 види з 23 родин [3]. Цей результат важливий не лише як фауністичний список, а й як свідчення того, що навіть урбанізовані ґрунти Північно-Західного Причорномор'я зберігають різноманітні комплекси повільно розселюваних сапрофагів. Оскільки Oribatida чутливі до ущільнення, порушення підстилки, пересихання та забруднення, така група може бути використана для моніторингу стану парків, захисних насаджень і рекреаційних територій.

Близькою за тематикою є робота щодо панцирних кліщів у мезофауні паркових зон Одеси [10]. Вона показує, що міські зелені насадження слід розглядати не як «вторинні» або екологічно бідні об'єкти, а як важливі рефугіуми ґрунтової біоти. В умовах південного міста особливо значущими стають вологість підстилки, товщина гумусового горизонту, затінення та режим прибирання листя. Надмірне вилучення підстилки або утрамбування ґрунту може різко скорочувати чисельність дрібних сапрофагів, навіть якщо деревний ярус зовні виглядає стабільним.

Вивчалася мезофауна заповідних територій та заказників. Так, у НПП «Сколівські Бескиди» встановлено груповий склад педобіонтів у букових лісах, мохах, біля озера Журавлине, на пасовищі, під вівсом і біля дороги [14]. Хоча НПП «Сколівські Бескиди» територіально не відноситься до степової зони, але цей об'єкт важливий як українська методична база для порівняння гірських і степових умов. Максимальна кількість кліщів у мохових біотопах сягала 300–2616 екз./100 г, а Oribatei на сфагновому моху – 2324,4 екз./100 г. Мінімальні значення спостерігалися в агроценозах. Це підтверджує загальну закономірність: стабільна волога підстилка та мохові мікробіотопи є одними з найкращих резервуарів мікроартропод.

На території Українського степового заповідника «Кам'яні могили» вивчалась дія антропогенних факторів: косіння, випасу худоби, випалювання – на акарофауну порівняно з абсолютним заповідуваням [13]. Встановлено, що випас призводить до зростання чисельності орібатид, тарсонемид і падіння колембол, косіння викликає незначне зниження чисельності та видового складу колембол, чисельність тарсонемид знижується, а кількість їх видів росте; чисельність та кількість видів орібатит зростає. Видовий склад гамазових кліщів змінюється незначно, а чисельність падає в п'ять-шість разів. Пірогений фактор призводить до зиження чисельності та видового складу гамазових кліщів; на початкових етапах відновлення після палів збільшується чисельність тарсонемид та орібатид.

Вивчалася ґрунтова мезофауна заплавних ділянок Придунайських озер та острова Зміїний. Інтерес до цієї території визвано тим, що на між скельних ділянках о. Зміїний сформувались чорноземи неповно розвинені; коротко профільні пісчано-супіщані та піщано-легосуглинисті сильнощебнюваті. Завдяки постійному аврально-імпульверизиційному приносу солей з акваторії Чорного моря нижня частина профіля чорноземів характеризується слабкою ступенню засоленості, в основному солями хлоридно-натрієвого хімізму [1]. Найбільша чисельність мікроартропод зареєстрована в місцях з грунтами, що мають незначну деградованість, більш високу відносну вологість та шпаруватість – 27,6 тис.екз./м^2. Там реєструється висока частка орибатидних кліщів 61,3%, на відміну від колембол частка яких 20%. Для більшості мезо- та ксерофітних степових видів колембол висока вологість несприятлива умова. В грунтах з високим антропічним впливом (випас, ущільнення грунту) – 8,5 ± 1,58 тис.екз./м. домінували колемболи 46–64%, частка орибатид минимальна (1,6%). Акаридієві кліщі переважно зареєстровані в місцях з підвищеною вологістю (береги озер), де проводиться інтенсивний випас худоби та порушення рослинного покриву. Гамазиди, як хижаки

збільшують чисельність за наявності їжі (колембол, акарид, тромбідіформних кліщів та ін..). Загалом визначено: ґрунт о. Зміїний більш сприятливий весною для орібатид за рясністю видів і чисельністю, ніж для колембол та тарсонемид; у травостої більш сприятливі умови для колембол; тарсонемиди майже рівномірно заселяють грунт та травостой [6]. А забруднення грунту о.Зміїний нафтопродуктами призводить до майже відсутності мікроартропод, зустрічаються поодиноко тільки Psocoptera та Acaridiae. Дослідження показали, що мікроартроподи можуть бути показниками інтенсивності екологічних змін в грунтах, особливо за періодами відновлення відбувається сукцесія їх угруповань [29].

Найвиразніший цифровий матеріал для Півдня України наведено у дослідженні Бессарабії, де оцінювали сезонну чисельність орибатидних кліщів за різних гідротермічних умов [19]. У 2021 р., за достатнього зволоження, найвищі значення влітку були зафіксовані у лісосмугах – 199,2±7,1 екз./100 см², а в природних луках максимум припав на осінь – 142,1±4,8 екз./100 см². У 2024 р., за сильної посухи, чисельність знизилася: у природних луках літнє значення становило 74,5±7,5 екз./100 см², а в лісосмугах – 135,8±7,2 екз./100 см² (табл. 2). Це демонструє буферну роль деревно-чагарникових насаджень і водночас високу чутливість орибатид до дефіциту вологи.

Таблиця 2

Сезонна чисельність орибатидних кліщів у Бессарабії, екз./100 см²

Сезон	Рік	Луки		Лісосмуги
		природні	культурні	
Весна	2021	118.4	45.5	121.6
Весна	2024	62.9	39.4	115.2
Літо	2021	129.5	47.2	199.2
Літо	2024	74.5	28.5	135.8
Осінь	2021	142.1	52.6	134.6
Осінь	2024	60.8	32.6	114.3
Зима	2021	35.5	21.4	98.1
Зима	2024	23.5	19.8	31.6

Джерело цифрових даних: Bogach et al. [19].

Для інтерпретації цих даних важливо, що посуха впливає на мезофауну не лише прямо, через висушування мікросередовища, а й опосередковано –через зменшення грибної біомаси, зміну підстилки, ущільнення верхнього шару та скорочення доступних мікроніш. Тому порівняння 2021 і 2024 рр. у Бессарабії може бути використане як модель для оцінки кліматичних ризиків у степових і сухостепових екосистемах Причорномор'я. Особливо цінним є те, що автори подають дані в однакових одиницях і за сезонами, що дозволяє будувати графіки та порівнювати біотопи.

При всій цінності отриманих результатів, відсутня єдина довготривала програма спостережень, яка б одночасно охоплювала всю Південно-степову зону. Через це українська база знань Південно-степового регіону виглядає як набір сильних локальних кейсів, а не як суцільна регіональна карта. Загалом для Південного степу України характерні три сильні блоки: фауністичне вивчення Oribatida, локальні обліки мікроартропод у природоохоронних територіях і початок кількісного аналізу впливу кліматичних умов у Степовій Бессарабії. Головна прогалина – нестача синхронних досліджень у Південному Степу, Придунав'ї, заплавах

Дністра, агроценозах окремих польових культур і багаторічних насадженнях. Для аграрної науки саме ці біотопи є найважливішими, бо тут перетинаються кліматичний стрес, пестицидне навантаження, обробіток ґрунту та деградація органічної речовини.

3. Молдова: сильна колембололологічна база та роль річкових і лісових біотопів

Молдова є одним із найкраще представлених у вибірці прикладів країни, де дослідження педобіонтної мезофауни значною мірою сконцентровані на Collembola (табл. 3).

Таблиця 3

Молдова: приклади цифрових результатів щодо Collembola

Об'єкт	Група	Показник	Значення для оцінки стану вивченості	Джерело
Вапнякові каньйони	Collembola	57 → 98 видів	розширення відомої фауни після спеціального обстеження	[21]
Прибережні біотопи північної Молдови	Collembola	угруповання заплавних і прибережних ділянок	показано роль річкових коридорів	[22]
Береги Дністра	Collembola	нові знахідки	розширення фауністичного списку	[23]
Hypogastruridae Молдови	Collembola: Hypogastruridae	спеціалізований список родини	уточнення таксономічної бази	[24]
Vila Nisporeni: дубовий ліс / акація	Collembola	68 видів; 19 лісових преферентів, 9 акацієвих	вплив *Robinia pseudoacacia* на мезофауну	[25]

Це не є недоліком: саме колемболи швидко реагують на вологість, структуру підстилки, тип рослинності та мікроклімат, а тому добре підходять для оцінки річкових, лісових і трансформованих екосистем. Публікації Г. Бушмачіу та співавторів [21–25] спрямовані на розвиток від фауністичних нових знахідок до порівняльних екологічних досліджень.

Вивчення вапнякових каньйонів Молдови істотно розширило знання про місцеву фауну колембол: кількість видів, відомих для цих біотопів, зросла з 57 до 98 [21]. Такий результат показує, що навіть у відносно невеликих за площею природних осередках прихована значна частина регіонального різноманіття. Вапнякові каньйони формують мозаїку мікрокліматів: затінені ущелини, сухі схили, підстилкові накопичення, тріщини порід і локальні ділянки з підвищеною вологістю. Для колембол це означає наявність численних мікроніш, а для науковців – потребу в дрібномасштабному відборі проб ґрунту.

Робота, щодо прибережних угруповань колембол Північної Молдови демонструє значення річкових екосистем як коридорів біорізноманіття [22]. Для басейнів Пруту й Дністра такі дані особливо важливі, бо річкові долини одночасно виконують роль природних рефугіумів і зон інтенсивного господарського використання. Заплавні ліси, прибережні луки й вологі мікробіотопи можуть підтримувати види, які не витримують посухи на відкритих агроландшафтах.

Окрема група праць присвячена новим знахідкам і таксономічним уточненням колембол на берегах Дністра [23, 24]. Такі роботи можуть здаватися вузькофауністичними, але для регіону з неповною інвентаризацією вони мають фундаментальне значення. Без повного видового списку неможливо оцінити втрати біорізноманіття, виявити інвазійні тенденції, порівнювати природні й антропогенні біотопи або коректно інтерпретувати екологічні індекси.

Найсучасніші і екологічно показові дослідження Молдови – порівняння колембол у природній діброві та насадженні *Robinia pseudoacacia* у заповідній зоні Vila Nisporeni [25]. Зафіксовано 68 видів, причому 19 видів мали перевагу до природного лісу, а 9 – до акацієвої плантації. Це свідчить, що інвазійна або масово насаджувана деревна порода не просто змінює деревостан, а перебудовує підстилку, мікроклімат і структуру ґрунтової мезофауни.

Для Молдови характерна ще одна важлива риса: дослідження часто прив'язані до конкретних природних резерватів, річкових долин і лісових масивів, що робить їх цінними для охорони біорізноманіття. Проте аграрний напрям, особливо порівняння орних земель, садів, виноградників, пасовищ і лісосмуг, поки виглядає слабше. Саме цей напрям є перспективним для Чорноморського регіону, бо Молдова має високу частку сільськогосподарських земель і гострі проблеми ерозії та посух.

Загальний висновок щодо Молдови полягає в тому, що країна має міцну таксономічну основу з Collembola, але потребує розширення на комплексне вивчення мезофауни (Oribatida, Mesostigmata, Prostigmata, Enchytraeidae та інших). Таке розширення дозволило б переходити від інвентаризації окремої групи до оцінки повних ґрунтових трофічних мереж.

4. Румунія: екологічні експерименти, індикація та вплив випасання

Румунія є найбільш розвиненим блоком у межах огляду, оскільки тут поєднані фауністичні, урбоекологічні, токсикологічні та лучні дослідження. Важливо, що румунські публікації часто мають чіткий екологічний опис та структуру: порівнюють режими випасання, рівні забруднення, різні типи луків, абіотичні параметри ґрунту й структуру угруповань. Це дозволяє не лише перелічувати види, а й аналізувати причинні зв'язки.

Дослідження C. Fiera [27] щодо Collembola в урбанізованих ґрунтах Бухареста показало можливості використання колембол як біоіндикаторів забруднення. Урбанізовані ґрунти є складним середовищем: вони часто ущільнені, містять важкі метали, мають фрагментовану рослинність і змінений режим органічних решток. Колемболи реагують на такі умови зміною чисельності, видового складу та співвідношення життєвих форм, тому можуть бути корисним інструментом моніторингу міського ґрунтового середовища.

У роботі M. Manu та співавторів [35] щодо надмірно випасаних луків Румунії аналізувалися угруповання Mesostigmata та вплив екологічних змінних. Мезостигматичні кліщі – переважно хижаки, тому вони відображають стан не лише субстрату, а й трофічної бази, тобто наявність дрібних безхребетних, нематод, інших кліщів і колембол. Якщо випасання спричиняє ущільнення, втрату підстилки та зменшення вологості, хижа мезофауна реагує через скорочення доступних мікроніш і кормових ресурсів.

Особливо показове дослідження ґрунтових кліщів як біоіндикаторів у забруднених ґрунтах, де розглядали Mesostigmata та Oribatida [31]. Автори звертають увагу на те, що частка ювенільних особин була низькою порівняно з дорослими: 1,76% від загальної чисельності кліщів, зокрема 1,36% для Oribatida і 8,47% для Mesostigmata. Такий показник може свідчити про вплив важких металів або інших стресорів на репродуктивний цикл і стабільність популяцій.

Окрема праця присвячена Mesostigmata в міських екосистемах Бухареста [32]. Її значення полягає в тому, що хижі кліщі розглядаються як індикатори урбанізаційного градієнта. Для Чорноморського регіону це має пряме значення, оскільки великі міста – Одеса, Констанца, Варна, Бургас, Стамбул, Трабзон – мають схожі проблеми: ущільнення ґрунтів, острів тепла, рекреаційне навантаження, фрагментація зелених зон і локальне забруднення.

У гірських луках Bucegi Mountains дослідники [33] проаналізували 250 ґрунтових проб і виявили 30 видів Mesostigmata, представлених 1163 особинами. Найвищі значення видової кількості та чисельності були відзначені в умовах певних типів удобрених або пересіяних луків. Важливо, що автори пов'язали структуру угруповань із рослинним покривом, температурою ґрунту, вологістю, pH і опором проникненню. Це показує як мезофауна може інтегрувати інформацію про фізичні, хімічні й біотичні умови.

Найновіше узагальнення для румунських луків порівнює ділянки з випасанням і без випасання [34]. В обох типах було зафіксовано по 14 таксонів, але чисельність різнилася: 1615 особин у лугах без випасання проти 1248 у випасаних. Домінували Collembola та Oribatida, причому в загальній структурі вони становили відповідно 61,22% і 21,90%. Це вказує, що при формально однаковій кількісті таксонів, функціональна структура та чисельність можуть істотно змінюватися під впливом господарського використання. Основні результати досліджень по Румунії та їх екологічне значення надано в табл. 4.

Таблиця 4

Румунські дослідження як приклад екологічної інтерпретації мезофауни

Об'єкт	Група	Цифровий або екологічний результат	Екологічне значення	Джерело
Бухарест, міські ґрунти	Collembola	оцінка забруднення	колемболи як індикатори урбанізованих ґрунтів	[27]
Надмірно випасані луки	Mesostigmata	екологічні змінні й випасання	структура хижих кліщів залежить від умов ґрунту	[35]
Забруднені ґрунти	Mesostigmata + Oribatida	низька частка ювенільних форм: 1,76% загалом	можливий вплив стресорів на життєвий цикл	[31]
Bucegi Mountains	Mesostigmata	250 проб, 30 видів, 1163 особини	зв'язок із вологістю, температурою, pH і рослинністю	[33]
Гірські луки з випасанням / без випасання	ґрунтова фауна	1615 проти 1248 особин; 14 таксонів	зміна чисельності без втрати кількості таксонів	[34]

Румунський досвід є особливо корисним для України, Молдови й Болгарії, бо демонструє перехід від простого фауністичного обліку до індикаторної екології. Для південних агроландшафтів важливо наслідувати саме цей підхід: поєднувати ґрунтову мезофауну з даними про вологість, щільність, pH, органічну речовину, тип рослинності та інтенсивність використання землі.

5. Болгарія: фауністична база і потреба в екологічній стандартизації

Для Болгарії у відкритій літературі помітні дві лінії досліджень, важливі для оцінки педобіонтної мезофауни: фауністичні повідомлення щодо Collembola та прикладні агроекологічні роботи із ґрунтовою фауною. Порівняно з Румунією або Молдовою, болгарський блок у цій добірці виглядає менш насиченим саме екологічними експериментами з мікроартроподами. Проте це не означає бідність фауни; радше йдеться про те, що результати розпорошені між таксономічними, агрономічними та природоохоронними виданнями.

У публікації про гігантську колемболу *Tetrodontophora bielanensis* наведено корисний контекст для стану знань про болгарську фауну: у зведеннях 2016–2017 рр. для Болгарії зазначено 206 видів Collembola [36]. Для порівняння, у тому ж джерелі наведено значно вищі числа для деяких країн Європи, що свідчить або про меншу дослідженість, або про різну інтенсивність фауністичних робіт. У випадку Болгарії, яка має гірські масиви, Чорноморське узбережжя, лісові й лучні системи, реальне різноманіття, ймовірно, перевищує наявні списки.

Агроекологічний напрям представлений, зокрема, роботою T. Bileva [18] щодо впливу практик менеджменту в органічному яблуневому саду на ґрунтову фауну. Для Чорноморського регіону такі дослідження особливо потрібні, бо багаторічні насадження, сади й виноградники мають іншу структуру ґрунтового середовища, ніж рілля: тут є постійні кореневі системи, підстилка, мульча, трав'яний покрив у міжряддях, зони під кронами й міжрядні обробітки. Мезофауна в таких умовах може бути індикатором не лише біорізноманіття, а й стійкості агроекосистеми.

Для Болгарії перспективними виглядають три напрями: по-перше, створення відкритих чеклистів Collembola та Acari з прив'язкою до біотопів і координат; по-друге, порівняння природних лісів, приморських пісків, степоподібних ділянок, садів і орних земель; по-третє, застосування QBS-ar або близьких індексів для порівняння різних систем землекористування. Саме стандартизація методики дозволила б включити Болгарію в ширші чорноморські порівняння.

6. Туреччина: швидке нарощування фауністичної інформації в Причорномор'ї та гірських лісах

Туреччина є ключовою країною Південного узбережжя Чорного моря, але її ґрунтова мезофауна тривалий час залишалася недостатньо описаною. Показовим є контрольний список колембол Туреччини, де автори зазначають, що опис фауни групи був неповним та потребував оновлення [41]. Для великої країни з надзвичайною різноманітністю клімату, гірських систем, лісів, степоподібних територій і чорноморських вологих біотопів це очікувано: реальна кількість видів може бути значно більшою за опубліковані списки.

Дослідження Entomobryomorpha у провінції Ordu, що розташована між середнім і східним Причорномор'ям Туреччини, є одним із найважливіших регіональних джерел [37]. Автори обстежили 44 локалітети, зафіксували 6 родин, 14 родів і 28 видів, з яких 20 були новими для фауни Туреччини. Це різко збільшило відомий список і показало, що навіть одне добре сплановане регіональне дослідження може суттєво змінити уявлення про національне біорізноманіття.

Додатково вивчення Poduromorpha провінції Ordu розширило фауністичну базу іншої групи колембол: у роботі наведено 18 видів, 13 родів і 5 родин [38]. Разом ці дві публікації показують, що Причорноморські провінції Туреччини є перспективною зоною для колембололоігії. Вологі ліси, мохи, підстилка, схили різної експозиції та висотні градієнти створюють високу мікробіотопічну різноманітність.

Цінним екологічним доповненням є робота щодо ґрунтових членистоногих у лісах Taurus fir, де аналізували зміни угруповань уздовж висотного градієнта [26]. Хоча Taurus fir географічно пов'язаний із середземноморськими гірськими системами, дослідження важливе методично: воно показує, як висота, мікроклімат і лісова підстилка впливають на ґрунтові членистоногі комплекси. Для Чорноморського узбережжя Туреччини аналогічні висотні градієнти могли б бути застосовані в Понтійських горах.

Турецький матеріал має одну характерну рису: спостерігається збільшення видових списків, але ще необхідна ширша екологічна інтерпретація. Для порівняння з Румунією, Молдовою й Україною потрібні роботи, де поряд із видовими списками подаються параметри ґрунту, вологість, органічна речовина, тип рослинності, інтенсивність землекористування та повторні сезонні спостереження.

Обговорення. Порівняння країн показує, що стан вивченості педобіонтної мезофауни в Чорноморському регіоні є асиметричним. Україна має сильні локальні матеріали, особливо щодо Oribatida й мікроартропод у природоохоронних і міських біотопах, але потребує ширших агроландшафтних серій. Молдова має добре вивчену таксономію Collembola, але недостатність комплексних оцінок усієї мезофауни. Румунія демонструє найкращий приклад екологічних досліджень із кількісними характеристиками. Болгарія має фауністичні та агроекологічні дані, але потребує стандартизованих програм. Туреччина швидко розширює колембололологічні списки, особливо в Причорноморських провінціях.

Найбільш порівнюваними виявляються не абсолютні показники чисельності, а напрями реакції мезофауни. По-перше, вологість підстилки, мохи, лісосмуги та природні ліси підтримують вищу чисельність і різноманіття, ніж відкриті, сухі або інтенсивно оброблювані біотопи [14, 19, 25]. По-друге, випасання й ущільнення ґрунту змінюють не лише загальну чисельність, а й співвідношення функціональних груп [34, 35]. По-третє, урбанізація і забруднення можуть знижувати репродуктивну стабільність угруповань, що видно за часткою ювенільних форм у кліщів [31].

Країни регіону також різняться за вивченням таксономічних групп. У Молдові й Туреччині центральне місце займають Collembola, в Румунії – Mesostigmata та комплексна ґрунтова фауна, в Україні – Oribatida, Collembola, Mesostigmata, Tarsonemidae й локальні мікроартроподні комплекси. Така спеціалізація є корисною для національних шкіл, але ускладнює міждержавні порівняння. Зрозуміло, що кількість видів колембол у Молдові не можна прямо порівнювати з кількістю видів Mesostigmata в Румунії або Oribatida в Одесі.

З практичного погляду найперспективнішим є створення регіонального протоколу моніторингу, який охоплював би мінімум три групи: Collembola, Oribatida та Mesostigmata. Додатково доцільно враховувати Enchytraeidae, Prostigmata, Astigmata і комах. Для кожної пробної площі потрібно фіксувати тип біотопу, рослинний покрив, товщину підстилки, вологість, температуру ґрунту, pH, щільність, органічний вуглець, характер землекористування та історію обробітку. Без цього фауністичні списки залишаться слабко пов'язаними з ґрунтовими процесами.

Особливу увагу треба приділити агроландшафтам. Саме вони займають значні площі у Причорномор'ї, Молдові, Добруджі, болгарських рівнинах і турецьких прибережних зонах. Проте серед опрацьованих джерел агроекологічні дослідження представлені менше, ніж природоохоронні або фауністичні. Не вистачає робіт, де порівнюються no-till, strip-till, mini-till, традиційна оранка, покривні культури, органічні системи, зрошення, лісосмуги й різні сівозміни за однаковою схемою відбору проб.

Кліматичний фактор є другим ключовим напрямом. Бессарабські дані 2021 і 2024 рр. показують, що сильна посуха істотно знижує чисельність орібатид, але лісосмуги зберігають відносно вищі показники [6]. Аналогічні дослідження потрібні в Добруджі, Молдові, болгарському Причорномор'ї та північній Туреччині. Чорноморський регіон уже перебуває у зоні посилення літніх посух, тому мезофауна може стати раннім індикатором деградації ґрунтового мікросередовища.

Також важливо відокремлювати два типи прогалин: таксономічні й функціональні. Таксономічна прогалина означає, що певні види або групи ще не описані або не внесені до національних списків. Функціональна прогалина означає, що види відомі, але невідомо, як вони реагують на управління ґрунтом, клімат, забруднення або відновлення екосистем. Для практичного використання мезофауни в агрономії та охороні ґрунтів друга прогалина не менш важлива, ніж перша.

Нарешті, якість оприлюднення даних залишається неоднаковою. Частина статей містить DOI, відкритий текст, таблиці та чіткі одиниці обліку; інші подають лише загальні висновки або списки видів. Для майбутніх робіт бажано публікувати первинні таблиці з чисельністю за пробами, координатами, типом біотопу і датою збору. Це дозволить виконувати метааналізи, будувати карти, оцінювати тренди та інтегрувати мезофауну в системи моніторингу ґрунтового здоров'я.

При систематизації та аналізуванні результатів вивчення педобіонтної мезофауни в представлених країнах нами виділено основні наукові прогалини та перспективи подальших досліджень.

Перша прогалина – нестача довготривалого моніторингу. Більшість робіт побудована на одноразових або короткострокових відборах проб. Для мезофауни це проблема, бо її чисельність має виражену сезонність і залежить від конкретного року. Без повторення у вологі, середні та посушливі роки складно відокремити вплив землекористування від кліматичного чинника.

Друга прогалина – недостатнє охоплення агроценозів. У регіоні багато досліджень природних і напівприродних біотопів, але порівняно мало робіт у реальних польових системах: зернові, соняшник, кукурудза, сади, виноградники, овочеві культури, багаторічні трави. Саме тут мезофауна може бути практичним індикатором деградації або відновлення ґрунту.

Третя прогалина – слабке поєднання фауністики з фізико-хімічною характеристикою ґрунтів. Для багатьох публікацій відомо, які види знайдено, але недостатньо даних про pH, вологість, щільність, вміст органічної речовини, гранулометричний склад, температуру та рослинну біомасу. Без цих параметрів важко пояснити, чому угруповання змінюється.

Четверта прогалина – нерівномірність між країнами. Молдова й Туреччина дають багато матеріалу щодо Collembola; Румунія – щодо кліщів та екологічної індикації; Україна – щодо локальних орібатидних і мікроартроподних комплексів; Болгарія потребує більшої кількості відкритих стандартизованих досліджень. Регіональна програма мала б вирівняти ці перекоси.

П'ята прогалина – нестача інтеграції з кліматично орієнтованим землеробством. Ґрунтова мезофауна може бути корисним біологічним показником ефективності покривних культур, мульчування, мінімального обробітку, лісосмуг, органічного удобрення та збереження вологи. Проте в наявних роботах такі технології поки рідко аналізуються комплексно.

Перспективним є формування спільної бази даних для Чорноморського регіону, де кожний запис містив би країну, координати, біотоп, дату, метод відбору,

одиницю обліку, групу, вид, чисельність, основні ґрунтові параметри й DOI джерела. Навіть якщо спочатку база буде неповною, вона дозволить бачити прогалини, планувати нові відбори проб і переходити від описової фауністики до прогнозної ґрунтової екології.

Висновки

1. Педобіонтна мезофауна Чорноморського регіону вивчена фрагментарно, але достатньо для формування регіональної наукової програми.

2. Найбільш представленими групи Collembola, Oribatida та Mesostigmata, які виконують різні функції в ґрунті, по-різному реагують на стресори, тому повинні вивчатися комплексно.

3. Україна має важливі локальні дані щодо орібатид зелених зон Одеси, мікроартропод природоохоронних територій і сезонної динаміки орібатид у Бессарабії. Цифровий матеріал для Півдня України демонструє різке зниження чисельності кліщів у посушливий 2024 р. порівняно з більш вологим 2021 р., а також стабілізаційну роль лісосмуг;

4. Молдова вирізняється високою якістю колембололологічних досліджень: роботи науковців суттєво розширили фауністичну базу й показали роль природних лісів та річкових коридорів у збереженні ґрунтової мезофауни.

5. Румунія демонструє найпослідовніший перехід від фауністики до екологічної індикації. Дослідження показали, що мезофауна може відображати стан ґрунту, інтенсивність менеджменту, вплив важких металів, ущільнення та зміну рослинного покриву;

6. Болгарія має фауністичні дані щодо Collembola та окремі агроекологічні дослідження, але потребує більшої кількості стандартизованих робіт з однаковими одиницями обліку.

7. Туреччина, особливо її Причорноморські провінції, демонструє швидке зростання фауністичних знань: дослідження Ordu суттєво збільшили список відомих колембол країни.

8. Головні перспективи подальших досліджень полягають у стандартизації методики, охопленні агроландшафтів, синхронному сезонному моніторингу, поєднанні мезофауни з ґрунтовими фізико-хімічними параметрами та створенні спільної Чорноморської бази даних. Для кліматично орієнтованого сільського господарства мезофауна може стати одним із найкращих біологічних індикаторів відновлення або деградації ґрунтових функцій.

Внесок авторів: С.І. Бурикіна – концептуалізація, написання статті; С.П. Ужевська – методологія, рецензування та редагування; В.А. Руденко, М.М. Жук – пошук джерел наукової літератури, відбір, систематизація та аналізування, програмне забезпечення; Н.О. Дзівінська – формальний аналіз, поповнення інформації, написання анотації, редагування. Усі автори ознайомилися з версією рукопису та погодилися з нею.

Фінансування. Дослідження виконуються за рахунок державного бюджету в межах виконання завдання: 01.03.00.12.Ф. Екологоагрохімічне обґрунтування способу індикації здоров'я ґрунту за станом педобіонтів при кліматичних змінах Південного Степу (№ державної реєстрації 0126U000246), що ввходить до ПНД НААН 1 Раціональне використання, інформаційні технології управління ґрунтовими ресурсами та родючістю ґрунтів (*Раціональне використання, відновлення і управління ґрунтовими ресурсами*) на 2026–2030 рр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Біланчин Я.М., Жанталай П.І., Тортик Н.І., Буяновський А.А. Ґрунти острову Зміїний: морфологія, литологія, засоленість. *Вісник Одеського Національного Університету. Серія Екологія*. 2005. Т. 10. Вип. 4. С. 56–65.

2. Гоблик К.М. Біотопна диференціація та індикаторне значення колембол Закарпатської низовини.: Дис. на зд.н.ст.к.б.н.:03.00.16 – екологія. Львів, 2015. 211 с. https://ecoinst.org.ua/pdf/Hobluk_diss.pdf

3. Дзівінська Н. О., Підгорна С. Я., Підгорний К. В., Черничко К. Й. Панцирні кліщі (Acariformes: Oribatida) зелених зон міста Одеси (Україна). *Вісті Харківського ентомологічного товариства*. 2025. Т. XXXIII, вип. 1–2. С. 74–82. DOI: 10.36016/KhESG-2025-33-1-2-6.

4. Капрусь І.Я. Структура ценоасамблей і біотопний розподіл видів Collembola сухостепової підзони України. *Науковий Вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2011. Вип. 31. С. 5–15. hhttps://www.researchgate.net/publication/271195593

5. Крутоголова Т.Ф. Вплив різних типів лісосмуг на колембол (Insecta, Collembola). *Вісник аграрної науки південного регіону*. *Сільськогосподарські та біологічні науки*. Одеса:СМИЛ., 2000. С. 195–200.

6. Крутоголова Т.Ф., Ужевська С.П. Попередні дослідження мікроартропод грунту о.Зміїний (весна 2003 р). *Вісник Одеського національного університету. Серія Екологія*. 2005. Т. 10. Вип. 4. С. 81–88. http://liber.onu.edu.ua/pdf/Ecology10v4.pdf

7. Крутоголова Т. Ф., Фурман О. К. Вплив різних видів добрив на панцирних кліщів. *Вісник Одеського державного університету. Серія біологія*. 1999. Т. 4, Вип. 3. С. 57–62.

8. Крутоголова Т.Ф., Фурман О.К. Кліщі (Acarina: Gamasida, Oribatei) у грунті під рослинним покривом різного типу. *Вісник Одеського національного університету. Біологія.* 2002.Т.7. Випуск.1. С. 163–172. http://liber.onu.edu.ua/pdf/vest_biol_1_02.pdf

9. Крутоголова Т. Ф., Фурман О. К. Панцирні кліщі (ACARIFORMES: ORIBATEI) ячмінного поля з предпосівною обробкою мікробіальними препаратами. *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2006. Т. 11. № 6. С. 204–212. http://liber.onu.edu.ua/pdf/Vest_biol_06_6.pdf

10. Підгорна С. Я., Делі О. Ф. Панцирні кліщі (Oribatei) у складі мезофауни паркових зон міста Одеса. *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2023. Т. 28, вип. 1(52). DOI: 10.18524/2077-1746.2023.1(52).284687.

11. Сергеєв Л.А., Ужевська С.П., Бурикіна С.І.Мікроартроподи ґрунту на полях озимої пшениці та гороху підзимової сівби (2021-2022 с.-.г рік*). Актуальні аспекти розвитку науки і освіти*: матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців (Одеса, 08–09 грудня 2022 р.). Одеський державний аграрний університет. Одеса, 2022. С. 546–548. http://lib.osau.edu.ua/jspui/handle/123456789/3943

12. Тарасова Г.А., Ужевська С.П. Вплив хімобробок на акарокомплекс цибулі. *Вісник аграрної науки південного регіону. Сільськогосподарські та біологічні науки*. Одеса : СМИЛ. 2000. Вип. 1. С. 106–112.

13. Ужевська С.П. Вплив антропічних факторів на акарокомплекси Українського степового заповідника «Кам'яні могили». *Урбанізоване середовище: охорона природи та здоров'я людини*. Київ:Екоцентр,1996. С. 174–178.

14. Ужевська С. П. Мікроартроподи верхнього шару ґрунту та підстилки в НПП «Сколівські Бескиди». *Науковий вісник НЛТУ України*. 2024. Т. 34, № 8. С. 63–71. https://doi.org/10.36930/40340807.

15. Ужевська С.П., Крутоголова Т.Ф. Кліщі сімейства Tarsonemidae (Trombidiformes) в південних чорноземах в умовах богари та зрошення. *Вісник аграрної науки Південного регіону. Сільськогосподарські та біологічні науки*. Одеса: СМИЛ, 2005. Вип. 5. С. 255–262.

16. Ярошенко М. М. Панцирні кліщі (Acariformes, Oribatei) та інша мезофауна регіонального ландшафтного парку "Краматорський" (Донецька область). *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. Донецьк, 2013. № 1 (13). С. 163–173.

17. Behan-Pelletier V. M. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1999. Vol. 74, no. 1–3. P. 411–423. DOI: 10.1016/S0167-8809(99)00046-8.

18. Bileva T. Effect of management practices on soil fauna in organic apple orchards. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2022. Vol. 28, no. 4. P. 666–674. URL: https://www.agrojournal.org/28/04-20.pdf.

19. Bogach M., Piven O., Liulin P., Bohach D., Chornyi V., Bohach O. Dynamics of sheep monieziasis and oribatid mites population under hydrometeorological conditions of Bessarabia, Ukraine. *Helminthologia.* 2025. Vol. 62. P. 185–196. DOI: 10.2478/helm-2025-0028.

20. Burdeina S.Ya., UzhevskaS.P. and Yatsuk V.I. Influence of treated fungal substrate on the state of soil microfauna. *Structural and functional changes in populations and communities in territories with different levels of anthropogenic load*. XII Intrnational Scientific and Practical Ecological Conference. (October 9-12.2012. Belgrod):29-30.

21. Buşmachiu G., Bedos A., Deharveng L. Collembolan species diversity of calcareous canyons in the Republic of Moldova. *ZooKeys.* 2015. Vol. 506. P. 95–108. DOI: 10.3897/zookeys.506.8643.

22. Buşmachiu G., Kováč L., Miklisová D., Weiner W. M. Riparian Collembola (Hexapoda) communities of northern Moldova, Eastern Europe. *ZooKeys*. 2017. Vol. 724. P. 119–134. DOI: 10.3897/zookeys.724.12478.

23. Buşmachiu G., Weiner W. M. Collembola from the Moldavian banks of Dniester River. New records. *Annales Zoologici*. 2013. Vol. 63, no. 4. P. 529–535. DOI: 10.3161/000345413X676759.

24. Buşmachiu G., Weiner W. M. Hypogastruridae (Collembola: Hexapoda) from the Republic of Moldova. *Acta Zoologica Cracoviensia*. 2017. Vol. 60, no. 1. P. 17–27. DOI: 10.3409/azc.60_1.17.

25. Buşmachiu G., Chmolowska D., Weiner W. M. Diversity and abundance of Collembola (Hexapoda) under native and invasive trees – a case study in Moldova. *Acta Zoologica Cracoviensia*. 2024. Vol. 67, no. 1–2. P. 15–26. DOI: 10.3409/azc.67.04.

26. Çakır M., Özata M. A. Toros Göknarı ormanında yükselti boyunca toprak eklembacaklı komünitesindeki ve toprak biyolojik kalitesindeki değişim. *Turkish Journal of Forestry*. 2020. Vol. 21, no. 4. P. 388–395. DOI: 10.18182/tjf.816

27. Fiera C. Biodiversity of Collembola in urban soils and their use as bioindicators for pollution. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2009. Vol. 44, no. 8. P. 868–873. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000800010.

28. Gergócs V., Hufnagel L. Application of oribatid mites as indicators (review). *Applied Ecology and Environmental Research*. 2009. Vol. 7, no. 1. P. 79–98. DOI: 10.15666/aeer/0701_079098.

29. Ivanitsa V.A., Uzhevska S.P., Gudzenko T.V., Bukhtiyarov A.E., Lysyutyn G.V., Belyaeva T.A., Konup I.P., Horshkova E.H. Succession of microfauna in the process of remediation of soils contaminated with petroleum products. *Scientific Notes of the State Natural History Museum*. Lviv, 2013. V. 29. P. 55–60. https://nzdpm.smnh.org/tom/29/t29_full.pdf

30. Menta C., Conti F. D., Pinto S. Microarthropods biodiversity in natural, seminatural and cultivated soils – QBS-ar approach. *Applied Soil Ecology*. 2017. Vol. 123. P. 740–743. DOI: 10.1016/j.apsoil.2017.05.020.

31. Manu M., Băncilă R. I., Iordache V., Onete M. Soil mite communities (Acari: Mesostigmata, Oribatida) as bioindicators for environmental conditions from polluted soils. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. Article 20250. DOI: 10.1038/s41598-019-56700-8.

32. Manu M., Băncilă R. I., Bîrsan C. C., Mountford O., Onete M. Soil mite communities (Acari: Mesostigmata) as indicators of urban ecosystems in Bucharest, Romania. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. Article 3794. DOI: 10.1038/s41598-021-83417-4.

33. Manu M., Băncilă R. I., Mountford O. J., Maruşca T., Blaj V. A., Onete M. Soil mite (Acari: Mesostigmata) communities and their relationships with some environmental variables in experimental grasslands from Bucegi Mountains in Romania. *Insects*. 2022. Vol. 13, no. 3. Article 285. DOI: 10.3390/insects13030285.

34. Manu M., Băncilă R. I., Onete M. Soil fauna-indicators of ungrazed versus grazed grassland ecosystems in Romania. *Diversity*. 2025. Vol. 17, no. 5. Article 323. DOI: 10.3390/d17050323.

35. Manu M., Iordache V., Băncilă R. I., Bodescu F., Onete M. The influence of environmental variables on soil mite communities (Acari: Mesostigmata) from overgrazed grassland ecosystems – Romania. *Italian Journal of Zoology.* 2016. Vol. 83, no. 1. P. 89–97. DOI: 10.1080/11250003.2015.1091897.

36. Mitov P. G., Langourov M., Lapeva-Gjonova A. The giant springtail Tetrodontophora bielanensis (Waga, 1842) (Hexapoda: Collembola) – new to the fauna of Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*. 2018. Vol. 70, no. 3. P. 309–314. URL: https://www.acta-zoologica-bulgarica.eu/downloads/acta-zoologica-bulgarica/2018/70-3-309-314.pdf.

37. Özata M. A., Sevgili H., Kaprus I. J. New records of springtail fauna (Hexapoda: Collembola: Entomobryomorpha) from Ordu Province in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*. 2017. Vol. 41, no. 1. P. 24–32. DOI: 10.3906/zoo-1509-28.

38. Özata M. A., Sevgili H., Kaprus I. J. Poduromorpha fauna of Ordu province in Turkey (Hexapoda: Collembola). *Plant Protection Bulletin*. 2017. Vol. 57, no. 2. P. 231–250. DOI: 10.16955/bitkorb.322379.

39. Potapov A. M., Beaulieu F., Birkhofer K., Bluhm S. L., Degtyarev M. I., Devetter M., Goncharov A. A., Klarner B., Korobushkin D. I., Liebke D. F. et al. Feeding habits and multifunctional classification of soil-associated consumers from protists to vertebrates. *Biological Reviews.* 2022. Vol. 97, no. 3. P. 1057–1117. DOI: 10.1111/brv.12832.

40. Potapov A., Bellini B. C., Chown S. L., Deharveng L., Janssens F., Kováč Ľ., Kuznetsova N., Ponge J.-F., Potapov M., Querner P. et al. Towards a global synthesis of Collembola knowledge – challenges and potential solutions. *Soil Organisms.* 2020. Vol. 92, no. 3. P. 161–188. DOI: 10.25674/so92iss3pp161.

41. Sevgili H., Özata M. A. Checklist of the springtails (Hexapoda: Collembola) of Turkey. *Zoology in the Middle East*. 2014. Vol. 60, no. 2. P. 162–168. DOI: 10.1080/09397140.2014.914730.

Дата першого надходження статті до видання: 29.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 504.5:631.41:546.79:633.361(477.41)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.53

ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЕСПАРЦЕТУ ПІЩАНОГО В УМОВАХ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПОЛІССЯ

Врадій О.І. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-7383-3829
Матусяк М.В. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-8099-7290
Салямон А.В. *– аспірант кафедри екології*
та охорони навколишнього середовища,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0009-0006-9236-7652

У статті висвітлено результати комплексних радіоекологічних досліджень щодо оцінки фіторемедіаційного потенціалу еспарцету піщаного (Onobrychis arenaria (Kit.) DC.) за умов вирощування на радіоактивно забруднених дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Житомирського Полісся (м. Коростень). Актуальність дослідження зумовлена необхідністю пошуку витривалих фітомеліорантів для відновлення малопродуктивних, деградованих та радіоактивно забруднених земель Поліського регіону.

У ході експерименту було розраховано питому активність ^{137}Cs та ^{90}Sr у різних органах рослини, коефіцієнти переходу (Кп), а також показники динаміки винесення радіонуклідів з урожаєм сухої речовини залежно від віку плантації (1–3 роки вегетації). Встановлено, що інтенсивність поглинання ^{90}Sr органами еспарцету піщаного у 3–5 разів перевищує аналогічні показники для ^{137}Cs. Це пояснюється фізіологічною компенсацією дефіциту обмінного кальцію (Ca^{2+}) у бідних дерново-підзолистих ґрунтах Полісся шляхом активного поглинання його хімічного аналога – радіостронцію.

Дослідженням виявлено наявність потужних внутрішніх фізіологічних бар'єрів рослини. Зокрема, зафіксовано виражений кореневий бар'єр щодо Cs: питома активність радіоцезію у підземній біомасі становить 420 ± 38 Бк/кг (Кп = 0,42), тоді як у стеблах вона знижується до 110 ± 12 Бк/кг (Кп = 0,11), а в листі дорівнює 185 ± 16 Бк/кг (Кп = 0,19). Також встановлено функціонування генеративного бар'єру для обох токсикантів, що виражається у мінімальному накопиченні радіонуклідів у суцвіттях (95 ± 9 Бк/кг для ^{137}Cs та 320 ± 28 Бк/кг для ^{90}Sr) і забезпечує біологічний захист репродуктивних органів.

Доведено, що показники вилучення радіонуклідів суттєво зростають із віком плантації пропорційно до збільшення врожайності сухої речовини: від 2,8 т/га на 1-й рік вегетації до 7,8 т/га на 3-й рік. На 3-й рік вегетації досягається максимальний винос з урожаєм: для ^{137}Cs – 1170 кБк/га (0,117 % від запасу в ґрунті), а для ^{90}Sr – 4875 кБк/га (0,975 %). У середньому за рік вегетації відчуження ^{90}Sr становить 0,708 %, а ^{137}Cs –0,085 % від вихідного запасу в орному шарі. Обґрунтовано доцільність залучення еспарцету піщаного у фіторемедіаційні системи відновлення забруднених земель Полісся як культури з високою фітостабілізуючою здатністю щодо ^{137}Cs та помірним фітоекстракційним потенціалом щодо ^{90}Sr.

Ключові слова: *еспарцет піщаний (Onobrychis arenaria), фіторемедіація, радіоактивне забруднення, дерново-підзолисті ґрунти, Полісся, коефіцієнт переходу, винос біомаси, фітостабілізація.*

© Врадій О.І., Матусяк М.В., Салямон А.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Vradii O.I., Matusyak M.V., Saliamon A.V. Phytoremediation potential of Onobrychis arenaria under radioactive contamination of Polissya

The article highlights the results of comprehensive radioecological studies evaluating the phytoremediation potential of Onobrychis arenaria (Kit.) DC. grown on radioactively contaminated sod-podzolic sandy loam soils of Zhytomyr Polissya (Korosten). The relevance of the study is driven by the need to identify resilient phytomeliorants for restoring low-productivity, degraded, and radioactively contaminated lands in the Polissya region.

In the course of the experiment, the specific activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in various plant organs, transfer coefficient (Kt), and radionuclide removal dynamics relative to dry matter yield were calculated depending on the age of the plantation (1–3 years of vegetation). It was established that the intensity of ^{90}Sr uptake by Onobrychis arenaria organs is 3 to 5 times higher than that of ^{137}Cs. This is explained by physiological compensation for the deficiency of exchangeable calcium (Ca^{2+}) in the poor sod-podzolic soils of Polissya through active uptake of its chemical analogue, radiostrontium.

The study revealed strong internal physiological barriers in the plant. In particular, a pronounced root barrier for ^{137}Cs was observed: the specific activity of radiocesium in the below-ground biomass reaches 420 ± 38 Bq/kg} (Kt = 0.42), whereas in stems it decreases to 110 ± 12 Bq/kg (Kt = 0.11), and in leaves it equals 185 ± 16 Bq/kg (Kt = 0.19). Furthermore, a generative barrier operates for both toxicants, manifested by minimal radionuclide accumulation in inflorescences (95 ± 9 Bq/kg for ^{137}Cs and 320 ± 28 Bq/kg for ^{90}Sr), which provides biological protection to the reproductive organs.

It was proven that radionuclide removal parameters significantly increase with the age of the plantation in proportion to the increase in dry matter yield: from 2.8 t/ha in the 1st year of vegetation to 7.8 t/ha in the 3rd year. Maximum removal with yield is achieved in the 3rd year of vegetation: 1170 kBq/ha (0.117 % of the soil reserve) for ^{137}Cs and 487 kBq/ha (0.975 %) for ^{90}Sr. On average, per growing year, the removal of ^{90}Sr constitutes 0.708 % and ^{137}Cs constitutes 0.085% of the initial reserve in the arable layer. The expediency of integrating Onobrychis arenaria into phytoremediation systems for restoring contaminated lands in Polissya as a crop with high phytostabilizing capacity regarding ^{137}Cs and moderate phytoextraction potential regarding ^{90}Sr is substantiated.

Key words: *Onobrychis arenaria, phytoremediation, radioactive contamination, sod-podzolic soils, Polissya, transfer factor, biomass removal, phytostabilization.*

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Аварія на Чорнобильській АЕС зумовила масштабне та тривале радіоактивне забруднення значних територій України, серед яких найбільш уразливим виявився регіон Українського Полісся [1, с. 73]. Специфічні ґрунтово-кліматичні умови цієї зони – переважання дерново-підзолистих, піщаних та супіщаних ґрунтів із низьким умістом гумусу, високою кислотністю та обмеженою ємністю поглинання – створюють передумови для високої рухливості радіонуклідів, насамперед ^{137}Cs та ^{90}Sr. Це призводить до їхнього інтенсивного залучення у трофічні ланцюги та хронічного забруднення сільськогосподарської продукції, що залишається гострою екологічною та економічною проблемою навіть через десятиліття після катастрофи [2, с. 260].

У зв'язку з цим виникає нагальна потреба впровадження ефективних, екологічно безпечних та економічно вигідних технологій очищення та відновлення забруднених угідь. Серед сучасних підходів особливу увагу привертає фіторемедіація – метод використання вищих рослин для вилучення (фітоекстракція), локалізації (фітостабілізація) або деградації екотоксикантів у ґрунтовому покриві [3, с. 34]. Попри значну кількість досліджень у галузі радіоекології, пошук нових рослинних культур, які поєднують у собі високу стійкість до несприятливих чинників Полісся, здатність до акумуляції радіонуклідів та подальшу господарську цінність, триває [4, с. 222].

Перспективним об'єктом для фіторемедіаційних технологій в умовах радіоактивно забруднених бідних ґрунтів є еспарцет піщаний (*Onobrychis arenaria*).

Як посухостійка, невибаглива до родючості ґрунту бобова культура із потужною стрижневою кореневою системою, еспарцет здатний не лише адаптуватися до деградованих піщаних ландшафтів Полісся, а й покращувати структуру ґрунту шляхом азотфіксації. Проте потенціал еспарцету піщаного як фіторемедіанта, закономірності накопичення ним радіонуклідів у надземній та підземній біомасі, а також бар'єрні механізми системи «ґрунт–рослина» в специфічних умовах Поліського регіону залишаються вивченими недостатньо, що й зумовлює актуальність цього дослідження [5, с. 151].

Робота безпосередньо пов'язана з реалізацією Національної програми ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи, Стратегією екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату України, а також із планами науково-дослідних робіт щодо оптимізації природокористування та відновлення родючості деградованих і радіоактивно забруднених земель Полісся [6, с. 223].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні основи та практичні аспекти використання вищих рослин для очищення забруднених екосистем (фіторемедіації) активно розробляються як вітчизняними, так і закордонними вченими протягом останніх кількох десятиліть [7, с. 44]. Загальні закономірності поведінки радіонуклідів у навколишньому середовищі, процеси їхньої міграції у системі «ґрунт–рослина» та принципи ведення агропромислового виробництва на радіоактивно забруднених територіях закладені у фундаментальних працях таких відомих дослідників, як І. М. Гудков, Б. С. Пристер, В. О. Кашпаров, О. О. Краснов, М. М. Лазарєв та В. В. Тарасевич [8, с. 154; 9, с. 230; 10, с. 398].

У контексті специфіки Українського Полісся значний внесок у дослідження радіоекологічного моніторингу та оцінки поведінки ^{137}Cs і ^{90}Sr у лісових та аграрних біогеоценозах зробили науковці Житомирської та Поліської радіоекологічних шкіл (зокрема, П.П. Надточій, С.М. Краснов та ін.). Їхніми роботами доведено, що легкий гранулометричний склад, підвищена кислотність та низький вміст калію і гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах Поліського регіону критично підвищують коефіцієнти переходу (Кп) радіонуклідів у рослинницьку продукцію [11, с. 53; 12, с. 19; 13, с. 69].

Сучасний етап досліджень фіторемедіаційного потенціалу змістився у бік пошуку та селекції конкретних фітоекстракторів. Світовий досвід свідчить про високу ефективність використання для очищення ґрунтів від важких металів та радіонуклідів технічних і сидеральних культур, таких як гірчиця сарептська (*Brassica juncea*), соняшник однорічний (*Helianthus annuus*) та деякі види амаранту (*Amaranthus*). Проте більшість із цих культур вимагають високого рівня родючості ґрунту, що обмежує їхнє ефективне застосування на деградованих піщаних землях Полісся [14, с. 21].

Останнім часом прискіпливу увагу дослідників привертають представники родини Бобових (*Fabaceae*). У працях вітчизняних дослідників інститутів НААН України та НАН України показано, що бобові культури (зокрема, люпин жовтий, конюшина лучна, люцерна) володіють унікальним поєднанням фітостабілізаційних властивостей та здатності покращувати агрохімічні параметри бідних ґрунтів завдяки симбіотичній азотфіксації. Роботи, спрямовані на вивчення еспарцету (*Onobrychis*), здебільшого розглядають його як цінну кормову культуру (дослідження селекційного та агротехнічного спрямування) [15, с. 67].

Водночас, дикорослі та культурні форми еспарцету, зокрема еспарцет піщаний (*Onobrychis arenaria*), за даними окремих ботанічних та екологічних моніторингів, демонструють екстремальну витривалість до посухи, низького вмісту

поживних речовин та здатність розвивати глибоку кореневу систему на піщаних субстратах. Попри наявність поодиноких публікацій щодо накопичення важких металів видами роду *Onobrychis*, комплексні дослідження його фіторемедіаційного потенціалу щодо радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в умовах хронічного забруднення ландшафтів Полісся наразі практично відсутні [16, с. 9].

Таким чином, попри глибоке вивчення загальних процесів радіоактивного забруднення Полісся, поза увагою дослідників залишається кількісна оцінка параметрів накопичення та розподілу радіонуклідів між підземними та надземними органами еспарцету піщаного за умов вирощування на бідних дерново-підзолистих піщаних ґрунтах. Не встановлено коефіцієнти переходу екотоксикантів у біомасу цієї культури та не обґрунтовано баланс винесення чи локалізації радіонуклідів, що стримує розробку прикладних фіторемедіаційних технологій із використанням даного фітомеліоранта [17, с. 350].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри наявність значної наукової бази з питань фіторемедіації територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, особливості використання еспарцету піщаного (*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC.) у зоні Українського Полісся залишаються недостатньо вивченими. До найменш опрацьованих та дискусійних частин цієї наукової проблеми належать суперечливість між акумуляційною здатністю та фітостабілізаційним потенціалом еспарцету. У науковій літературі бракує єдиної думки щодо ролі еспарцету піщаного у поводженні з радіонуклідами. Залишається невирішеним питання: чи виступає він ефективним фітоекстрактором, що виносить значну кількість ^{137}Cs та ^{90}Sr із ґрунту в надземну масу (яку потім необхідно спеціально утилізувати), чи його основна роль полягає у фітостабілізації – закріпленні радіонуклідів у потужній кореневій системі для запобігання їх міграції у суміжні середовища.

Специфіка радіоекологічного відгуку культури на дерново-підзолистих піщаних ґрунтах Полісся. Більшість досліджень поведінки багаторічних бобових трав у зоні радіоактивного забруднення проведені на більш зв'язаних та родючих типах ґрунтів. Особливості накопичення та коефіцієнти переходу (Кп) радіонуклідів у системі «дерново-підзолистий піщаний ґрунт – еспарцет піщаний» вивчені слабо, хоча саме ці ґрунти характеризуються низькою ємністю вбирання, високою рухливістю ^{137}Cs і ^{90}Sr та гострим дефіцитом калію і кальцію (фізіологічних аналогів радіонуклідів).

Вплив симбіотичного апарату на радіотолерантність та міграцію радіонуклідів. Еспарцет піщаний як бобова культура формує потужний симбіоз із бульбочковими бактеріями (*Rhizobium* spp.). Проте вплив азотфіксуючої здатності та активності симбіотичного апарату на стійкість рослин до хронічного іонізуючого випромінювання, а також на вибірковість поглинання радіоактивних елементів корінням в умовах Полісся практично не досліджувався.

Оцінка якості та безпеки супутньої продукції. Невирішеною науково-практичною проблемою є встановлення екологічних меж використання біомаси еспарцету, вирощеного на радіоактивно забруднених землях. Недостатньо вивчено, чи забезпечує скошування еспарцету на різних фазах вегетації одержання сировини (наприклад, для технічних цілей чи сидератів), показники радіоактивного забруднення якої не перевищують допустимі рівні, та як це впливає на загальний радіоекологічний баланс агроекосистеми Полісся.

Ефективне вирішення цих питань дозволить обґрунтувати екологічно безпечні параметри залучення еспарцету піщаного до фіторемедіаційних технологій відновлення радіоактивно забруднених земель Полісся України.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Експериментальну частину роботи виконували в умовах Полісся (м. Коростень). Посів еспарцету піщаного здійснювали за загальноприйнятою технологією у чотириразовій повторності. Проби ґрунту для лабораторного аналізу відбирали методом «конверта»: з глибини орного шару (22–25 см) кожної дослідної ділянки вилучали п'ять окремих зразків.

Після очищення від рослинних решток відібрану ґрунтову масу ретельно гомогенізували. З отриманої суміші шляхом точкового відбору формували середню пробу масою 500 г для подальшого радіоекологічного аналізу. Готові зразки поміщали в марковані поліетиленові пакети та транспортували до лабораторії. Збір надземної вегетативної маси та насіння проводили методом точкових проб.

Визначення питомої активності радіонуклідів (^{137}Cs, ^{90}Sr) у зразках ґрунту, фітомаси та насіння еспарцету піщаного здійснювали гамма-спектрометричним методом за допомогою приладу «СЕГ-05». Вимірювання виконували на базі сертифікованої лабораторії Житомирської філії ДУ «Держґрунтохорона» Інституту сільського господарства Полісся НААНУ.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Оцінка фіторемедіаційного потенціалу еспарцету піщаного (*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC.) проводилася в умовах радіоактивно забруднених територій Житомирського Полісся на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах. Головними критеріями оцінки ефективності виступали коефіцієнт переходу (Кп, що показує відношення питомої активності радіонукліда в сухій речовині рослин до його щільності забруднення або питомої активності у ґрунті), а також індекс біоконцентрації (BCI).

Експериментальні дослідження показали, що еспарцет піщаний демонструє виражену селективність щодо поглинання та розподілу радіонуклідів між підземними та надземними органами. Отримані середні дані радіоекологічного моніторингу систематизовано у таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри накопичення радіонуклідів органами еспарцету піщаного на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах

Орган рослини	Питома активність ^{137}Cs, Бк/кг сух. маси	Коефіцієнт переходу (Кп) ^{137}Cs, (Бк/кг)/(кБк/м2)	Питома активність ^{90}Sr, Бк/кг сух. маси	Коефіцієнт переходу (Кп) ^{90}Sr, (Бк/кг)/(кБк/м2)
Коренева система	420 ± 38	0,42	890 ± 74	1,78
Стебла	110 ± 12	0,11	510 ± 43	1,02
Листя	185 ± 16	0,19	740 ± 61	1,48
Суцвіття	95 ± 9	0,10	320 ± 28	0,64

Примітка: щільність забруднення дослідної ділянки становила: за ^{137}Cs – 1000 кБк/м^2 (27 Кі/км^2); за ^{90}Sr – 500 кБк/м^2 (13,5 Кі/км^2).

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що інтенсивність переходу ^{90}Sr у всі органи еспарцету піщаного в 3–5 разів перевищує аналогічні показники для ^{137}Cs. Це безпосередньо пов'язано з хімічною природою елементів. На бідних дерново-підзолистих піщаних ґрунтах Полісся, які мають низький вміст обмінного кальцію (Ca^{2+}), рослини еспарцету активно поглинають його хімічний аналог – радіостронцій (^{90}Sr), компенсуючи дефіцит макроелемента.

Фізіологічний аналіз розподілу радіонуклідів у біомасі еспарцету піщаного дозволяє зробити важливі наукові висновки щодо механізмів його радіо толерантності. Найвищі рівні накопичення обох радіонуклідів зафіксовані в підземній частині рослин. Для ^{137}Cs концентрація в корінні становить 420 Бк/кг, що майже в 4 рази перевищує вміст у стеблах. Це вказує на потужний кореневий бар'єр еспарцету, який зв'язує іони цезію у внутрішньоклітинних структурах коріння (вакуолях) і обмежує їх ксилемний транспорт до генеративних органів.

Мінімальні концентрації радіонуклідів виявлено в суцвіттях (95 Бк/кг для ^{137}Cs та 320 Бк/кг для ^{90}Sr). Це є біологічно обумовленим захисним механізмом репродуктивної системи рослини, що запобігає пошкодженню насіннєвого матеріалу під дією внутрішнього іонізуючого випромінювання.

Формування потужної системи бульбочкових бактерій (*Rhizobium* spp.) на коренях еспарцету забезпечує рослини додатковим пулом пластичних речовин, що підвищує їх загальну фізіологічну стійкість. Активний азотний обмін сприяє ущільненню клітинних стінок коріння, що створює додатковий механічний та хімічний бар'єр для міграції ^{137}Cs у надземні органи.

На основі співвідношення накопичення радіонуклідів у підземній та надземній масі розраховано сумарний ремедіаційний ефект культури. Завдяки потужній стрижневій кореневій системі, яка проникає вглиб ґрунтового профілю на 1,5–2,0 м, еспарцет піщаний виконує подвійну екологічну функцію. Рослина надійно локалізує радіонукліди у кореневій зоні, зв'язуючи їх у фракціях органічної речовини ґрунту під час щорічного відмирання дрібних корінців. Це запобігає вимиванню токсикантів у ґрунтові води. Хоча Кп ^{137}Cs для надземної біомаси є порівняно низьким (0,10–0,19), високий вихід сухої речовини еспарцету (до 6–8 т/га) дозволяє виносити суттєву абсолютну кількість радіонуклідів з верхнього гумусового горизонту за один укіс.

Еспарцет піщаний на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся виявляє високу пристосованість до умов радіоактивного забруднення. Специфіка його ремедіаційного потенціалу полягає у вираженій фітостабілізуючій здатності щодо ^{137}Cs (завдяки кореневому бар'єру) та помірній фітоекстракційній спроможності щодо ^{90}Sr. Отримані дані дозволяють рекомендувати використання еспарцету піщаного для залучення у фіторемедіаційні сівозміни як культури-захисника та поліпшувача структури малопродуктивних радіоактивно забруднених ґрунтів.

Для розрахунку сумарного екологічного ефекту фіторемедіації важливим є не лише визначення концентрації елементів у рослині, а й оцінка їхнього абсолютного виносу з одиниці площі разом із відчужуваною надземною біомасою. Оскільки еспарцет піщаний є багаторічною культурою, продуктивність його надземної маси та обсяги вилучення радіонуклідів суттєво змінюються за роками вирощування (табл. 2).

Найменший ремедіаційний ефект зафіксовано на першому році вегетації еспарцету піщаного, що зумовлено повільним розвитком надземної маси (2,8 т/га) та формуванням стрижневого кореня. Починаючи з другого року, урожайність сухої речовини зростає у 2,3–2,8 рази, що пропорційно збільшує абсолютні обсяги очищення орного горизонту.

Розрахунки показують, що темпи фітоекстракції ^{90}Sr є на порядок вищими порівняно з ^{137}Cs. У середньому за рік з урожаєм відчужується 0,708 % від загального запасу радіостронцію в ґрунті, тоді як для радіоцезію цей показник становить лише 0,085 %.

Таблиця 2

Динаміка винесення ^{137}Cs та ^{90}Sr з урожаєм надземної біомаси еспарцету піщаного за роками вегетації

Рік вегетації	Урожайність сухої речовини, т/га	Винос ^{137}Cs з урожаєм, кБк/га	Частка вилучення ^{137}Cs від запасу в ґрунті, %	Винос ^{90}Sr з урожаєм, кБк/га	Частка вилучення ^{90}Sr від запасу в ґрунті, %
1-й рік	2,8 ± 0,2	420	0,042	1750	0,350
2-й рік	6,4 ± 0,5	960	0,096	4000	0,800
3-й рік	7,8 ± 0,6	1170	0,117	4875	0,975
Середнє за рік	**5,7**	**850**	**0,085**	**3542**	0,708

Примітка: Розрахунок частки вилучення проведено відносно вихідного запасу радіонуклідів у орному (0–20 см) шарі ґрунту дослідної ділянки.

За умов тривалого вирощування еспарцету піщаного (до 5 років на одному місці) сумарне вилучення ^{90}Sr з біомасою може досягати 4–5 % від його вихідного вмісту у ґрунті. Це підтверджує доцільність використання культури у програмах реабілітації земель, оскільки вилучена надземна маса після скошування та безпечного спалювання (з утилізацією попелу як радіоактивного відходу) дозволяє поступово знижувати щільність забруднення територій Полісся.

Висновки з даного дослідження та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі. На основі проведених досліджень та отриманих експериментальних результатів щодо оцінки фіторемедіаційного потенціалу еспарцету піщаного (*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC.) в умовах радіоактивного забруднення Житомирського Полісся сформульовано такі наукові висновки та визначено перспективні напрями подальшої роботи.

Встановлено, що еспарцет піщаний виявляє значно вищу інтенсивність поглинання радіостронцію порівняно з радіоцезієм на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся. Коефіцієнти переходу (Кп) ^{90}Sr в органи рослини у 3–5 разів перевищують аналогічні показники для ^{137}Cs, що зумовлено фізіологічним поглинанням радіостронцію як хімічного аналога дефіцитного в цих ґрунтах кальцію.

Доведено наявність потужного кореневого бар'єру в еспарцету піщаного щодо ^{137}Cs (питома активність у корінні становить 420 ± 38 Бк/кг проти 110 ± 12 Бк/кг у стеблах). Водночас зафіксовано надійну дію генеративного бар'єру для обох радіонуклідів: питома активність у суцвіттях є мінімальною (95 Бк/кг для ^{137}Cs та 320 Бк/кг для ^{90}Sr), що захищає репродуктивну систему рослини від інтенсивного внутрішнього опромінення.

Обсяги вилучення радіонуклідів з урожаєм сухої речовини еспарцету піщаного прямо залежать від віку плантації. Максимальну ремедіаційну здатність зафіксовано на 3-й рік вегетації за врожайності 7,8 т/га, коли винос ^{137}Cs досягає 1170 кБк/га (0,117 % від запасу в ґрунті), а ^{90}Sr – 4875 кБк/га (0,975 %). У середньому за рік вегетації культура забезпечує відчуження 0,708 % радіостронцію та 0,085 % радіоцезію, що робить еспарцет піщаний перспективним фітоекстрактором для реабілітації забруднених земель.

Перспективним є дослідження впливу різних штамів бульбочкових бактерій (*Rhizobium* spp.) та мікоризних грибів на рухливість радіонуклідів у ризосфері еспарцету. Це дозволить розробити технології мікробіологічної активації або, навпаки, блокування надходження ^{137}Cs та ^{90}Sr у рослини.

Необхідно детально вивчити процеси термічної переробки (спалювання, піроліз) отриманої фіторемедіаційної сировини еспарцету піщаного з метою мінімізації вторинного викиду радіонуклідів в атмосферу та локалізації попелу як слаборадіоактивного відходу.

Потребує оцінки довгостроковий вплив вирощування еспарцету піщаного як сидеральної культури на процеси самоочищення та відновлення родючості дерново-підзолистих піщаних ґрунтів за рахунок фіксації атмосферного азоту та збагачення ґрунту органічною речовиною.

Доцільним є створення моделей інтеграції еспарцету піщаного у короткоротаційні ремедіаційні сівозміни сумісно з іншими фітотехнологічними культурами для комплексного очищення територій Українського Полісся.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Razanov S., Koruniak O., Dydiv A., Holubieva T., Symochko L., Balkovskyi V., Alekseev O., Vradii O., Ohorodnichuk H., Polishchuk M., Kolisnyk O., Mazur O., Mazur O. Radioprotective and sorption properties of beespine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES).* 2023. Vol. 13 (2). P. 71–76. https://doi.org/10.31407/ijees13.2

2. Vradii O., Mudrak H., Alieksieiev O. Application of biological preparations on the crops of perennial leguminous grasses as a means of providing soils with atmospheric nitrogen. *Ecology, Biotechnology, Agriculture and Forestry in the 21st century: problems and solutions.* Monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandych. Estonia. Tallinn: Teadmus OÜ, 2024. P. 252–269.

3. Alieksieiev O., Vradii O., Verheles P. Substantiation of the interaction of the symbiotic system Bradyrhizobium – Glycine max (L.) Merr. With the microbiome and study of agrochemical factors. *Erbe der europäischen Wissenschaft. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft»*. Buch 47. Teil 1. 2026. P. 6–42. DOI: 10.30890/2709-2313.2026-47-01

4. Первачук М.В., Врадій О.І. Інтенсифікація процесу фіксації атмосферного азоту під впливом мікробних препаратів на посівах багаторічних бобових трав. *Сільське господарство та лісівництво.* 2016. № 4 (1). С. 220–230.

5. Врадій О.І. Застосування біологічних препаратів на посівах багаторічних бобових трав як засіб забезпечення ґрунтів атмосферним азотом. *Сільське господарство та лісівництво.* 2017. № 6. Т. 1. С. 149–158.

6. Врадій О.І. Біологічні препарати як чинник посилення мікробіологічної діяльності агрофітоценозу бобових культур. *Сільське господарство та лісівництво.* 2017. Вип. № 7. Т. 1. С. 220–230.

7. Ткачук О.П., Врадій О.І. Баланс поживних речовин у ґрунті при вирощуванні зернобобових культур. *Екологічні науки.* 2022. № 2 (41). С. 43–47. https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.7

8. Ткачук О.П., Врадій О.І. Параметри кореневих систем бобових багаторічних трав як чинник впливу на агроекологічний стан ґрунту. *Екологічні науки.* 2023. № 1 (46). С. 153–161. https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.26

9. Alieksieiev O.O., Vradii O.I. Organic agriculture as an element of soil preservation and restoration. *Сільське господарство та лісівництво.* 2023. № 3 (30). С. 228–239. doi: 10.37128/2707-5826-2023-3-17

10. Врадій О.І., Салямон А.В. Екотоксикологічна оцінка ґрунтів агроекосистеми Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2024. Вип. 138. С. 397–403. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.47

11. Врадій О.І., Алєксєєв О.О., Салямон А.В. Біотичні показники росту і розвитку сої залежно від її розміщення в агроекосистемі на певній відстані від лісу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. (Агрономія і біологія)*. 2025. Вип. 1 (59). С. 51–56. https://doi.org/10.32782/agrobio.2025.1.7

12. Алєксєєв О.О., Врадій О.І. Вивчення інтенсивності накопичення важких металів рослинами буркуну білого (*Melilotus albus*) на ґрунтах, що зазнали впливу бойових дій. *Аграрні інновації.* 2025. №30. С. 18–24. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.2

13. Врадій О.І., Алксєєв О.О., Матусяк М.В., Салямон А.В. Інтенсивність накопичення важких металів насінням рослин сої в залежності від їх зростання в агроекосистемі на певній відстані від лісу. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2025. Вип. 144. С. 67–74. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.9

14. Врадій О.І., Салямон А.В. Вплив просторового розташування посівів відносно лісу на біохімічні показники зерна сої. *Аграрні інновації.* 2025. № 31. С. 18–23. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.3

15. Врадій О.І. Визначення питомої активності ^{137}Cs, ^{40}K, ^{226}Ra та ^{232}Th у сірому лісовому ґрунті при вирощуванні озимої пшениці за її мінерального удобрення. *Вісник Сумського національного аграрного університету. (Агрономія і біологія)*. 2025. Вип. 3 (61). С. 64–69. https://doi.org/10.32782/agrobio.2025.3.7

16. Алєксєєв О.О., Врадій О.І., Разанов О.С., Салямон А.В. Інтенсивність накопичення радіонуклідів урожаєм еспарцету піщаного за його вирощування в умовах Полісся. *Аграрні інновації.* 2025. №32. С. 7–11. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.1

17. Разанов С.Ф., Врадій О.І., Алєксєєв О.О., Крілевич В.Р. Вплив мінерального удобрення на питому активність ^{137}Cs, ^{40}K, ^{226}Ra та ^{232}Th сірого лісового ґрунту за вирощування кукурудзи. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2025. Вип. 145 (2). С. 348–355. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.2.37

Дата першого надходження статті до видання: 22.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 630.181/ 631.95
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.54

ЗАХИСНІ ЛІСОВІ НАСАДЖЕННЯ У СТРУКТУРІ АГРОЛАНДШАФТІВ ВІННИЧЧИНИ

Нейко І.С. *– д.с.-г.н.,*
старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-4473-540X

У статті проведено аналіз стану та структури агроландшафтів Вінниччини. Акцентована увага на значному порушення територій внаслідок інтенсивного сільськогосподарського користування. Зазначено, що стан ароландшафтів у більшій мірі оцінюється як екологічно нестабільний. Це обумовлено значною часткою орних земель у структурі земель. У той де час частка еколого-стабілізуючих угідь є надзвичайно низькою. Особливо низькою є частка лісових насаджень. У роботі зазначено, шо внаслідок низької частки лісових насаджень відмічаються тенденції щодо розвитку водної та вітрової ерозії. Процесами ерозії у Вінницькій області охоплено близько 40% ріллі. При цьому площа ерозійних земель на схилах становить понад 630 тис.га (31%). Негативного впливу зазнають сільськогосподарські угіддя також внаслідок незавершеності системи захисних лісових насаджень. Сьогодні площа захисних насаджень у межах Вінниччини становить 50 тис.га, що є недостатнім. Проведення польових досліджень вказує на те, шо насадження часто характеризуються незадовільним станом та структурою. Особлива увага повинна бути приділена полезахисним лісовим смугам. У більшій мірі ці лісові смуги характеризуються незадовільною морфологічною структурою. Здебільшого відмічені тенденції щодо їх загущення, що потребує застосування відповідних заходів. Загалом, обстежені насадження характеризувалися порівняно добрим станом, ростом та розвитком. Тенденцій щодо значного погіршення стану захисних лісових насаджень у межах Вінниччини не виявлено. Обстежені полезахисні лісові смуги характеризуються домінуванням у складі аборигенних деревних порід (дуба звичайного, ясена звичайного, граба звичайного клена гостролистого та інших). У основному дерева характеризуються добрим станом та низьким відсотком дефоліації та дехромації. Поряд із цим є доцільним створення додаткових захисних насаджень, зокрема, полезахисних стокорегулюючих та нших лісових смуг для забезпечення стабільності агроландшафтів області. Враховуючи сучасний стан агроландшафтів Вінниччини доцільним є проведення заходів щодо збільшення частки еколого-стабілізуючих угідь, зокрема захисних лісових насаджень.

Ключові слова: *деревостани, агроугіддя, полезахисні лісові смуги, стан.*

Neyko I.S. Protective forest plantings in the structure of agrolands of Vinnytsia region

The article analyzes the state and structure of agro-landscapes of Vinnytsia region. Emphasis is placed on the significant disturbance of territories due to intensive agricultural use. It is noted that the state of agro-landscapes is assessed as ecologically unstable to a greater extent. This is due to the significant share of arable land in the land structure. At the same time, the share of ecologically stabilizing lands is extremely low. The share of forest plantations is especially low. The work indicates that due to the low share of forest plantations, trends in the development of water and wind erosion are noted. Erosion processes in Vinnytsia region cover about 40% of arable land. At the same time, the area of erosive lands on the slopes is over 630 thousand hectares (31%). Agricultural lands are also negatively affected due to the incompleteness of the system of protective forest plantations. Today, the area of protective plantations within Vinnytsia region is 50 thousand hectares, which is insufficient. Field research indicates that stands are often characterized by an unsatisfactory condition and structure. Special attention should be paid to field shelterbelts. To a greater extent, these forest belts are characterized by an unsatisfactory

© Нейко І.С., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

morphological structure. For the most part, trends towards their thickening have been noted, which requires the application of appropriate measures. In general, the surveyed stands were characterized by a relatively good condition, growth and development. No trends towards a significant deterioration in the condition of protective forest stands within the Vinnytsia region have been identified. The surveyed field shelterbelts are characterized by a dominance in the composition of aboriginal tree species (common oak, common ash, common hornbeam, sharp-leaved maple and others). In general, the trees are characterized by a good condition and a low percentage of defoliation and dechromation. Along with this, it is advisable to create additional protective plantations, in particular, field protection drainage regulating and other forest belts to ensure the stability of the agro-landscapes of the region. Given the current state of the agro-landscapes of Vinnytsia, it is advisable to take measures to increase the share of ecologically stabilizing lands, in particular protective forest stands.

Key words: *tree stands, agricultural land, shelterbelts, forest stands.*

Актуальність теми дослідження. За умови зростання антропогенного навантаження на природне середовище зростає роль лісових насаджень, які відіграють ключову роль у забезпеченні екологічної стабільності агроландшафтів. Особливо роль лісових насаджень зростає у зоні Степу та Лісостепу, для яких наявна висока ступінь розорювання територій. Одним із ключових показників, який відображає високу ефективність це стійкість агроландшафту до ерозії. На даний час площа порушених земель ерозією у межах України становить близько третини. Найбільш інтенсивно ерозійні процеси відмічаються на територіях, які характеризуються низькою часткою лісів та захисних лісових насаджень.

Зростання агропромислового виробництва, інтенсифікація сільського господарства призводить до скорочення природних ресурсів, зниження біорізноманіття та біологічної продуктивності видів біоти. Поряд із цим, зростання процесів деградації є результатом втрати ландшафтами їх стабільності та стійкості до антропогенних навантажень. Скорочення площі лісів, які відмічалися впродовж минулих століть призвели до суттєвого порушення екологічної рівноваги ландшафтів. Зменшення площі лісів призвело до посилення негативної дії чинників оточуючого середовища. Так, у останні десятиліття відмічаються негативні тенденції щодо зростання негативного впливу засух та суховіїв, що спричинило пересушення поверхні ґрунтів. Внаслідок цього ґрунтовий покрив у більшій мірі піддається вітровій та водній ерозії [6, 7].

На даний час в Україні (із врахуванням тимчасово окупованих територій) загальна площа захисних лісових насаджень становить близько 1,4 млн.га. Із загальної площі близько 430 тис.га складають полезахисні лісові смуги, які зосереджені на орних землях. Площа стокорегулюючих лісових насаджень становить близько 90 тис.га. Із загальної площі захисних насаджень, близько 40% перебувають у незадовільному стані. Це обумовлено тим, що у даних насадженнях не було вчасно проведено господарських заходів. Також однією із причин їх незадовільного стану є першочергове недотримання відповідної технології їх закладання, а також не дотримання вимог щодо використання певних видів дерев. Одним із основних недоліків щодо просторової локалізації є відсутність захисних лісових смуг та незавершеність контурів захисних лісових насаджень. У зв'язку із цим питання підвищення екологічної стійкості агроландшатів та покращення стану і продуктивності захисних лісових насаджень є особливо актуальними у сучасних умовах [1, 2, 12].

Постановка проблеми. Територія України характеризується високим ступенем розорювання сільськогосподарських угідь. Під ріллю щороку відводиться близько половини усіх земель сільськогосподарського призначення. Зростання

площі земель, які підлягають розорюванню впродовж останніх десятиліть призвело до активізації ерозійних процесів. Зазначені тенденції призвели до негативних змін щодо зниження родючості ґрунтів та зниження вмісту гумусу.

Найсуттєвішими трансформаційними процесами, які призвели до порушення та зміни структурної організації природних ландшафтів була заміна природних компонентів антропогенними. Зокрема, скорочення площ природних угідь, які забезпечували екологічну стійкість ландшафтів – лук, лісів, водно-болотних угідь за рахунок збільшення сільськогосподарських угідь, зокрема, орних земель. Внаслідок цього сформувалися частково порушені типи ландшафтів – агроландшафти, які віднесено до порівняно нестабільних ландшафтів, які відрізняються порівняно низькою саморегуляцією. Стійкість агроландшафтів у більшій мірі залежить від їх структури та інтенсивності використання окремих компонентів. Зокрема, агроландшафти із високою часткою природної компоненти характеризуються порівняно високим ступенем стійкості [12].

Створення захисних лісових насаджень та розширення площі лісів сприяє підвищенню екологічної стійкості агроландшафтів. Важливими аспектами також є особливості стану та структури природних територіальних комплексів, які є компонентами агроландшафтів. Зокрема, важливими аспектами є не лише площа лісових угідь, але й особливості стану та структури лісових масивів, їх локалізація та поширення у межах агроландшафту. Одним із ключових питань є забезпечення оптимальної лісистості у межах агроландшафтів. Також важливими чинниками є як загальна структура агроландшафтів так і особливості антропогенного використання їх компонентів [2, 8].

На даний час наявні лише фрагментарні дані щодо досліджень екологічної стійкості агроландшатів та стану лісової компоненти у їх структурі у межах Вінниччини. Також відсутні комплексні дослідження щодо оцінювання стану та структури захисних лісових насаджень з метою забезпечення найбільш ефективного їх використання та збереження їх функціонального призначення [1].

Методика досліджень. Дослідження проведені у межах Вінницької області. Об’єкт дослідження – сучасний стан та просторово-функціональні особливості захисних лісових насаджень, зокрема, полезахисних, стокорегулюючих, прияружних та прибалкових лісових смуг. Дослідженнями передбачено: проведення загального аналізу захисних лісових масивів та лісових смуг у межах Вінниччини; оцінювання особливостей породного стану, структури та стану лісосмуг різного функціонального призначення; оцінювання ефективності їх використання.

Захисні лісові насадження, зокрема, полезахисні, стокореулюючі, прияружні та прибалкові смуги обстежували за попередньо визначеними маршрутами. У межах кожного насадження визначали особливості їх конструкції, стан, локалізацію стосовно географічних координат, розташування відносно елементів рельєфу. У найбільш типових насадженнях було закладено пробні площі. Пробні площі були закладені відповідно до загальноприйнятої у лісовій таксації та лісовпорядкуванні методики (ОСТ 56-69-83) на закладених пробних площах були визначені наступні показники: деревна порода діаметр, стан. Стан дерев визначали за міжнародною методикою ICP-Forests. У якості основних показників стану використовували дефоліацію (втрату фотосинтетичного апарату) та дехромацію (нехарактерна зміна забарвлення). Ці показники визначали у відсотках відносно крони із градацією у 5%.

Результати досліджень. Інтенсивне використання природних ландшафтів у межах Вінниччини призвело до значного скорочення територій, зайнятих

природними територіальними комплексами (лісів, лучно-степових ділянок, водно-болотних територій). При цьому питома частка сільськогосподарських угідь значно зросла. Впродовж останніх 2–3-х десятиліть стан та структура агроландшатфів суттєво змінилася. На значній території структура агроландшафтів зазнала суттєвого спрощення, а зв'язки між їх компонентами зазнали значного порушення. На окремих територіях активізувалися процеси водної та вітрової ерозії [1].

Одними із ключових компонентів агроландшафтів є захисні лісові насадження. Саме вони забезпечують стійкість та збалансованість та підтримання екологічної рівноваги. Важливим аспектом є наявність та відповідний стан усіх захисних лісових насаджень відповідно до їх функціонального призначення [12].

Тривала практика агровиробництва вказує на те, що найбільш оптимальним із точки зору забезпечення відповідної стабільності та збереження родючості ґрунтового покриву є комплексні заходи, які поєднують захисне лісорозведення та ґрунтозахисну систему землеробства. Слід відмітити, що полезахисні лісові смуги відграють одну із ключових аспектів щодо збереження ґрунтового покриву від процесів дефляції. Відповідні властивості полезахисних лісових смуг підвищуються, або ж знижуються у залежності від їх морфологічної структури, вікового, породного складу, складу насаджень та інших характеристик. Важливими аспектом є підтримання відповідної морфологічної структури лісових смуг. Зокрема, полезахисні лісові смуги повинні бути продувної, або ажурної конструкції.

На даний час більшість полезахисних лісових смуг не відповідають цим критеріям У більшості насаджень із часом формується другий ярус деревостану, а також з'являється густий підлісок, що суттєво змінює їх просторово-функціональне призначення. У результаті цього відбувається зміна структури полезахисних лісових смуг, більшість із яких переходять у смуги із щільною структурою. Внаслідок цього відмічаються негативні тенденції щодо зниження їх захисних та еколого-стабілізуючих функцій [1–4, 9–11].

За проведеним аналізом просторового розташування полезахисних лісових смуг відмічаються наявні тенденції щодо збереження їх незавершеності. Тобто, система полезахисних лісових смуг у більшості випадків є незавершеною та не забезпечує екологічної стабільності окремих територій. Іншим важливим аспектом є старіння полезахисних лісових смуг. Особливо це стосується смуг, які створені швидкоростучими деревними породами, зокрема, такими, як тополя. Такі лісові смуги як правило, не мають значного терміну функціонування внаслідок біологічних особливостей певних деревних порід. У результаті цього відбувається погіршення стану та розпадання деревостанів [1].

Захисні лісові насадження закладають у межах агроландшафтів із використанням основних лісотвірних порід. Необхідно зазначити, що найбільш оптимальним є використання аборигенних деревних порід. Можливе також введення також й інтродукованих видів, проте ці деревні породи можуть характеризуватися значно нижчою їх біологічною стійкістю. Більшість захисних лісових насаджень, у першу чергу полезахисних лісових смуг у межах Вінниччини були створені у 1950–1970-их роках. На даний час загальна площа лісових насаджень які мають захисне значення у межах Вінницької області складає близько 50 тис.га, а площа яружно-балкових захисних лісових насаджень становить біля 16 тис.га. За результатами проведеного аналізу матеріалів лісовпорядкування «Віноблагроліс» встановлено, що найбільша частка захисних лісових насаджень Вінниччини представлена такими деревними породами як дуб звичайний, ясен звичайний, клен гостролистий, тополя (різноманітні види), береза повисла. У той ще час близько

60–70% усіх захисних лісових насаджень створено за участю дуба звичайного. Стокорегулюючі захисні лісові насадження представлені здебільшого акацією, гледичією, дубом звичайним та сосною звичайною [1, 6, 9, 12].

У більшості випадків обстежені лісові насадження характеризуються порівняно добрим станом, ростом та розвитком. Поряд із цим, основна частина лісових насаджень потребує проведення лісогосподарських заходів щодо видалення підліску, підросту, другого ярусу, які сформувалися у полезахисних лісових смугах. Певна частина обстежених лісових смуг потребує видалення окремих дерев та рядів внаслідок невдало застосованих схем змішування, вибору деревних порід. Також окремі насадження потребують значного доповнення, внаслідок впадання дерев (рис. 1).

Таксаційна характеристика полезахисних лісових смуг у межах Вінницької області (Крижопільська ОТГ) наведена у таблиці 1.



Рис. 1. Полезахисні лісові смуги ажурної та щільної конструкції, яка потребує проведення лісогосподарських заходів

Таблиця 1

Таксаційна характеристика полезахисних лісових смуг у межах Вінницької області (Крижопільська ОТГ)

Насадження (пробна площа) №	Склад насадження	Вік, років	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Повнота	Бонітет	Запас, м³/га
1	8Дз2Яз+Клп	110	25,5	36,5	0,70	II	320
2	6Дз4Гз+Клг	70	20,5	24,5	0,75	II	210
3	6Яз2Дз2Гз	110	28,5	42,0	0,70	I	330
4	4Дз3Яз3Гз+Клг	110	27,5	43,5	0,75	II	300

Обстежені лісові насадження віком 70–110 років. Насадження створені із переважанням дуба звичайного, ясена звичайного та граба звичайного. У складі насаджень також спостерігається участь клена польового та клена гостролистого. Середня висота насаджень становить 20,5–28,5 м. Середній діаметр коливається у межах 24,5–43,5 см. Це переважно насадження із середньою повнотою 0,70–0,75 та запасом деревини 210–330 м^3/га.

За результатами проведених обстежень полезахисних лісових смуг встановлено, що окремі із них за структурою не відповідають необхідним критеріям. Зокрема, встановлено, що окремі насадження характеризуються щільною структурою та потребують проведення лісогосподарських заходів щодо видалення

другого ярусу та підліску. Загалом, обстежені лісові смуги перебувають у доброму стані. Інтенсивного пошкодження та всихання деревостанів не виявлено. Показники дефоліації та дехромації знаходяться у межах 10–20%.

За наведеними у таблиці даними дерева характеризуються низьким відсотком дефоліації та дехромації що вказує на їх добрий стан. Так більшість дерев (82–87%) характеризується рівнем втрати фотосинтетичного апарату на рівні до 20%. Лише незначна частка дерев (3–6%) перебувають у незадовільному стані (показник дефоліації та дехромації 41–60%). Сухих та всихаючих дерев на ділянках не виявлено. У більшість дерев протяжність крони становить 41–60% відносно їх загальної висоти. Частка таких дерев у насадженнях становить 55–68% Значно менша частка дерев (18–25%) із протяжністю крони 20–40%. Зазначені характеристики вказують на те що крони є достатньо розвиненими, а дерева перебувають у доброму стані.

Розподіл дерев полезахисних лісових смуг за показниками дефоліації та дехромації (%) і протяжністю крони (%) у межах Вінницької області (Крижопільська ОТГ) наведено у таблиці 2.

Таблиця 1

Розподіл дерев полезахисних лісових смуг за показниками дефоліації та дехромації (%) і протяжністю крони (%) у межах Вінницької області (Крижопільська ОТГ)

Насадження (ПП) №	Розподіл дерев за покахниками дефоліації та дехромації, %					Розподіл дерев за протяжністю крони, %				
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
1	84	10	6	0	0	0	25	55	20	0
2	82	15	3	0	0	0	20	63	17	0
3	82	13	5	0	0	0	23	61	16	0
4	87	10	3	0	0	0	18	68	14	0

Із врахуванням наявного стану земельних ресурсів Вінниччини, зокрема наявні розповсюджені негативні явища, визначеними принциповими підходами стосовно більш раціонального використання земельних ресурсів та механізмів щодо їх реалізації є: значне збільшення територій еколого-стабілізуючих угідь та скорочення угідь, які є еколого-дестабілізуючими (у першу чергу орні землі); проведення заходів щодо зменшення процесів дигресії шляхом покращення стану та продуктивності екологічно-стабільних екосистем, зокрема, лісів та лучно-степових ділянок; дотримання еколого-допустимих норм та нормативів щодо використання природних ресурсів, що оптимізує антропогенне навантаження. Усі заходи доцільно здійснювати із врахуванням розвитку глобальних екологічних заходів щодо формування екологічної та Смарагдової мережі.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Захисні лісові насадження у межах Вінниччини займають площу 50 тис.га, що є недодатнім для підтримання екологічної стабільності агроландшафтів. Більшість лісових смуг за конструктивними особливостями не відповідають основним критеріям та є загущеними або ж навпаки – зрідженими. Склад захисних лісових насаджень представлений здебільшого аборигенними деревними породами, які характеризуються порівняно добрим станом, ростом та розвитком. Одним із найважливіших аспектів підвищення екологічної стійкості агроландшафтів Вінниччини є проведення

заходів щодо збільшення площі захисних лісових насаджень та покращення їх структури шляхом здійснення лісгосподарських заходів.

Перспективним напрямком щодо дослідження впливу захисних лісових насаджень є оцінювання впливу складу та конструкції на процеси водної та вітрової ерозії, а також оцінювання ефективності використання наявних лісових смуг з метою підвищення екологічної стабільності агроландшатів та забезпечення високої урожайності сільськогосподарських культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Василевський О.Г., Нейко І.С., Марценюк О.П., Єлісавенко Ю.А. Стан лісоаграрних ландшафтів Вінниччини та роль лісової компоненти у підвищенні екологічної стійкості територій. *Збірник наукових праць ВНАУ*. Т.4. Вип. 63. С. 134–142.

2. Клименко М.О., Ткачук О.П., Панкова С.О. Екологічні проблеми функціонування полезахисних лісосмуг в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 179–194.

3. Лукіша В.В. Екологічні функції полезахисних насаджень. *Екологічні науки*. 2013. № 1. С. 56–64.

4. Миколайко В.П., Кирилюк В.П., Козинська П.І. Полезахисні лісові смуги як землі сільськогосподарського призначення. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 2. С. 84–93.

5. Панкова С.О. Вплив полезахисних лісосмуг на збереження родючості ґрунтів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2026. Вип. 148. Ч. 3. С. 331–336.

6. Панкова С.О. Розробка оптимального видового різноманіття полезахисних лісових насаджень у Лісостепу Правобережному. *Аграрні інновації*. 2026. Вип. 35. С. 233–239.

7. Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Ведмідь М.М. Системи захисту ґрунтів від ерозії. К.: Златояр. 2004. 435 с.

8. Стадник А.П. Ландшафтно-екологічна оптимізація систем захисних лісових насаджень України: *автореф. дис. ... докт. с.-госп. наук: спец. 03.00.16 «Екологія». Ін-т агроекології*. К. 2008. 46 с.

9. Ткачук О. П., Панкова С. О. Склад і біометричні показники полезахисних лісосмуг центрального Лісостепу. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 117–124.

10. Ткачук О.П., Панкова С.О. Екологічна стійкість дерев полезахисних лісосмуг до атмосферних забруднень. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 1. С. 81–91.

11. Ткачук О.П., Панкова С.О. Сільськогосподарські чинники впливу на екологічний стан полезахисних лісосмуг Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 28(1). С. 183–194.

12. Юхновський В.Ю., Малюга В.М., Штофель М.О., Дударець С.М. Шляхи вирішення проблеми полезахисного лісорозведення в Україні. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. Львів. 2009. Вип. 7. С. 62–65.

Дата першого надходження статті до видання: 17.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 631.582:631.8:631.62
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.55

ЕФЕКТИВНІСТЬ ҐРУНТОЗАХИСНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ ЗОНИ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Цуман Н.В. *– к.с.-г.н., доцент,*
викладач спеціальних дисциплін,
Житомирський агротехнічний фаховий коледж
orcid.org/0000-0003-0770-6009
Савчук О.І. *– к.с.-г.н.,*
завідувачка відділу наукових досліджень
з питань інтелектуальної власності та маркетингу інновацій,
Інститут сільського господарства Полісся
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-6702-239
Насінник І.І. *– викладач загальноосвітніх дисциплін, викладач-методист,*
Житомирський агротехнічний фаховий коледж
orcid.org/0000-0002-8716-8767

Грунтозахиста система землеробства в сучасних короткоротаційних системах землеробства зони Полісся України зумовлена прискореним розвитком деградаційних процесів під дією ряду чинників, серед яких значне місце займає втрата гумусу в грунтах. Особливості гранулометричного та мінерального складу грунтів, кисла реакція грунтового розчину обумовлюють високу рухомість хімічних елементів. В результаті рівень агрохімічних показників низький, а грунти потребують постійного удобрення.

Дослідження проводились в стаціонарному досліді Інституту сільського господарства Полісся НААН. Грунти дерново-підзолисті, суглинкові з агрохімічною характеристикою: вміст гумусу – 0,83–1,2%, загального азоту – 0,07–0,1%, рухомих сполук фосфору 5,7–6,1; калію – 4,2–4,6 мг на 100 г грунту, pH_{KCl} 4,5–5,3.

Наведено результати дослідження, які показали, що для подолання втрати гумусу і досягнення стабільності вмісту гумусу в грунті необхідно впроваджувати грунтозахисні системи землеробства в короткоротаційних сівозмінах. Для вирішення дуже важливого і актуального питання для зони Полісся було закладено стаціонарних дослід, в якому запропоновано введення пожнивних проміжних культур короткої вегетації (пелюшко-овес, гірчиця) з подальшим заорюванням на зиму.

Дослідженнями було встановлено, що родючість грунтів на фоні сидерації збільшується на 18–25%, а грунтові агрохімічні показники відповідно змінюються в сторону збільшення на 25–30%. Також на цьому фоні було помічено зменшення хвороб та шкідників протягом 5-и років на 30–32%.

Аналіз даних показав, що одним з основних критеріїв рівня родючості грунтів є інтенсивність балансу поживних речовин в грунті. Елементами біологізації (сидерацією) при нестачі гною в сучасних умовах, можна втримувати баланс гумусу за рахунок долі азоту бобових культур в приходній частині балансу.

Однак, слід відмітити, що на контролі в п'ятипільній сівозміні без внесення мінеральних добрив виник дефіцит фосфору та калію та простежувалась тенденція до погіршення гумусового стану грунтів через порушення позитивного балансу поживних речовин.

Ключові слова: *система землеробства, гумус, оранка, агрохімічні показники, кислотність грунту, ефективність, сівозміна, агротехнічні заходи.*

© Цуман Н.В., Савчук О.І., Насінник І.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Tsuman N.V., Savchuk O.I., Nasinnyk I.I. Effectiveness of the soil-conservation farming system in a short-rotation crop rotation in the Polissia zone of Ukraine

The need for a soil-conserving farming system within the modern short-rotation cropping systems of Ukraine's Polissia zone is driven by the accelerated progression of soil degradation processes caused by various factors, most notably the loss of soil humus. The specific particle-size distribution and mineral composition of the soils, combined with the acidic reaction of the soil solution, result in high mobility of chemical elements. Consequently, agrochemical indicators are low, and the soils require constant fertilization.

The research was conducted as part of a long-term field experiment at the Polissia Institute of Agriculture of the NAAS. The soils were sod-podzolic loams with the following agrochemical characteristics: humus content of 0.83–1.2%; total nitrogen of 0.07–0.1%; mobile phosphorus compounds of 5.7–6.1 mg/100 g of soil; potassium of 4.2–4.6 mg/100 g of soil; and pH(KCl) of 4.5–5.3.

Research results indicate that to counteract humus loss and stabilize soil humus content, it is necessary to implement soil-conserving farming systems within short-rotation crop sequences. To address this critical issue for the Polissia region, a long-term field experiment was established; it proposes the use of short-growing-season post-harvest catch crops (such as field pea-oat mixtures or mustard), which are subsequently plowed under for the winter.

Data analysis has shown that the intensity of the soil nutrient balance is a key criterion for soil fertility. Under current conditions–where manure is in short supply–the humus balance can be maintained through biological methods (such as green manuring) by leveraging the nitrogen contribution from leguminous crops.

However, it should be noted that in the control variant of the five-field crop rotation–where no mineral fertilizers were applied–a phosphorus and potassium deficit emerged, and a trend toward the deterioration of soil humus status was observed due to the disruption of the positive nutrient balance.

Key words: *farming system, humus, plowing, agrochemical indicators, soil acidity, efficiency, crop rotation, agrotechnical measures.*

Актуальність теми дослідження. Ефективність ґрунтозахисної системи землеробства в короткоротаційній сівозміні зони Полісся України зумовлена комплексом екологічних, економічних та кліматичних чинників, що вимагають негайного реформування традиційних підходів до господарювання [3, 5]. Основні аспекти, які визначають високу актуальність:

– дерново-підзолисті, піщані та глеєві ґрунти Полісся мають низький вміст гумусу, підвищену кислотність та слабку структурність. Вони найбільш схильні до водної та вітрової ерозії;

– інтенсивна механічна обробка при вирощуванні економічно вигідних культур призводить до прискореної мінералізації органічної речовини та руйнування і без того слабкої структури ґрунту;

– внаслідок глобального потепління зона Полісся стрімко втрачає свій статус зони надмірного та достатнього зволоження. Частішими стали посухи та суховії.

– грунтозахисні технології дозволяють затримати критично важливу зимово-весняну вологу в ґрунті;

– традиційна система землеробства є надто витратною;

– сучасний ринок вимагає гнучкості, що змушує аграріїв переходити на короткоротаційні сівозміни (3–4-пільні) з насиченням високорентабельних культур (соняшник, кукурудза, соя, ріпак). Такі сівозміни виснажують грунт і тому розробка адаптованих ґрунтозахисних систем для них є необхідною.

Наші дослідження показали, що покращення потенціалу ґрунту лише через сидерацію та залишення пожнивних решток сприяє більшому розвитоку бур'янів і хвороб.

Ґрунтозахисне землеробство повинно бути направлене на збільшення вуглецю в ґрунті і зменшити його викид в атмосферу у вигляді CO_2. Наукове обґрунтування ефективності ґрунтозахисних технологій у короткоротаційних сівозмінах Полісся дасть змогу розв'язати головне протиріччя сучасного агровиробництва – як

отримувати високі прибутки без безповоротної втрати родючості поліських земель в умовах змін клімату та зміни системи землеробства [1, 5].

Висока концентрація просапних та технічних культур у короткоротаційних сівозмінах створює підвищене антропогенне навантаження на агрофітоценози. За цих умов виникає гостра науково-практична потреба в розробці та впровадженні адаптованих ґрунтозахисних систем землеробства (спеціальних обробітків, мульчування пожнивними рештками та сидерації).

Дослідження ефективності таких систем у короткоротаційних сівозмінах Полісся є надзвичайно актуальною темою. Воно дозволяє збалансувати екологічні вимоги щодо збереження і відтворення родючості вразливих поліських ґрунтів із економічними критеріями енергозбереження, зниження собівартості продукції та підвищення урожайності сільськогосподарських культур в умовах нестабільного зволоження.

Висока концентрація просапних та технічних культур у короткоротаційних сівозмінах створює підвищене антропогенне навантаження на агрофітоценози. За цих умов виникає гостра науково-практична потреба в розробці та впровадженні адаптованих ґрунтозахисних систем землеробства (спеціальних обробітків, мульчування пожнивними рештками та сидерації).

Дослідження ефективності таких систем у короткоротаційних сівозмінах Полісся є надзвичайно актуальною темою. Воно дозволяє збалансувати екологічні вимоги щодо збереження і відтворення родючості вразливих поліських ґрунтів із економічними критеріями енергозбереження, зниження собівартості продукції та підвищення урожайності сільськогосподарських культур в умовах нестабільного зволоження [3].

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку аграрного сектору України характеризується високою інтенсифікацією землеробства, де домінують економічно вигідні, але виснажливі для ґрунту культури. У зоні Полісся України, де переважають дерново-підзолисті та піщані ґрунти з низьким природним вмістом гумусу та підвищеною кислотністю, ця тенденція набуває критичного значення. Порушення науково обґрунтованих сівозмін, дефіцит органічних добрив та надмірний механічний обробіток призводять до прискореної деградації ґрунтового покриву: дегуміфікації, деструктуризації, переущільнення та розвитку водної і вітрової ерозії [2, 5].

Останніми роками виробники масово переходять на короткоротаційні сівозміни (з ротацією 3–5 років) для швидкої окупності інвестицій. Проте насичення сівозмін обмеженим набором культур (часто соняшником, кукурудзою, ріпаком або соєю) створює суттєвий тиск на агроекосистеми Полісся. Традиційні системи землеробства в таких умовах не здатні забезпечити відтворення родючості ґрунту та його захист від ерозійних процесів.

Виникає гостра потреба у впровадженні високоефективних ґрунтозахисних систем землеробства (застосування сидератів та залишення пожнивних решток), які адаптовані саме до умов короткоротаційних сівозмін Поліського регіону. Однак, комплексний вплив таких систем на агрофізичні, біологічні та хімічні властивості легких поліських ґрунтів, а також їх сумарна економічна та енергетична ефективність за умов короткої ротації культур залишаються недостатньо вивченими та дискусійними.

Таким чином, балансування між економічною доцільністю короткоротаційних сівозмін та екологічною вимогою збереження родючості вразливих ґрунтів Полісся через оптимізацію ґрунтозахисних заходів становить важливу науково-практичну проблему для агроекології України [4].

Методика досліджень. Експериментальні дослідження проводилися впродовж 2021–2025 рр. на базі стаціонарного досліду Інституту сільського

господарства Полісся НААН. Дослідні ділянки територіально розташовані в зоні Центрального Полісся Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений дерново-підзолистими оглеєними, легкосуглинковими)ґрунтами. Вихідні агрохімічні показники орного шару (0–20 см) характеризуються такими значеннями:

– вміст гумусу (за ДСТУ 4289:2004 / методом Тюріна) – 1,2%], що відповідає низькому рівню забезпеченості;

– рухомі сполуки фосфору P_2O_5 – 5,8 та обмінного калію K_2O – 4,3 (за методом Кірсанова / ДСТУ 4405:2005) – *мг на 100 г грунту,*

Обмінна кислотність pH_{KCl} – 4,8 ґрунти кислі.

Дослідження виконували у короткоротаційній сівозміні із таким чергуванням культур: 1 – Соя, 2 – Пшениця озима, 3 – Кукурудза на зерно, 4 – Озимий ріпак, 5 – Кукурудза на зерно.

Польовий дослід закладено методом розщеплених ділянок в 3 – разовому повторенні. Загальна площа дослідної ділянки становила – 25 м^2, облікова –20 м^2.

Схема досліду включала вивчення наступних факторів:

Система удобрення: 1. Без добрив; 2. N60P60K60; 3. N60P60K60 + сидерат; 4. N60P60K60 + сидерат + солома; 5. N90P60K90 + сидерат + солома.

Для оцінки ефективності ґрунтозахисної системи землеробства використовували загальноприйняті в агрономії та ґрунтознавстві методики:

Щільність складення ґрунту визначали методом ріжучих кілець за Качинським (ДСТУ ISO 11272:2001) у шарах 0–10, 10–20 та 20–30 см.

Структурно-агрегатний склад – методом сухого просіювання за Саввіновим (ДСТУ 4746:2007).

Вологість ґрунту – термостатно-ваговим методом (ДСТУ ISO 11465:2001) у критичні фази розвитку рослин.

Вміст рухомих поживних речовин (N, P, K) аналізували за методом Кірсанова в модифікації ЦІНАО (ДСТУ 4405:2005).

Целюлозолітичну активність ґрунту (як показник біологічної активності) оцінювали аплікаційним методом за швидкістю розкладання лляного полотна.

Облік урожаю сільськогосподарських культур здійснювали суцільним поділяночним методом з перерахунком на 100% чистоту та стандартну 14% вологість зерна / насіння.

Математичну та статистичну обробку експериментальних даних виконували методом дисперсійного аналізу (LSD_{05}/ $НСР_{05}$) за Доспєховим за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel та Statistica.

Результати та їх обговорення. Моніторинг гумусового стану дерново-підзолистих ґрунтів показав, що досліджувана короткоротаційна сівозміна (1 – Соя, 2 – Пшениця озима, 3 – Кукурудза на зерно, 4 – Озимий ріпак, 5 – Кукурудза на зерно) через свою структуру за класичного обробітку формує дефіцитний (пасивний) баланс органічної речовини.

Головними чинниками дегуміфікації у цьому випадку є: кукурудза на зерно (яка займає 40% площі сівозміни) та соя вимагають інтенсивного міжрядного обробітку за класичної технології, що активізує процеси мінералізації гумусу аеробною мікрофлорою [4].

Попри значну кореневу масу кукурудзи, високий винос поживних речовин та інтенсивна деструкція органіки під технічними культурами (ріпак) за класичної оранки призводять до від'ємного балансу гумусу [1, 2].

Легкий механічний склад дерново-підзолистих ґрунтів прискорює вимивання мобільних фракцій гумусових речовин під дією промивного режиму зволоження. За класичної системи землеробства (щорічна глибока оранка з відчуженням

побічної продукції) щорічні втрати гумусу в орному шарі (0–20 см) становили в середньому 0,35–0,48 т/га, а сумарний дефіцит за ротацію досягав 1,8–2,2 т/га.

Впровадження розробленої ґрунтозахисної системи (повне повернення пожнивних решток) дозволило суттєво трансформувати гумусовий режим (таблиця 1).

Таблиця 1

Трансформація гумусового стану дерново-підзолистого ґрунту за ротацію сівозміни (усереднені дані 2021–2025 рр.)

Варіант обробітку та удобрення	Вихідний вміст гумусу, %	Вміст гумусу після ротації, %	Зміна (+/-), %	Баланс гумусу за ротацію, т/га
Традиційна система *(Оранка на 20–22 см, без побічної продукції)*	1,38	1,29	-0,09	-1,95
Ґрунтозахисна система *(заробка соломи й стебел)*	1,38	1,39	+0,01	+0,15
Ґрунтозахисна *(солома + сидерат після пшениці)*	1,38	1,43	+0,05	+0,85

Головним джерелом компенсації втрат органічної речовини стало залишення на полі соломи озимої пшениці та озимого ріпаку, а також подрібнених стебел кукурудзи. Завдяки високому вмісту клітковини та лігніну в рештках кукурудзи та ріпаку, їх гуміфікація у верхньому шарі (0–10 см) відбувалася за типом утворення стійких гумінових кислот [3].

Найвищу ефективність показав варіант із додатковим посівом пожнивного сидерату (пелюшко-вівса та редьки олійної) після збирання пшениці озимої під другу кукурудзу. Велика маса кореневих виділень бобового попередника (соя) на початку сівозміни в поєднанні з сидеральною біомасою забезпечили бездефіцитний баланс гумусу (+0,85 т/га) навіть за насичення сівозміни просапними культурами [1, 2].

Експериментально доведено, що застосування виключно мінеральних добрив або повна відмова від засобів хімізації призводять до від'ємного балансу гумусу за ротацію сівозміни. Натомість інтеграція мінерального живлення з біологічними факторами (сидерати, солома) на фоні ґрунтозахисного обробітку дозволяє стабілізувати цей показник (таблиця 2).

Таблиця 2

Динаміка вмісту гумусу в орному шарі (0–20 см) дерново-підзолистого ґрунту залежно від систем удобрення за ротацію сівозміни

№ вар.	Система удобрення (на фоні ґрунтозахисного обробітку)	Вихідний вміст гумусу, %	Вміст гумусу після ротації, %	Зміна (+/-), %	Баланс гумусу, т/га
1	Без добрив *(Контроль абсолютний)*	1,35	1,24	-0,11	-2,35
2	N60P60K60	1,35	1,31	-0,04	-0,85
3	N60P60K60+ сидерат	1,35	1,36	+0,01	+0,21
4	N60P60K60+ сидерат + солома	1,35	1,39	+0,04	+0,85
5	N90P60K90+ сидерат + солома	1,35	1,42	+0,07	+1,49

Варіант 1 (Без добрив). Зафіксовано найвищий рівень дегуміфікації (зменшення на **0,11%**, дефіцит – **2,35 т/га**). Рослини формували низький врожай, відповідно кількість кореневих і пожнивних решток була мінімальною, що на фоні промивного режиму Полісся призвело до «вигорання» гумусу.

Варіант 2 N60P60K60. Застосування лише мінеральних добрив дещо покращило ситуацію завдяки збільшенню біомаси коренів кукурудзи та ріпаку. Проте баланс залишався дефіцитним (**-0,85 т/га**), оскільки мінеральний азот стимулював мікрофлору до використання гумусових запасів для компенсації дефіциту вуглецю.

Варіант 3 N60P60K60 + сидерат. Завдяки вирощуванню пожнивного сидерату (наприклад, після пшениці озимої під кукурудзу) вдалося досягти бездефіцитного балансу (**+0,21 т/га**). Легкодоступна органічна речовина сидерату активізувала мікробіоту без руйнування стабільних гумусових сполук.

Варіант 4 N60P60K60 + сидерат + солома. Сумісне повернення соломи зернових / ріпаку, стебел кукурудзи та сидерату забезпечило суттєве зростання вмісту гумусу на **0,04%**. Це пов'язано з оптимізацією співвідношення вуглецю до азоту (C:N) у ґрунті. Рослинні рештки з високим вмістом лігніну слугували тривалим матеріалом для новоутворення стійких гумусових фракцій.

Варіант 5 N90P60K90 + сидерат + солома. Підвищення дози азоту та калію до N90K90 забезпечило максимальний приріст гумусу (**+0,07%**, баланс **+1,49 т/га**). Цей ефект досягнутий завдяки балансу: вищі дози добрив сформували потужну вегетативну та кореневу масу кукурудзи й ріпаку, яка разом із соломою та сидератом інтенсивно гуміфікувалася в умовах безвідвального ґрунтозахисного обробітку.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Для запобігання втратам гумусу в інтенсивній 5-пільній короткоротаційній сівозміні зони Полісся недостатньо використовувати лише мінеральні добрива. Оптимальним рішенням є поєднання ґрунтозахисного обробітку із органо-мінеральною системою (Варіанти 4 та 5), де пожнивні рештки та сидерати виконують роль головного стабілізатора деструкційних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бойко П. І. Наукові основи відтворення родючості ґрунтів у сівозмінах різного типу. Київ : Аграрна наука, 2018. 248 с.
2. Мартинюк І. В., Слюсар І. Т. Ефективність короткоротаційних сівозмін та ґрунтозахисного обробітку на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся. *Збірник наукових праць Інституту сільського господарства Полісся НААН*. 2021. Вип. 15. С. 45–52.
3. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення гумусу. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 11 с.
4. Ефективність короткоротаційних сівозмін з економічно привабливими культурами на меліорованих землях зони Полісся / Інститут сільського господарства Полісся НААН, 2022. URL: https://isgpnaan.org/upload/stattya-u-van-2022-02-02-1.pdf
5. Цюпа М. Г., Безкровний А. К. Системи удобрення і баланс гумусу в агроценозах Полісся України. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 4. С. 29–35.
6. ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначення рухомого фосфору і обмінного калію за методом Кірсанова. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 12 с.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 630*2:657
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.56

ОРГАНІЗАЦІЯ ЛІСОЗАГОТІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ПІДПРИЄМСТВАХ КОМУНАЛЬНОЇ ФОРМИ ВЛАСНОСТІ

Іванюк І.Д. *– д.с.-г.н., професор,*
директор,
Малинський фаховий коледж
orcid.org/0000-0002-4969-8783
Андреєва О.Ю. *– д.с.-г.н., професор,*
професор кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0003-0851-800X
Іванюк Т.М. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0001-6171-4064

Наведено результати аналізу фактичних обсягів заготівлі деревини у 2022 і 2023 роках різними видами рубок у ДП «Ємільчинський лісгосп АПК» ЖОКАП «Житомироблагроліс» Житомирської обласної ради. В обидва роки обсяг заготівлі ліквідної деревини від рубок головного користування становив 75 %. Фактичний обсяг заготівлі ліквідної деревини від рубок головного користування у 2022 і 2023 рр. становив 102 і 101 % від плану, а ділової деревини – 41 і 38 % від обсягу ліквідної деревини відповідно. Згідно із сучасними європейськими стандартами розподілу деревини на категорії визначено, що найбільшу частку виходу ділової деревини в обидва роки має сосна звичайна, дещо менші – вільха чорна та береза повисла, найменшу – осика. Цей показник у перших трьох порід у 2023 році більший, ніж у 2022 році, а у дуба звичайного та осики – менший. Деревина класу D переважає у дуба звичайного (85,5 %), деревина класу С – у сосни звичайної (51,8 %). Деревина класу С переважає у берези повислої (62,5 %), а у вільхи чорної деревина класів В і С представлена майже подібно (45,4 та 44 % відповідно). За категоріями А, С і дрова для непромислових потреб (НВ) фактичний вихід продукції менший від плану, а за іншими категоріями – перевищує план на 20–168 %. Одержаний під час рубок формування і оздоровлення лісу (РФІОЛ) обсяг матеріалів круглих у 2023 році становить 12,5 % від обсягу ліквідної деревини з переважанням ділової деревини категорій С і D. Найбільше заготовлено дров промислового використання (76 % від загального обсягу ліквідної деревини і 149 % від планових завдань). Найбільші обсяги деревини було заготовлено під час санітарних рубок (86 %), зокрема під час вибіркових санітарних рубок – 82 % деревини. Рентабельність заготівлі лісопродукції становила у 2022 і 2023 рр. 0,6 % і 13,6 %, а лісопродукції від рубок головного користування – 12,2 і 26,4 %.

Ключові слова: *організація лісогосподарського виробництва, заготівля деревини, рентабельність, собівартість, лісопродукція, ділова деревина.*

© Іванюк І.Д., Андреєва О.Ю., Іванюк Т.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Ivaniuk I.D., Andreieva O.Iu., Ivaniuk T.M. Organization of forestry production at enterprises of municipal ownership

The results of the analysis of the actual volumes of timber harvesting in 2022 and 2023 by various types of felling in the State Enterprise "Emilchynskyi Forestry and Agricultural Complex" of the ZhOKAP "Zhytomyroblagrolis" of the Zhytomyr Regional Council are presented. In both years, the volume of liquid timber harvested from final fellings was 75%. The actual volume of liquid timber harvested from final fellings in 2022 and 2023 was 102 and 101% of the plan, and of commercial timber - 41 and 38% of the volume of liquid timber, respectively. According to modern European standards for the distribution of timber into categories, the largest proportion of commercial timber output in both years was obtained from Scots pine, slightly smaller from black alder and silver birch, and the smallest from aspen. This proportion for the first three species in 2023 is higher than in 2022, and for common oak and aspen is lower. Class D wood prevails in common oak (85.5%), and class C wood in Scots pine (51.8%). Class C wood prevails in silver birch (62.5%), and in black alder, classes B and C wood are presented almost similarly (45.4 and 44%, respectively). For categories A, C, and firewood for non-industrial needs (NV), the actual output is lower than the plan, and for other categories it exceeds the plan by 20–168%. The volume of roundwood obtained during forest formation and rehabilitation felling in 2023 is 12.5% of the volume of liquid wood, with a predominance of commercial wood of categories C and D. The largest amount of firewood was harvested for industrial use (76% of the total volume of liquid wood and 149% of the plan). The largest volumes of wood were harvested during sanitary felling (86%), in particular, during selective sanitary felling 82% of the wood. The profitability of harvesting forest products was in 2022 and 2023. 0.6% and 13.6%, and forest products from the main felling were 12.2 and 26.4%.

Key words: *organization of forestry production, wood harvesting, profitability, cost, forest products, commercial timber.*

Постановка проблеми. Адаптація лісового господарства України до сучасних підходів управління лісами передбачає впровадження інноваційних методів лісовирощування та відмову від традиційних підходів на користь ефективних екологічно орієнтованих рішень. Роль екологічної складової виявляється на всіх етапах розвитку лісового господарства. Зокрема, під час визначення віку рубки головного користування (РГК) все більше уваги приділяють екологічній стиглості насаджень, а стосовно природоохоронних, захисних і рекреаційно-оздоровчих категорій лісів екологічна стиглість стає основним критерієм.

Основні положення проведення лісогосподарських заходів в деревостанах визначені «Правилами поліпшення якісного складу лісів», затвердженими Постановою КМУ № 724 від 12.05.2007 року [1]. Ці правила передбачають підвищення стійкості та продуктивності деревостанів, збереження біорізноманіття та виконання санітарних, захисних і рекреаційних функцій. Одним із основних завдань є забезпечення екологічного балансу в лісостанах шляхом проведення рубок формування й оздоровлення лісів [1].

Рубки формування та оздоровлення лісів (РФІОЛ) згідно з нормативами поділяють на доглядові, санітарні, лісовідновні, ландшафтні, переформування та реконструкції. Їх проведення регламентують вікові, екологічні та економічні критерії [2–3]. Глобальні кліматичні зміни актуалізують необхідність збереження біорізноманіття в лісових екосистемах та екологічної стабільності з недопущенням негативних екологічних наслідків [3]. Лісогосподарську діяльність розглядають з акцентом на наближене до природи лісівництво [4].

Рубки головного користування призначають у стиглих і перестійних деревостанах згідно із чинними «Правилами рубок головного користування» [5]. Основною метою цих рубок є своєчасне та раціональне використання запасів стиглої деревини, а також забезпечення безперервного і збалансованого використання деревної сировини [5].

Тривалий час залишається дискусійним питання віку деревостану, у якому доцільно проводити рубки головного користування. Оптимальне управління віковою структурою лісів передбачає врахування темпів приросту насаджень [6]. Під час планування розрахункової лісосіки слід брати до уваги прогноз динаміки лісового фонду, необхідність оптимізації віку та оборотів рубок, а також збільшення середнього запасу деревини на гектар. Для цього необхідно вдосконалювати методи таксації та максимально ефективно використовувати лісосічний фонд [7]. Для ефективного планування лісозаготівель необхідно передбачити експлуатаційні витрати на всі лісосічні та транспортні роботи [8]. Під час оцінювання таких витрат необхідно врахувати технічні характеристики лісозаготівельних машин, що будуть задіяні у виробництві, щоб визначити можливості їх використання у певних природно-виробничих умовах. Вибір обладнання впливає на ефективність його застосування [9].

Аналіз останніх досліджень. На думку вчених [8–9], енергоефективність і витрати праці є ключовими факторами підвищення ефективності лісогосподарського виробництва за умов забезпечення екологічної стабільності. До рубки головного користування нерідко потрапляють соснові насадження нижчої якості. Наприклад, у сосняках віком 90–110 років середня частка ділових стовбурів становить 74 %, а вихід ділової деревини – близько 67 %. У міру збільшення віку насаджень їхня повнота суттєво зменшується, що впливає на ефективність лісозаготівель [10].

Призначення та обсяги рубок проміжного користування залежать від потреб народного господарства та стану лісового фонду. Рубки догляду сприяють підвищенню виконання лісом різних функцій та дають змогу систематично отримувати деревину. Вони забезпечують створення сприятливих умов для росту перспективних дерев, що формують високопродуктивні насадження [11].

Європейські країни практикують інтенсивні рубки догляду. У скандинавських країнах перша комерційна рубка надає 11 % від загального обсягу деревини, а наступні – 32 %. Загалом частка деревини від таких рубок перевищує 40 % від загальної заготівлі деревини. Незважаючи на те, що рубки комерційні, їх проведення сприяє поліпшенню стану лісосічного фонду. У лісах Швеції і Фінляндії після таких рубок вихід ділових сортиментів на рубках головного користування сягає 91 і 90 % відповідно [12]. В Україні останнім часом зменшилися обсяги рубок догляду, попри високу потребу в їх проведенні, особливо у соснових деревостанах Полісся [13].

Важливим фактором для лісозаготівель є сертифікація лісів. Її вважають важливим інструментом екологічного маркетингу на екологічно чутливих ринках деревини. В Україні за принципами FSC сертифіковано значну частину лісів. Однак вчені вважають, що для створення конкурентного середовища на міжнародному ринку в Україні необхідно забезпечити умови для впровадження більш ефективної схеми сертифікації лісів [14–15].

Постановка завдання. Провести аналіз фактичних обсягів заготівлі деревини різними видами рубок у ДП «Ємільчинський лісгосп АПК» та оцінити ефективність заготівлі на підприємстві.

Методи дослідження. Дослідження проведені на базі ДП «Ємільчинський лісгосп АПК» ЖОКАП «Житомироблагроліс» Житомирської обласної ради. Для дослідження використовували дані про обсяги заготівлі деревини від різних видів рубок, проведених у 2022 та 2023 роках, обсяги та ціни реалізації деревини, собівартість і рентабельність її заготівлі. Дослідження виконано на основі звітних

матеріалів підприємства методами аналізу, синтезу та узагальнення результатів. Статистичний аналіз виконано з використанням стандартних комп'ютерних програм MS Excel.

Виклад основного матеріалу дослідження. У 2022 році на підприємстві заготовлено 79787 м^3 ліквідної деревини. Частка деревини від РГК становить 75 % (61717 м^3). Від загального обсягу заготовленої деревини у 2023 році (77935 м^3) частка РГК становить також 75 % (58515 м^3) (рис. 1).

Фактичний об'єм заготівлі ліквідної деревини від РГК становив у 2022 році 61717 м^3, або 102 % від плану, а об'єм ділової деревини – 25102,9 м^3, або 41 % від загального об'єм ліквідної деревини. Найбільша частка в заготівлі (55 %) належить дровам промислового використання (ПВ).

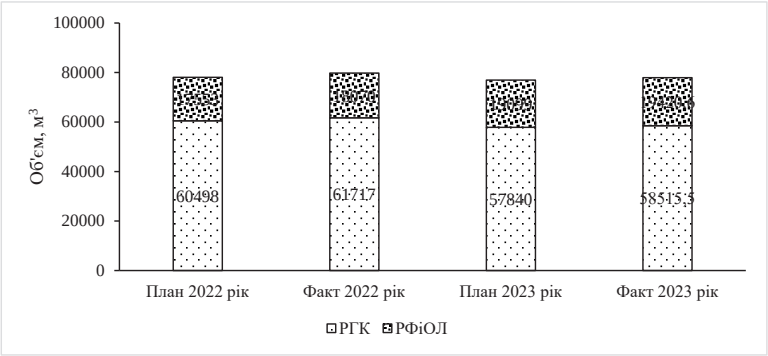
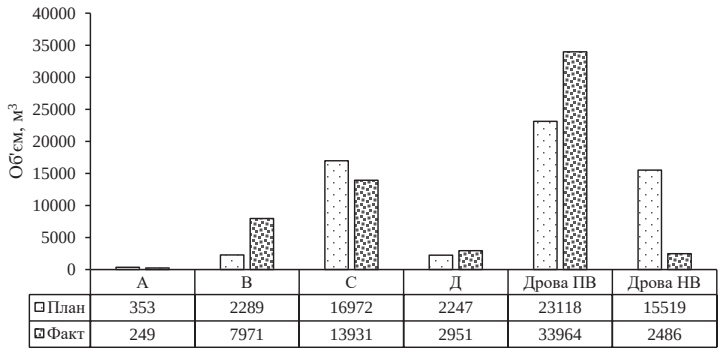


Рис. 1. Обсяги заготівлі ліквідної деревини від усіх видів рубок, м^3

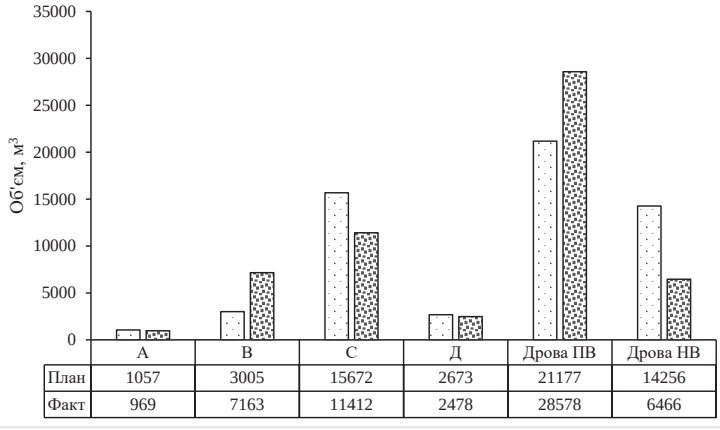
Сортиментна структура та розподіл за категоріями якості заготовленої деревини відрізняються від запланованих. За категоріями А, С і дрова для непромислових потреб (НВ) вихід продукції менший від плану, а за іншими категоріями фактичні показники більші за планові на 20–168 % (рис. 2).

У 2023 році обсяг заготовленої ліквідної деревини від РГК сягав 58515,5 м^3, або 101 % від плану. Частка ділової деревини становила 38 % від ліквіду, тобто була меншою, ніж минулого року. Переважала дров'яна деревина промислового використання (ПВ) – 49 %. За категоріями якості перевищення планових завдань визначено лише щодо круглого лісу категорії В (рис. 3).



	А	В	С	Д	Дрова ПВ	Дрова НВ
План	353	2289	16972	2247	23118	15519
Факт	249	7971	13931	2951	33964	2486

Рис. 2. Планова та фактична сортиментна структура деревини, м^3 (2022 рік)



	А	В	С	Д	Дрова ПВ	Дрова НВ
План	1057	3005	15672	2673	21177	14256
Факт	969	7163	11412	2478	28578	6466

Рис. 3. Планова та фактична сортиментна структура деревини, м³ (2023 рік)

Найбільший вихід ділової деревини в обидва роки має сосна звичайна, дещо менші – вільха чорна та береза повисла, найменший – осика (рис. 4). Цей показник у перших трьох порід у 2023 році більший, ніж у 2022 році, а у дуба звичайного та осики – менший.

Аналіз розподілу ділової деревини за класами якості свідчить, що деревина класу D переважає у дуба звичайного (85,5 %) і значно менше представлена у сосни звичайної, де переважає деревина класу С (51,8 %) (рис. 5).

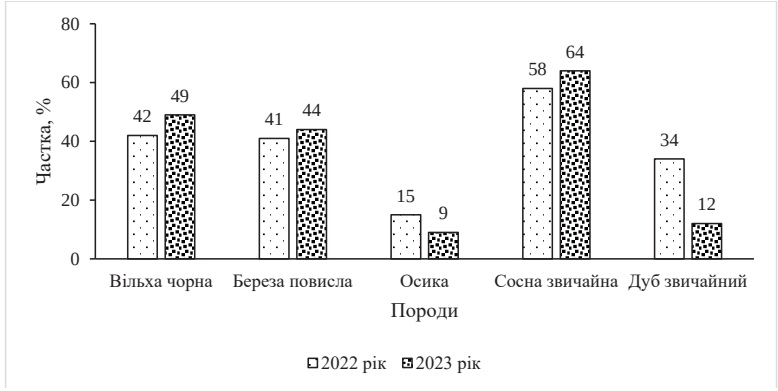


Рис. 4. Частки виходу ділової деревини окремих порід, %

Деревина класу С переважає у берези повислої (62,5 %), а у вільхи чорної деревина класів В і С представлена майже однаковою мірою (45,4 та 44 % відповідно) (див. рис. 5).

У лісовому фонді досліджуваного підприємства за 2023 рік рубками формування і оздоровлення лісу охоплено 962,5 га із загальним об'ємом заготовленої деревини 20920,6 м³, з яких 19420,6 м³ ліквідної деревини, що становить 101 % виконання плану. У 2022 році такі рубки проведено на площі 1140,4 га із загальним об'ємом заготовленої деревини 20815,7 м³, з яких 18070,1 м³ ліквідної деревини, що становило 102 % виконання плану.

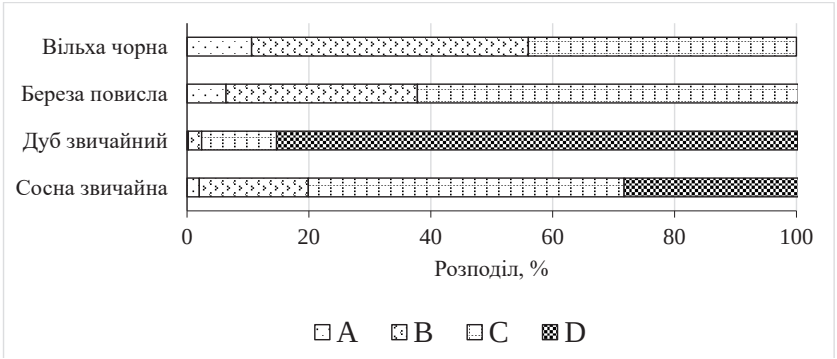
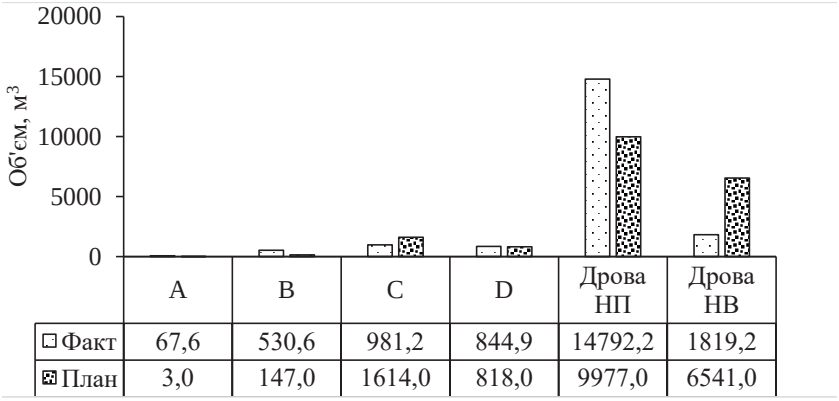


Рис. 5. Розподіл деревини окремих порід за класами якості, %

Частка виходу матеріалів круглих у 2023 році становить 12,5 % від ліквіду, з яких найбільшим є вихід ділової деревини категорій C і D (рис. 6).



	A	B	C	D	Дрова НП	Дрова НВ
Факт	67,6	530,6	981,2	844,9	14792,2	1819,2
План	3,0	147,0	1614,0	818,0	9977,0	6541,0

Рис. 6. Асортимент лісопродукції, заготовленої під час рубок формування і оздоровлення лісу (РФіОЛ), м³

Загальний обсяг заготовленої ділової деревини становить 94 % від плану. Найбільше ж заготовлено дров промислового використання – 76 % від загального обсягу ліквідної деревини і 149 % від планових завдань. Згідно з планом, частка дров промислового і непромислового використання має становити 60 і 40 % відповідно, однак фактично співвідношення становить 89 і 11 % (див. рис. 6).

Найбільші обсяги деревини заготовлені під час санітарних рубок. Такі рубки проведені на площі 807 га, причому площа санітарних вибіркових рубок сягала 804 га. Частка заготовленої деревини від санітарних рубок становить 86 %, а від вибіркових санітарних рубок – 82 %. Серед рубок формування і оздоровлення лісу найбільший обсяг заготовленої деревини одержано від проріджувань – 8,7 %. Найбільшу частку деревини, заготовленої під час РФіОЛ, становить соснова деревина – 8233,5 м³ (42 %). Деревина осики становить 5022,7 м³ (26 %), вільхи чорної та берези повислої – 13 і 14 % відповідно. На інші 8 видів деревних порід припадає 5 % заготівлі.

На підприємстві реалізація заготовленої лісопродукції відбувається за цінами франко-ліс (трель), франко-нижній склад та давальницькими цінами для переробки. Найбільші обсяги матеріалів круглих реалізуються через франко-нижній склад. У 2022 та 2023 роках реалізовано 94–95 % матеріалів круглих. Дрова промислового використання реалізовували за цінами франко-нижній складна на 94 та 98 % у 2022 та 2023 рр. Дрова непромислового використання у 2022 році реалізовували за цінами франко-ліс (трель) в обсязі 95 % заготовлених, а у 2023 році реалізація за цінами франко-нижній склад становила 45 % заготівлі, а за цінами франко-ліс (трель) – 54 %.

У 2023 році обсяги заготівлі знизилися, зокрема від рубок головного користування, але вартість лісопродукції в оптових цінах збільшилася на 12,5 %, собівартість заготівлі зменшилася на 5 %, але за рахунок збільшення витрат на збут загальні витрати збільшилися на 2 %. При цьому загальна рентабельність заготівлі лісопродукції становила 13,6%, а заготівлі від РГК – 26,4 %. Збільшення прибутку та рентабельності лісозаготівель має велике значення для подальшого розвитку підприємства.

Висновки. У 2022 році заготовлено 79787 м^3 ліквідної деревини, у 2023 році – 77935 м^3, зокрема від рубок головного користування – 75 % в обидва роки. Фактичний обсяг заготівлі ліквідної деревини від рубок головного користування у 2022 і 2023 рр. становив 102 і 101 % від плану, а ділової деревини – 41 і 38 % від обсягу ліквідної деревини відповідно. Найвищий відсоток виходу матеріалів круглих категорій А та В одержано від м'яколистяних порід, а категорій С і D – від сосни звичайної та дуба звичайного. Загалом, матеріали круглі категорії С становлять 51,8 % від ділової деревини і 19,5 % від ліквідної.

Частка виходу матеріалів круглих у 2023 році становить 12,5 % від ліквіду, з яких найбільший вихід ділової деревини категорій С і D. Найбільше заготовлено дров промислового використання (76 % від загального обсягу ліквідної деревини і 149 % від планових завдань).

Згідно з планом частка дров промислового і непромислового використання має становити 60 і 40 % відповідно, а фактичне співвідношення сягає 89 і 11 %. Найбільші обсяги деревини заготовлені під час санітарних рубок (86 %), зокрема під час вибіркових санітарних рубок – 82 % деревини.

Рентабельність заготівлі лісопродукції становила у 2022 і 2023 рр. 0,6 % і 13,6 %, а лісопродукції від рубок головного користування – 12,2 і 26,4 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Правила поліпшення якісного складу лісів : Постанова Кабінету Міністрів України від 12.05.2007 р. №724. Дата оновлення: 22.03.2020. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/724-2007-%D0%BF

2. Ткач В. П., Пастернак В. П., Букша І. Ф. Віки стиглості лісів України та шляхи удосконалення лісокористування. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2002. Вип. 101. С. 98–104.

3. Туниця Ю. Ю. Природна економіка і наближене до природи лісівництво: ідентичність концепцій та можливості їхнього взаємозбагачення. *Наукові праці лісівничої академії наук України*: зб. наук. праць. Львів: РВВ НЛТУ України, 2011. № 9. С. 14–21.

4. Чернявський М. В., Криницький Г. Т., Парпан В. І. Наближене до природи ведення лісового господарства в Україні. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*: зб. наук. праць. Львів : РВВ НЛТУ України. 2011. Вип. 9. С. 29–35.

5. Наказ Держкомлісгоспу України «Про затвердження Правил рубок головного користування» від 23.12.2009 р. № 364 URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10

6. Гірс О. А. Пропозиції щодо встановлення віку головної рубки для основних лісоутворюючих порід в експлуатаційних лісах України. Тези доповідей учасників конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів та 60-ї ювілейної студентської науково-виробничої конференції. Київ: НАУ, 2006. С. 74–75.

7. Наказ Мінприроди України «Про затвердження Інструкції про порядок погодження та затвердження розрахункових лісосік» від 05.02.2007 р. № 38. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0160-07

8. Сенько Є. І. Організація планування, та управління на підприємствах лісового і садово-паркового господарства: навч. посіб. Київ: Знання, 2012. 487 с.

9. Синякевич І. М. Економіка лісокористування. Львів: ІЗМН, 2000. 402 с.

10. Гірс О. А. Стиглість деревостанів та використання деревних ресурсів у лісах різного функціонального призначення. Корсунь-Шевченківський: Вид. Майдаченко І. С., 2011. 316 с.

11. Свириденко В. Є., Бабіч О. Г., Киричок Л. С. Лісівництво. Київ: Арістей, 2004. 544 с.

12. Liski E., Jounela P., Korpunen H., Sosa A., Lindroos O., Jylhä P. Modeling the productivity of mechanized CTL harvesting with statistical machine learning methods. International *Journal of Forest Engineering*. 2020. Vol. 31(3). P. 253–262. https://doi.org/10.1080/14942119.2020.1820750

13. Андреєва О. Ю., Іванюк І. Д., Іванюк Т. М., Буднік І. П. Типологічна структура соснових насаджень Центрального Полісся. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2020. Вип. 136. С. 165–171. https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.165

14. Пелиньо Л.М. Інтегрування принципів і критеріїв FSC у процедуру екологічного аудиту підприємств лісового господарства. *Наук. вісник УкрДЛТУ*: Зб. наук.-техн. праць. Львів, 2012. Вип. 22.15. С. 140–147.

15. Гайда Ю. І. Сертифікація лісів як інструмент екологічного маркетингу лісогосподарських підприємств. *Ефективна економіка*. 2015. № 1. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3711

Дата першого надходження статті до видання: 22.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

УДК 581.1:528.8:004.9
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.151.57

ОЦІНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕСОВОГО СТАНУ ДЕРЕВ ЗА ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ОБРОБКИ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ ЗНІМКІВ У ПРОГРАМІ QGIS

Цицюра Я.Г. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри землеробства, грунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-9167-833X

Послідовний розвиток фотограмметричних підходів до індикації фізіологічного стану рослин різної тривалості життя та ареалу поширення сформував перспективи застосуання просторових геолокаційних програм фотограмметричного та телеметричного характеру з кінцевою метою їх ефективної адаптації для визначення адаптивності та загального стресового стану рослин в однорічних та багаторічних агро- та біоценозах. Одним із таких підходів є тепловізійні методи аналізу термографічних цифрових зображень рослин направлені на оцінку таких важливих фізіолгічних функцій як транспірація, стан вологозабезпечення, інтенсивність дихання та теплова дія певного діапазону температур. Застосуання таких підходів дозволяє оцінити оптимальність агротехнологічних параметрів створеного агрофітоценозу або ж природнього ценозу багаторічного храктеру з позиції густоти стояння, освітленості, ярусності розміщення, правильності формування крони та багато інших показників.

У статті наведено результати досліджень можливості оцінки тесператрного стресу рослин яблуні на основі обробки тепловізійних цифрових знімків крони дерев у різних місцях шпалерного ряду саду за фронтально-рядного відображення площини крони за пікового значення денних температур повітря у критичний період яблуні – період активного плодоношення з формуванням плодів середнього ярусу крони.

Для досліджень було використано фрейм програми QGIS з адаптованою системою обробки растрових термографічних зображень крони дерева отриманих за рахунок використання тепловізора на базі безпілотного літального апарата DJI Mavic 3 Thermal з тепловізійним сенсором 640 × 512 пікселів.

Встановлено, що тепловізійна температура є непрямим індикатором фізіологічного стану, оскільки на неї одночасно впливають транспірація, водний статус, сонячна радіація, вітер, вологість повітря та архітектура крони. Застосування програми QGIS дозволило визначити усереднений індекс температурного стресу (ITS) для кожної окремої крони дерева на знімках а також оцінити загальну неоднорідність тесператрного стресового поля крон дерева яблуні у різних місцях локації фітоценозу плодового саду. За рахунок поєднання термографічного грід аналізу зображення тепловізора оцінено розподіл стресовго температурного поля та зроблено повну деталізації частки температурних полів з наростаючим інтервалом температур у межах крони та ідентифіковано стресові проблемні поля дерева з позиції нормальності або ж анормальності протікання базових продуктивноформуючих фізіологічних процесів. Такий підхід дозволив чітко ідентифікувати фізіологічний температурний стан кожного окремого дерева, що у перспективі дозволить застосовувати індивідуальні коректуючі агротехнологічні заходи для оптимізації означеного стану рослин за рахунок зокрема додаткової обрізки, поливу та інших мірроприємств.

Ключові слова: *програма QGIS, тепловізор, термографія цифрових зображень, фотограмметрія, дистанційний моніторинг, температурний стрес.*

© Цицюра Я.Г., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Tsytsiura Ya.G. Assessment of the temperature stress status of trees using a thermal-imaging photogrammetric image processing method in QGIS

The progressive development of photogrammetric approaches for assessing the physiological status of plants with different life spans and distribution ranges has opened up new prospects for the application of spatial geolocation software based on photogrammetric and telemetry technologies, with the ultimate goal of effectively adapting these tools to assess plant adaptability and overall stress status in annual and perennial agro- and biocenoses. One such approach involves thermal imaging methods for analysing digital thermographic images of plants, aimed at assessing important physiological functions such as transpiration, water status, respiration intensity, and the thermal effects of specific temperature ranges. The application of these approaches makes it possible to evaluate the suitability of agronomic parameters of established agro-phytocenoses or natural perennial plant communities in terms of plant density, light availability, vertical stratification, crown architecture, and numerous other indicators.

The article presents the results of a study assessing the feasibility of determining temperature stress in apple trees based on the processing of thermal digital images of tree crowns obtained at different locations within a trellised orchard row. The study used frontal row-oriented imaging of the crown plane during peak daytime air temperatures in a critical period of apple development-active fruiting, when fruits were developing in the middle crown layer.

The research was conducted using the QGIS software framework with an adapted system for processing raster thermographic images of tree crowns obtained using a thermal imaging camera mounted on a DJI Mavic 3 Thermal unmanned aerial vehicle, equipped with a 640 × 512 pixel thermal sensor.

It was established that thermal imaging temperature is an indirect indicator of physiological status, as it is simultaneously affected by transpiration, plant water status, solar radiation, wind, air humidity, and crown architecture. The application of QGIS made it possible to determine the averaged Temperature Stress Index (TSI) for each individual tree crown in the images and to assess the overall spatial heterogeneity of the temperature-stress field of apple tree crowns at different locations within the fruit orchard phytocenosis. By combining thermographic grid-based image analysis with QGIS spatial processing, the distribution of temperature-stress patterns was assessed, while the proportions of temperature fields across progressively increasing temperature intervals within the crown were fully quantified. Stress-prone areas of the tree crown were identified in terms of normal or abnormal functioning of the basic physiological processes responsible for productivity formation. This approach enabled the clear identification of the physiological thermal status of each individual tree and, in the future, may facilitate the implementation of site-specific corrective agronomic measures to optimise plant physiological status, including additional pruning, irrigation, and other management practices.

Key words: *QGIS software, thermal imaging camera, digital image thermography, photogrammetry, remote monitoring, temperature stress.*

Постановка проблеми. Сучасні зміни клімату, збільшення частоти температурних екстремумів, нерівномірність атмосферних опадів та посилення посушливих періодів зумовлюють необхідність удосконалення методів оцінювання фізіологічного стану деревних рослин. Особливого значення це набуває для плодових насаджень, лісових екосистем, міських зелених насаджень та інтродукційних колекцій, де своєчасне виявлення початкових проявів стресу дає змогу перейти від реактивного до превентивного управління станом рослин.

Традиційні методи оцінювання стресу дерев – визначення водного потенціалу листків, стоматичної провідності, вологості ґрунту, інтенсивності фотосинтезу, вмісту пігментів, візуальної оцінки дефоліації та пошкоджень – забезпечують важливу фізіологічну інформацію, проте переважно характеризуються точковістю, значними витратами праці та обмеженою можливістю одночасного обстеження великої кількості дерев. Теплова інфрачервона зйомка, навпаки, дає змогу отримувати просторово розподілену інформацію про температуру листкової поверхні та крони без безпосереднього контакту з рослиною [1, с. 107–163; 2, с. 4671–4672].

Фізіологічною основою використання температури поверхні рослин як індикатора стресу є взаємозв’язок між транспірацією, роботою продихів і тепловим

балансом листка. За достатнього водозабезпечення активна транспірація сприяє відведенню прихованої теплоти й охолодженню листкової поверхні. За дефіциту води відбувається часткове або повне закриття продихів, інтенсивність транспірації знижується, а температура листків і крони може підвищуватися відносно температури повітря [2, с. 4673; 3, с. 1–3; 4, с. 57–58; 5, с. 209–219]. Саме ця закономірність лежить в основі широкого застосування інфрачервоної термографії для виявлення водного стресу.

Перші фундаментальні підходи до оцінювання водного стресу за температурою рослин були сформовані на основі концепції температури крони та її різниці з температурою повітря. Jackson et al. запропонували використовувати температуру крони в системі розрахунку Crop Water Stress Index (CWSI), пов'язуючи її з фактичним та потенційним випаровуванням [6, с. 1133–1135; 7, с. 467–468]. Подальший розвиток цього підходу продемонстрував можливість застосування тепловізійної інформації не лише для загальної характеристики водного режиму, а й для кількісної оцінки просторової неоднорідності фізіологічного стану рослин.

Температурний сигнал пов'язаний не тільки з водним забезпеченням. Він відображає сукупний вплив сонячної радіації, температури та вологості повітря, швидкості вітру, структури крони, кута опромінення, положення листків, їхньої орієнтації, емісивності поверхні та властивостей фону [2, с. 4673; 8, с. 2250–2251; 9, с. 723–724]. Тому сучасна термографія рослин дедалі більше орієнтується не на просте визначення максимальної температури, а на просторовий аналіз температурного поля крони та його нормування щодо метеорологічних умов і фізіологічних контрольних показників.

Особливо перспективним є використання безпілотних літальних апаратів, обладнаних тепловізійними камерами. Висока просторова роздільна здатність таких даних дає можливість переходити від аналізу середньої температури масиву до індивідуального дерева, окремої крони або навіть її внутрішніх структурних зон. У дослідженнях плодових культур було показано, що дерева за обмеженого водозабезпечення можуть характеризуватися статистично вищою температурою крони, причому величина відмінностей пов'язана зі ступенем водного дефіциту [10, с. 5430–5431; 11, с. 160–161].

Сучасні роботи також демонструють можливість поєднання теплових даних з RGB-, мультиспектральними та LiDAR-даними. Така інтеграція дає змогу відокремлювати власне рослинну поверхню від ґрунту, тіней та інших об'єктів і тим самим підвищувати достовірність температурних характеристик окремих дерев [12, с. 50; 13, с. 5–6; 14, с. 2].

Отже, тепловізійна інформація може розглядатися як своєрідний просторовий фізіологічний індикатор, що дозволяє перейти від традиційного описового оцінювання стану дерев до картографування неоднорідності їхнього стресового навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Попри значний прогрес у застосуванні інфрачервоної термографії, проблема об'єктивної оцінки стресового стану дерев за тепловими знімками залишається методично складною. Основна причина полягає у тому, що підвищення температури крони не є специфічною ознакою виключно водного стресу. Подібна температурна реакція може бути пов'язана із закриттям продихів під дією високої температури та атмосферної посухи, ураженням патогенами, пошкодженням кореневої системи, дефоліацією, змінами структури крони або іншими біотичними й абіотичними чинниками [4, с. 57; 15, с. 3–4; 16, с. 2].

Особливо важливо враховувати, що температура крони формується під одночасним впливом рослини та навколишнього середовища. Maes і Steppe показали, що температура поверхні рослин підвищується за збільшення температури повітря та надходження радіації, а також за зниження швидкості вітру і відносної вологості повітря [2, с. 4673–4674]. Водночас на рівні крони суттєве значення мають її висота, щільність і архітектоніка, а на рівні окремого листка – його просторове положення та орієнтація [5, с. 211; 17, с. 3–5].

Іншою проблемою є змішування температурних сигналів рослини та фону. При недостатній просторовій роздільній здатності один піксель може одночасно містити листкову поверхню, гілки, ґрунт, трав'янисту рослинність або тінь. Така ситуація істотно ускладнює інтерпретацію температури крони [10, с. 5431; 18, с. 2000–2001]. Тому одним із ключових етапів обробки тепловізійних даних повинно бути виділення саме рослинної частини зображення.

Для БПЛА-зйомки додатковою проблемою є стабільність температурних вимірювань. Недорогі неохолоджувані тепловізійні сенсори можуть характеризуватися температурним дрейфом, віньєтуванням та залежністю показників від умов польоту. Kelly et al. встановили, що без належної радіометричної корекції похибка температурних оцінок у польових умовах може істотно зростати; ефективним засобом є використання наземних температурних контрольних об'єктів та емпіричної лінійної калібровки [15, с. 4–5; 19, с. 118–119]. Аналогічно Gerchow et al. показали, що температурна калібровка та врахування дрейфу сенсора є критичними для отримання достовірного теплового ортомозаїчного шару [14, с. 2–3].

Окрему проблему становить фотограмметричне узгодження теплових зображень. Теплові кадри часто мають меншу просторову роздільну здатність і нижчий локальний контраст порівняно з RGB-знімками, що зменшує кількість надійних спільних точок для побудови ортомозаїки. Тому перспективним є використання геометричної інформації, отриманої з високороздільних RGB-знімків, для просторового прив'язування теплового каналу [14, с. 4].

У цьому контексті важливим є використання геоінформаційних систем, зокрема QGIS, як середовища, в якому теплова інформація може бути переведена з окремих знімків у просторово структуровані показники для кожного дерева. QGIS дозволяє виконувати растрові розрахунки, маскування, перепроєктування, класифікацію та статистичний аналіз растрових значень у межах полігонів окремих крон. Зокрема, інструмент *Zonal statistics* розраховує середнє, медіану, стандартне відхилення, мінімальне, максимальне значення та інші статистики растра в межах кожного полігона [20, с. 2–5].

Таким чином, актуальним завданням є розроблення відтворюваного GIS-підходу, який би об'єднував тепловізійну зйомку, фотограмметричне формування геоприв'язаного теплового шару, виділення індивідуальних крон, статистичну обробку температурних значень та подальше картографування рівнів стресового навантаження.

Метою дослідження було наукове обґрунтування та методичне опрацювання підходу до оцінювання просторової неоднорідності стресового стану дерев за результатами тепловізійної фотограмметричної зйомки з використанням геоінформаційних можливостей програми QGIS.

Матеріали та методи дослідження. Тепловізійні знімки дерев формували у серпні 2026 року за використання безпілотного літального апарата DJI Mavic 3 Thermal з тепловізійним сенсором 640 × 512 пікселів.

Місце проведення зйомки – фруктовий плодоносний сад на шпалері Вінницького аграрного університету (координати (49°12'35.0"N; 28°24'36.0"E).

Зйомку проводили у боковій фронтальній проекції відносно досліджуваної поверхні крони дерев у період активної вегетації (фаза плодоношення) за відносно стабільних метеорологічних умов. Відстань від країв крони дерев до траєкторії переміщення тепловізійної камери дотримувалась однотиповою відповідно до наземного маркера. Інтервал між фіксацією знімків для мормування масиву цифрових зображень вкладається у 90 секунд.

Теплові зображення отримували у радіометричному форматі R-JPEG, що забезпечував подальше вилучення температурних значень для окремих пікселів.

Для кожного дерева формували індивідуальний полігон крони на основі RGB-зображень із подальшим його просторовим суміщенням із тепловим растром. Такий підхід дозволив мінімізувати вплив змішаних пікселів, що містили інформацію про температуру рослинної поверхні, ґрунту та інших компонентів фону, відповідно до принципів поєднаної обробки RGB- та теплових даних [18, с. 795–797].

Просторову обробку та аналіз тепловізійної інформації проводили у середовищі QGIS. Після геометричного узгодження теплових і RGB-даних для кожної крони визначали середню, медіанну, мінімальну та максимальну температуру, стандартне відхилення і діапазон температурних значень за використання інструменту Zonal statistics [20, с. 7–8].

Для нормування температурного сигналу відносно атмосферних умов розраховували різницю між середньою температурою крони та температурою повітря (рівняння 1):

$$\Delta T = T_{\text{к}} - T_{\text{п}} \quad (1)$$

де: $T_{\text{к}}$ – середня температура крони рослини, °C;
$T_{\text{п}}$ – середня температура повітря, °C.

Для аналізу було застосовано також інтегральний індекс температурного стресу (ITS) за рівнянням 2:

$$ITS = \frac{T_{mean} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \times 100 \quad (2)$$

де: T_{mean} – середня температура дерева; T_{min} – нижня межа температурного діапазону; T_{max} – верхня межа.

Отримані показники використовували для індивідуального оцінювання та картографування рівня температурного стресу кожного дерева. На заключному етапі формували тематичний GIS-шар із просторовим відображенням рівнів стресового стану дерев. Повна деталізація методика представлена на інфографічній панелі (рис. 1).

На підставі отриманих тепловізійних термографічних знімків було сформовано тестове поле з 6 знімків крони різних дерев по фронтальному ряду шпалерного ряду саду з метою формування масиву цифрового зображення для подальшого аналізу у фреймі QGIS та оцінки можливості цього програмного інструменту для оцінки стресостійкості дерев на прикладі яблуні. Результати такого масиву представлено на рис. 2.

Статистичну обробку результатів проводили у середовищі програми Statistica 10 із використанням методів варіаційної статистики.

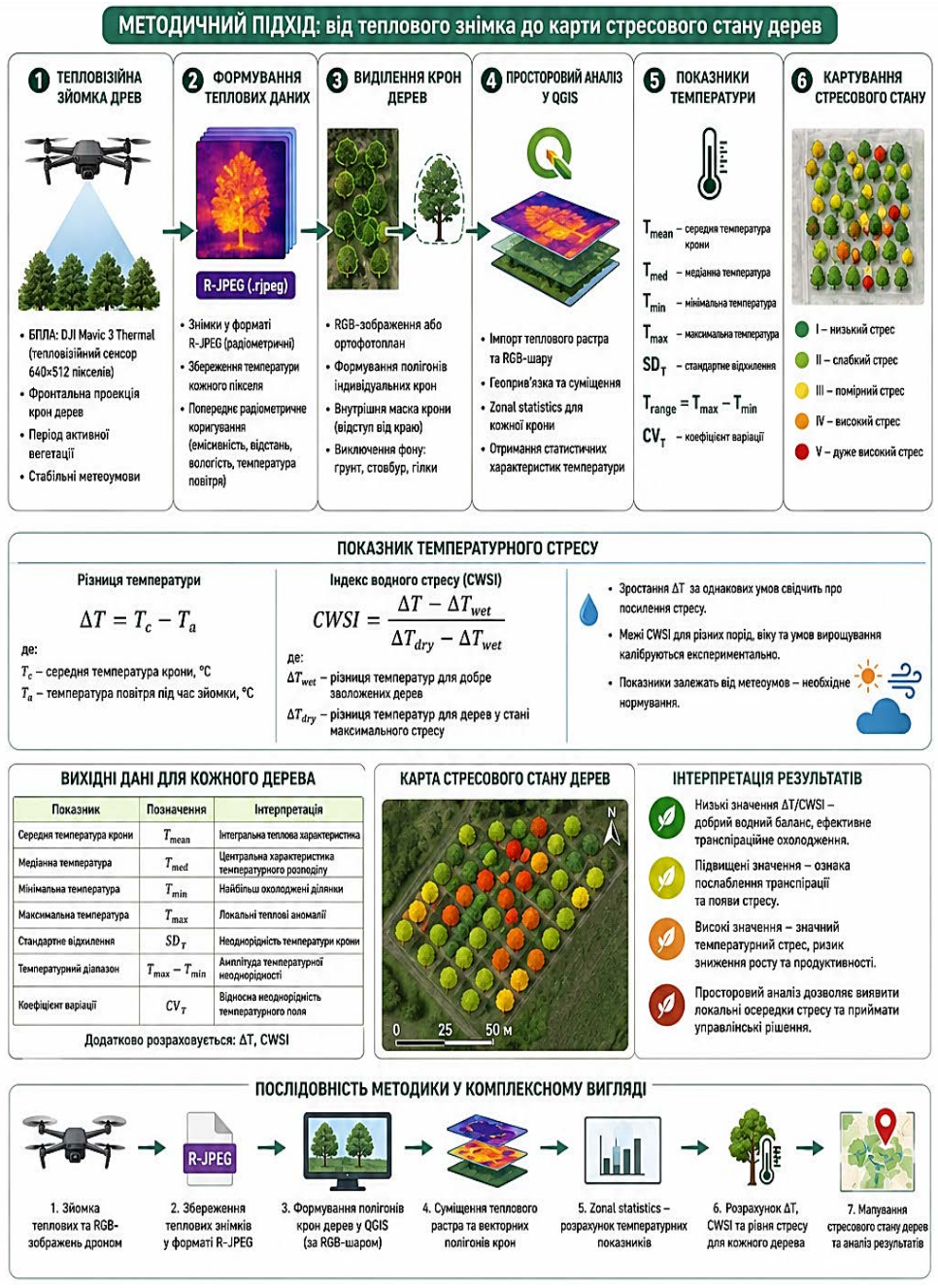


Рис. 1. Оцінка стресового стану дерев за використання методу обробки тепловізійних фотограмметричних знімків у фреймі програми QGIS (сформовано автором у середовищі програм Piktochart та Visme)

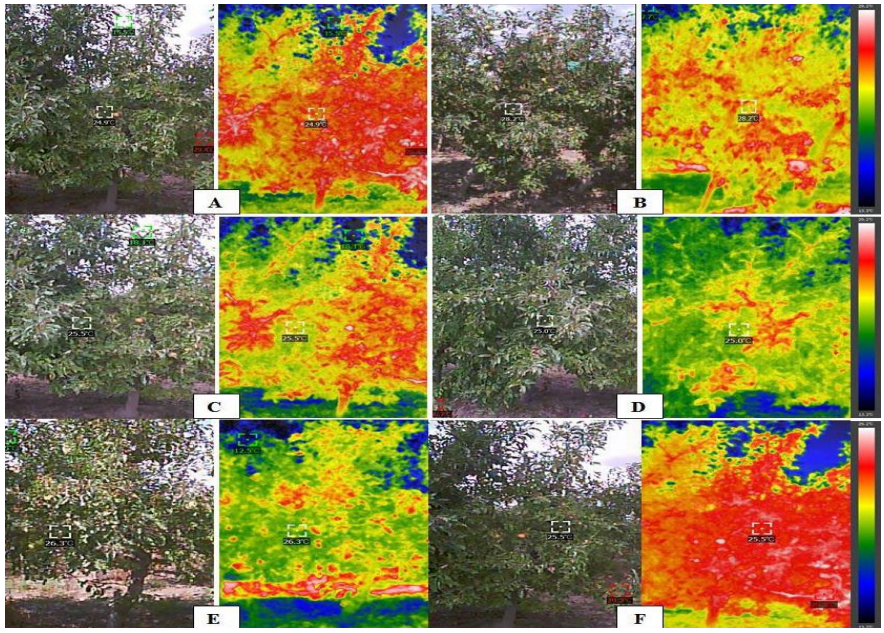


Рис. 2. Тепловізійний масив даних цифрових зображень яблуневих дерев у попарному співставленні: звичайне цифрове фонове фото-термографічне тепловізійне фото, 2026 рік (граничні межі температури на фоновій шкалі: темно-синій 13,3°С а рожевий розкалений – 29,2°С)

Виклад основного матеріалу дослідження. За результатами нанесення грід сітки на сформовані варіанти тепловізійних цифрових зображень дерев яблуні та обробки зображень на основі шкали температур у межах кожної грід комірки масштабом 1 х 1 см було отримано первинний шар аналізу зображень у фреймі програми QGIS (рис. 3).

Тепловізійні карти A–F демонструють виражену просторову неоднорідність температурного поля досліджуваних дерев. У межах кожної ділянки спостерігається чергування зон із низькими, помірними та високими температурними значеннями, що проявляється переходом кольорової гами від темно-синього та зеленого до жовтого, помаранчевого, червоного та рожевого кольорів. Загальний діапазон візуалізованої температурної шкали становить 13,9–29,2°С.

Такий характер температурного поля свідчить про те, що температура поверхні рослинного покриву не є однорідною навіть у межах однієї облікової ділянки. На неї одночасно впливають інтенсивність сонячного опромінення, просторове положення листків, густота та структура крони, водозабезпечення, інтенсивність транспірації, швидкість вітру, затінення, орієнтація листкової поверхні та характеристики субстрату [9].

Це принципово важливо для інтерпретації тепловізійних даних. Температурне зображення не слід розглядати лише як карту абсолютної температури. Воно є просторовим відображенням теплового балансу рослинного організму та його взаємодії з навколишнім середовищем [3, 8].

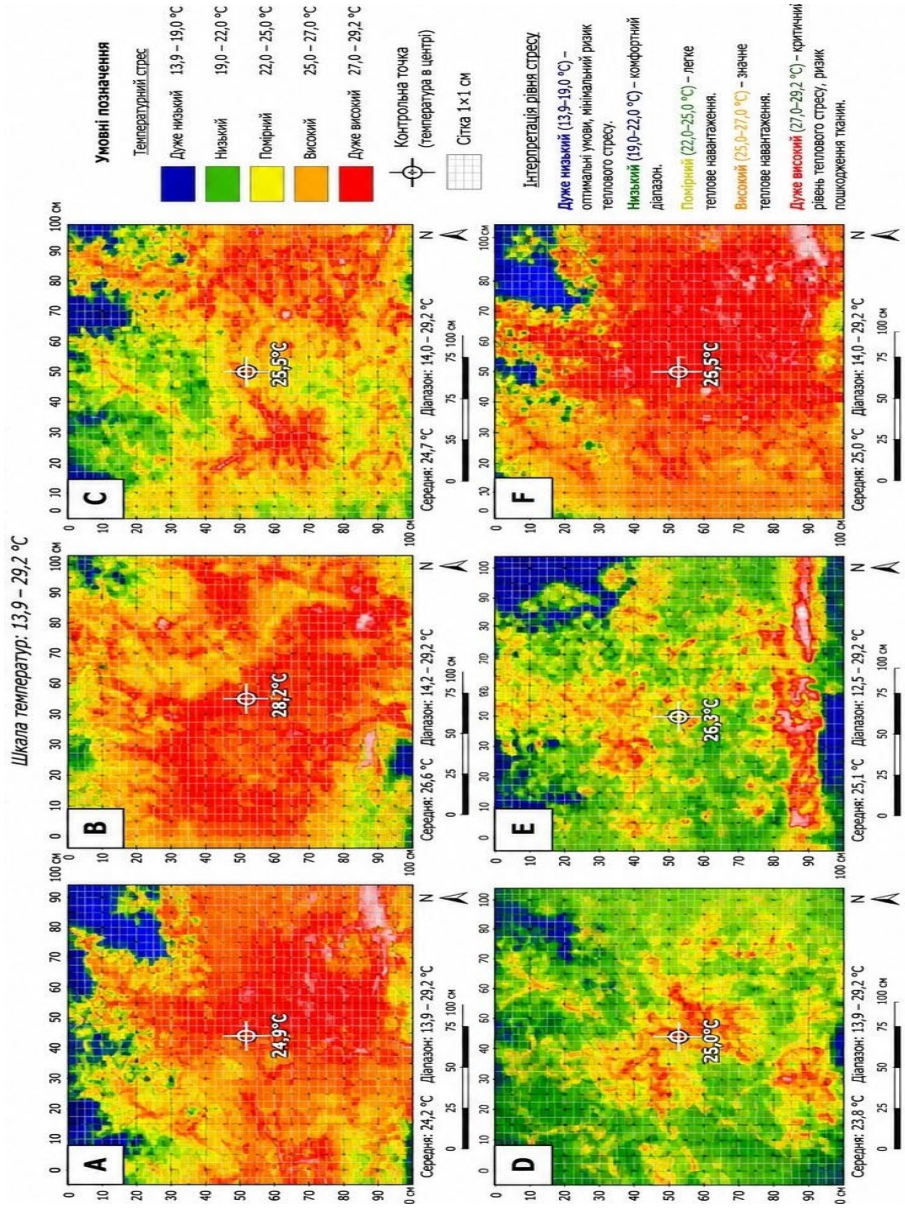


Рис. 3. Карта грідової обробки температурного шару цифрового тепловізійного зображення у фреймі програми QGIS, 2026 рік (уніфіковане площа грід аналізу 10000 см²)

Інфрачервона термографія використовується саме з цієї причини: температура листкової поверхні пов'язана з випаровуванням води та роботою продихів. За достатнього водопостачання транспіраційне охолодження сприяє зниженню температури листків, тоді як зменшення транспірації може супроводжуватися їх нагріванням [5, 11].

Отже, зони підвищеної температури на картах A–F можуть розглядатися як індикатори потенційно несприятливого теплового або водного стану.

На рисунку A спостерігається значна частка жовто-помаранчевих і червоних зон у центральній та нижній частинах досліджуваної площі. Це свідчить про формування відносно теплого мікрокліматичного поля. Контрольна точка в центральній частині ділянки характеризується температурою 24,9°C. На периферійних ділянках одночасно присутні значно холодніші зони, представлені зеленими та синіми кольорами. Таким чином, різниця між окремими просторовими елементами крони є суттєвою.

Особливо важливим є те, що червоні області утворюють не окремі ізольовані пікселі, а відносно великі просторові масиви. Це може свідчити про систематичний характер температурної неоднорідності, а не лише про випадковий шум теплового зображення. Це може бути пов'язано з неоднаковим освітленням різних частин крони. Водночас необхідно враховувати, що різниця температур між листками може формуватися не лише через водний дефіцит, але й через відмінності у поглинанні сонячної радіації.

Саме тому наголошується [7, 10], що температура листка може істотно змінюватися залежно від освітленості та положення листка в кроні; у польових умовах необхідна нормалізація температурних даних.

Рисунок B є найбільш вираженим щодо формування високотемпературної області. Центральна контрольна точка має температуру 28,2°C, що наближається до верхньої межі представленої шкали 29,2°C. У центральній та нижній частинах карти спостерігається значна кількість червоних та помаранчевих зон. На відміну від A, тут високотемпературні області мають більшу просторову протяжність. Це робить дане зображення особливо цікавим з точки зору діагностики потенційного теплового стресу – можна припустити, що рослина B характеризується нижчою здатністю підтримувати ефективне транспіраційне охолодження або перебуває в умовах більшого теплового навантаження. Висока температура рослинного покриву може бути пов'язана зі зниженням продихової провідності. При водному дефіциті рослини закривають продихи, внаслідок чого зменшується транспірація і відповідно знижується ефективність випаровувального охолодження. Тому B можна розглядати як потенційно найбільш стресову ділянку серед шести досліджуваних.

На рисунку C контрольна точка характеризується температурою 25,5°C. Карта має мозаїчну структуру з чергуванням зелених, жовтих, помаранчевих та червоних зон. Порівняно з B, високотемпературні області на C мають більш фрагментований характер. Це означає, що теплова неоднорідність формується не суцільною високотемпературною зоною, а великою кількістю локальних осередків. Такий тип просторової структури може бути пов'язаний із неоднаковою експозицією окремих частин крони [5]. Наприклад, добре освітлені листки можуть мати вищу температуру, тоді як затінені листки характеризуються нижчою температурою [11]. З фізіологічної точки зору це також може свідчити про різну інтенсивність транспірації в різних частинах крони [7]. Термічне картування дозволяє перейти від середнього значення температури дерева до аналізу просторової мінливості температури, що є однією з основних переваг дистанційної термографії [12].

Рисунок D істотно відрізняється від B та F. У його структурі значно більша частка зелених зон, тоді як червоні області є локальними та менш просторово домінуючими. Контрольна температура становить 25,0°C. Загальна картина може характеризуватися як більш рівномірний температурний режим із локальними ділянками підвищеного нагрівання. У функціональному аспекті така структура

може свідчити про більш рівномірний розподіл водного забезпечення або більш збалансоване співвідношення між надходженням енергії та транспіраційним охолодженням [5, 17]. Разом із тим для дерев температура поверхні значною мірою визначається архітектурою крони. Щільні ділянки можуть мати інший тепловий режим, ніж відкриті частини крони. Огляд методів теплового дистанційного зондування дерев показує, що саме розмежування впливу фізіологічного стресу та структурних факторів є одним із ключових методичних завдань. Отже, D можна попередньо віднести до помірного рівня теплового навантаження, причому потенційно стресові осередки мають локальний характер.

На рисунку E центральна температура становить 26,3°C. Карта характеризується значною кількістю зелених та жовтих областей, однак у нижній частині просторового поля присутня виражена високотемпературна смуга. Ця особливість є важливою з точки зору просторового аналізу. На відміну від B, де теплі зони займають значну центральну площу, у E потенційне теплове навантаження має більш зональний характер. Така структура може бути результатом локальних факторів [2, 5, 9]: різної експозиції листків; неоднакового затінення; особливостей форми крони; локального дефіциту води; близькості нагрітої поверхні ґрунту; змін швидкості повітряного потоку.

У тепловізійних дослідженнях дерев саме поєднання просторової температури із даними про середовище дозволяє відокремити фізіологічний сигнал від впливу мікроклімату [4]. Тому для E особливо доцільно використовувати не лише середню температуру, а аналіз температурних кластерів. Якщо нижня теплова зона зберігається в різні моменти часу, вона може бути важливою діагностичною ознакою.

Рисунок F характеризується однією з найбільш виражених високотемпературних областей. Центральна температура становить 25,5°C, однак візуальна структура карти показує значну площу червоно-помаранчевих зон. Таким чином, середня або центральна температура не повністю відображає тепловий стан F. Це є важливим методичним висновком: одна точкова температура може недооцінювати ступінь просторового теплового навантаження дерева. Наприклад, два дерева можуть мати однакову центральну температуру 25,5°C, але одне з них може мати переважно рівномірну температуру, тоді як друге – велику площу з температурою 27–29°C. Фізіологічне значення цих ситуацій потенційно різне. Саме тому тепловізійні методи розглядаються [7, 18] як інструмент просторового фенотипування рослин: вони дозволяють аналізувати не тільки середню температуру, а й розподіл температури в межах всієї рослини або крони.

У результуючому підсумку: крона дерева на рисунку B має одночасно високу центральну температуру та значні високотемпературні площі; на рисунку F має помірно високу центральну температуру, але значну площу червоних зон; на рисунку E характеризується локалізованим високотемпературним осередком; на рисунку D має переважання зелених зон і менш виражене теплове навантаження; на рисунку A характеризується значною температурною неоднорідністю, хоча центральна температура відносно невисока.

На рисунках A–F червоні та рожеві області потенційно можуть відповідати ділянкам із (відповідно до [3]): підвищеним сонячним навантаженням; зниженою транспірацією; недостатнім водозабезпеченням; підвищеним дефіцитом тиску водяної пари; локальним перегріванням; несприятливою архітектурою крони.

Зроблени вище аналіз підтверджується статистичними зведеними даними просторової температурної неоднорідності аналізованої області крони (табл. 1–2).

Таблиця 1

Характеристика варіювання тепловізійної неоднорідності температурного поля крони яблуні на знімках, 2026 рік

Ділянка (дерево)	Середнє, °C	Медіана, °C	Мінімум, °C	Максимум, °C	Стандартневідхилення, °C	Діапазон, °C
A	24,2	24,4	13,9	29,2	3,21	15,3
B	26,6	27,0	14,2	29,2	3,34	15,0
C	24,7	25,0	14,0	29,2	3,12	15,2
D	23,8	24,1	13,9	29,2	3,05	15,3
E	25,1	25,6	12,5	29,2	3,40	16,7
F	25,0	25,4	14,0	29,2	3,28	15,2

Таблиця 2

Розподіл частки теплових зон у загальній термографії цифрових тепловізійних зображень крон яблуні A-F за використання інструментарію програми QGIS

Частка площі за рівнями стресу, %					Рівень стресу (інтегральна оцінка)
Дуже Низький*	Низький	Помірний	Високий	Дуже високий	
6,4	19,7	34,5	27,2	12,2	Помірний
3,2	9,1	18,7	32,4	36,6	Дуже високий
5,1	16,2	30,6	30,8	17,3	Високий
7,8	23,2	36,2	22,4	10,4	Помірний
4,3	13,6	23,6	28,7	29,8	Високий
4,0	12,1	24,8	30,0	29,1	Високий

Примітка: * – градації згідно шкали представленої на рис. 3 даної статті.

Загальні висновки на підставі табл. 2: найбільше теплове навантаження зафіксовано на ділянці B – критичний рівень стресу. Високий рівень стресу також спостерігається на ділянках E, C та F. Ділянки A та D мають помірний рівень теплового стресу та відносно кращий температурний режим. Рекомендується проведення зрошення, мульчування та покращення вентиляції крони для дерев з високим та дуже високим рівнем температурного стресу.

Слід зауважити, що застосування програми QGIS дозволило визначити усереднений індекс температурного стресу (ITS) для кожної окремої крони дерева на знімках A–F, що підтвердело зроблен висновки щодо температурного градієнту стресовості кожного дерева у масиві аналізованих цифрових зображень (табл. 3).

Таблиця 3

Індекс температурного навантаження крон дерев яблуні на цифрових тепловізійних знімках A–F, 2026 рік

Цифрове зображення	Температура, °C	ITS, %	Інтерпретація
A	24,9	71,9	підвищене теплове навантаження
B	28,2	93,5	дуже високе теплове навантаження
C	25,5	75,8	підвищене теплове навантаження
D	25,0	72,5	підвищене теплове навантаження
E	26,3	81,0	високе теплове навантаження
F	25,5	75,8	підвищене теплове навантаження

Висновки і перспективи подальших досліджень. Тепловізійні карти A–F демонструють значну просторову неоднорідність температури поверхні дерев у межах температурного діапазону 13,9–29,2°C. За контрольними точками максимальне локальне значення температури встановлено для B – 28,2°C, далі E – 26,3°C, C і F – 25,5°C, D – 25,0°C та A – 24,9°C. Найбільш виражене потенційне теплове навантаження спостерігається на B, де поєднуються висока контрольна температура та значна площа червоно-помаранчевих зон. F демонструє важливість просторового аналізу, оскільки навіть при температурі контрольної точки 25,5°C карта містить значні площі високотемпературних зон. E характеризується локальним концентраційним типом теплового навантаження, тоді як D має відносно більш рівномірний і прохолодний температурний режим. Порівняння C і F показує, що одна точкова температура не може повністю характеризувати тепловий стан дерева. Тепловізійна температура є непрямим індикатором фізіологічного стану, оскільки на неї одночасно впливають транспірація, водний статус, сонячна радіація, вітер, вологість повітря та архітектура крони. Тому для остаточного встановлення фізіологічного теплового стресу необхідно поєднати термографію з температурою повітря, вологістю ґрунту, відносною вологістю, радіацією та, бажано, фізіологічними показниками.

Перспектива подальших досліджень є дослідження ефективних умов та інструментарію для переходу від якісної термограми до кількісного GIS-аналізу температурного фенотипу кожного дерева.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Jones H. G. Application of thermal imaging and infrared sensing in plant physiology and ecophysiology. *Advances in Botanical Research*. 2004. Vol. 41. P. 107–163. DOI: 10.1016/S0065-2296(04)41003-9.

2. Maes W. H., Steppe K. Estimating evapotranspiration and drought stress with ground-based thermal remote sensing in agriculture: a review. *Journal of Experimental Botany*. 2012. Vol. 63, № 13. P. 4671–4712. DOI: 10.1093/jxb/ers165.

3. Neinavaz E., Schlerf M., Darvishzadeh R., Gerhards M., Skidmore A. K. Thermal infrared remote sensing of vegetation: current status and perspectives. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2021. Vol. 102. Art. 102415. DOI: 10.1016/j.jag.2021.102415.

4. Smigaj M., Agarwal A., Bartholomeus H., Decuyper M., Elsherif A., de Jonge A., Kooistra L. Thermal infrared remote sensing of stress responses in forest environments: a review of developments, challenges, and opportunities. *Current Forestry Reports*. 2024. Vol. 10. P. 56–76. DOI: 10.1007/s40725-023-00207-z.

5. Prashar A., Jones H. G. Assessing drought responses using thermal infrared imaging. *Methods in Molecular Biology*. 2016. Vol. 1398. P. 209–219. DOI: 10.1007/978-1-4939-3356-3_17.

6. Jackson R. D., Idso S. B., Reginato R. J., Pinter P. J. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resources Research*. 1981. Vol. 17, № 4. P. 1133–1138. DOI: 10.1029/WR017i004p01133.

7. Gardner B. R., Nielsen D. C., Shock C. C. Infrared thermometry and the Crop Water Stress Index. II. Sampling procedures and interpretation. *Journal of Production Agriculture*. 1992. Vol. 5, № 4. P. 466–475. DOI: 10.2134/jpa1992.0466.

8. Jones H. G., Stoll M., Santos T., de Sousa C., Chaves M. M., Grant O. M. Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. *Journal of Experimental Botany*. 2002. Vol. 53, № 378. P. 2249–2260. DOI: 10.1093/jxb/erf083.

9. Berni J. A. J., Zarco-Tejada P. J., Suárez L., Fereres E. Thermal and narrow-band multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2009. Vol. 47, № 3. P. 722–738. DOI: 10.1109/TGRS.2008.2010457.

10. Virlet N., Lebourgeois V., Martinez S., Costes E., Labbé S., Regnard J.-L. Stress indicators based on airborne thermal imagery for field phenotyping a heterogeneous tree population for response to water constraints. *Journal of Experimental Botany*. 2014. Vol. 65, №. 18. P. 5429–5442. DOI: 10.1093/jxb/eru309.

11. Gómez-Candón D., Torres-Sánchez J., Labbé S., Jolivot A., Martinez S., Regnard J.-L. Water stress assessment at tree scale: high-resolution thermal UAV imagery acquisition and processing. *Acta Horticulturae*. 2017. Vol. 1150. P. 159–166. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1150.23.

12. Santesteban L. G., Di Gennaro S. F., Herrero-Langreo A., Miranda C., Royo J. B., Matese A. High-resolution UAV-based thermal imaging to estimate the instantaneous and seasonal variability of plant water status within a vineyard. *Agricultural Water Management*. 2017. Vol. 183. P. 49–59. DOI: 10.1016/j.agwat.2016.08.026.

13. Stutsel B., Johansen K., Malbéteau Y. M., McCabe M. F. Detecting plant stress using thermal and optical imagery from an unoccupied aerial vehicle. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. Art. 734944. DOI: 10.3389/fpls.2021.734944.

14. Gerchow M., Kühnhammer K., Iraheta A., Marshall J. D., Beyer M. Enhanced flight planning and calibration for UAV based thermal imaging: implications for canopy temperature and transpiration analysis. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2025. Vol. 8. Art. 1457762. DOI: 10.3389/ffgc.2025.1457762.

15. Kelly J., Kljun N., Olsson P.-O., Mihai L., Liljeblad B., Weslien P., Klemedtsson L., Eklundh L. Challenges and best practices for deriving temperature data from an uncalibrated UAV thermal infrared camera. *Remote Sensing*. 2019. Vol. 11, № 5. Art. 567. DOI: 10.3390/rs11050567.

16. Vidal D., Pitarma R. Infrared thermography applied to tree health assessment: a review. *Agriculture*. 2019. Vol. 9, № 7. Art. 156. DOI: 10.3390/agriculture9070156.

17. Wang J., Lin Q., Meng S., Huang H., Liu Y. Individual tree-level monitoring of pest infestation combining airborne thermal imagery and light detection and ranging. *Forests*. 2024. Vol. 15, № 1. Art. 112. DOI: 10.3390/f15010112.

18. Farella M. M., Fisher J. B., Jiao W., Key K. B., Barnes M. L. Thermal remote sensing for plant ecology from leaf to globe. *Journal of Ecology*. 2022. Vol. 110, № 9. P. 1996–2014. DOI: 10.1111/1365-2745.13957.

19. Jolivot A., Gomez-Candon D., Labbé S., Virlet N., Regnard J.-L. Acquisition d'images thermiques par drone : corrections radiométriques à partir de données terrain. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*. 2017. № 213–214. P. 117–123.

20. QGIS Documentation. Raster analysis. QGIS Documentation. 2026. URL: https://docs.qgis.org/3.44/en/docs/user_manual/working_with_raster/raster_analysis.html (date of aplication 05.09.2026)

Дата першого надходження статті до видання: 08.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Аверчев О.В. 107
Алєксєєв О.О. 469
Андреєва О.Ю. 527
Андрушко М.О. 117
Андрушко О.М. 117
Атаманюк О.М. 213
Балабаш В.С. 3
Баль І.М. 328
Биндич Т.Ю. 477
Богданова Н.В. 367
Бурикіна С.І. 488
Вахній С.П. 213
Влащук А.М. 3
Вознюк Р.Р. 318
Войціцький О.В. 420
Вольвач О.В. 43
Врадій О.І. 505
Гайдай І.В. 19
Гнатів П.С. 193
Голосний Б.С. 340
Голубєва Т.А. 318
Гуменюк І.В. 430
Гангур В.В. 25
Голембовська Н.В. 328
Голубенко Т.Л. 452
Григорів Я.Я. 55
Гусак В.В. 55
Деревенець-Шевченко К.А. 301
Джаббаров Е.А. 310
Дзівінська Н.О. 488
Дробіт О.С. 3
Жигайло Д.С. 31
Жигайло О.Л. 43
Жигайло Т.С. 43
Жук М.М. 488
Зламанюк Л.М. 367
Іванюк І.Д. 527
Іванюк Т.М. 527
Ільчук І.І. 358
Калинка А.К. 349
Каплуненко В.Г. 400
Карбівська У.М. 55
Качинська Н.В. 469
Киричок О.О. 25
Коваль В.С. 62
Коваль Д.О. 69
Когут І.М. 144
Коломієць Ю.В. 328
Комаха К.В. 420
Кононенко Р.В. 328
Копелець Б.В. 69
Корхова М.М. 82
Котюк Р.В. 89
Крамаренко О.С. 340
Крамаренко С.С. 340
Кричковський В.Ю. 164
Крушевська Й. 227
Кулик М.І. 69
Куліджанов Е.В. 98
Курдась П.І. 358
Лавриненко Ю.О. 31
Лемішко С.М. 301
Леньков Л.Г. 367
Лесик О.Б. 349
Лихач В.Я. 367
Лиховид П.В. 107
Лихочвор В.В. 117
Луник А.Ю. 391
Лухтай О.П. 400
Марченко В.Д. 31
Марченко Т.Ю. 31
Масик І.М. 89
Матусяк М.В. 505
Мельник В.В. 367
Мерзлов С.В. 409
Миколайчук В.Г. 82
Міщенко С.В. 31
Мокрієнко В.А. 126
Надточій П.В. 409
Насінник І.І. 521
Невідничий О.С. 136
Недашківський В.М. 318

Нейко І.С. 514
Нетіс І.Т. 144
Новгородська Н.В. 420
Новосад К.Б. 55
Ночвіна О.В. 150
Онищенко А.О. 430
Онищенко Л.В. 440
Онуфран Л.І. 144
Осіпов М.Ю. 158
Паламарчук В.Д. 164
Панкова С.О. 177
Панцирева Г.В. 177
Патик С.М. 3
Піддубна А.М. 177
Підпала Т.В. 340
Пілярська О.О. 31
Піцик Ю.В. 193
Позняковський Ю.В. 318
Правдива Л.А. 213
Пришедько Н.О. 301
Пулик Н.В. 220
Пустова З.В. 227
Разанова О.П. 452, 469
Разанов О.С. 469
Риженко А.С. 245
Руденко В.А. 488
Савчук О.І. 521
Салямон А.В. 505
Санжара Р.А. 367
Свинарчук О.В. 253
Свириденко Н.П. 367
Себа М.В. 400
Сеник І.І. 287
Сергєєв Л.А. 144
Сергієнко О.В. 261
Сєвідов В.П. 261
Сєвідов І.В. 261
Сімчук А.П. 55
Скоромна О.І. 452
Соболєв О.І. 318
Статкевич О.І. 328
Ужевська С.П. 488
Урсал В.В. 270
Ус В.М. 277
Фаустов Р.В. 367
Ходос Т.А. 270
Хоненко Л.Г. 82
Царук І.В. 245
Циганська О.І. 177
Цицюра Я.Г. 535
Цуман Н.В. 521
Цюркало М.М. 69
Чабан В.О. 107
Чубарик М.В. 287
Чухрай Р.В. 293
Шевченко С.М. 301
Шеленко Д.І. 55
Шерстюк О.І. 477
Шкатула Ю.М. 310
Ярошук-Щісель Й. 227
Bikin A.V. 187
Kucher L.I. 187
Panchuk T.V. 187
Ratushnyi Ye.V. 238
Stankevych S.V. 238
Vilchynska L.A. 12
Zabrodina I.V. 238

ЗМІСТ

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО 3

Балабаш В.С., Дробіт О.С., Влащук А.М., Патик С.М. Економічна та енергетична ефективність вирощування ріпаку озимого на Півдні України 3

Vilchynska L.A. Ważniejsze cechy rolnicze i płonowanie odmian i mieszancow żyta ozimego 12

Гайдай І.В. Вміст хлорофілу в листках сої за використання біологічних препаратів 19

Гангур В.В., Киричок О.О. Водоспоживання ячменю ярого залежно від удобрення та системи захисту посівів в умовах Лівобережного Лісостепу України..... 25

Жигайло Д.С., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О., Марченко В.Д. Формування структури врожаю сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від елементів агротехнології в умовах Півдня України 31

Жигайло Т.С., Вольвач О.В., Жигайло О.Л. Вплив інтенсивності посухи на формування продуктивності пшениці озимої за умов кліматичних змін в Одеській області..... 43

Карбівська У.М., Сімчук А.П., Шеленко Д.І., Григорів Я.Я., Гусак В.В., Новосад К.Б. Сучасні тенденції розвитку соєвиробництва в Україні та світі (оглядова) 55

Коваль В.С. Оцінка прояву господарсько-цінних ознак інтродукованих сортів картоплі в умовах Полісся України 62

Копелець Б.В., Коваль Д.О., Кулик М.І., Цюркало М.М. Вплив погодних умов та підживлення посівів на урожайність та вихід кондиційного насіння пшениці озимої м'якої 69

Корхова М.М., Хоненко Л.Г., Миколайчук В.Г. Продуктивність гібридів сорго цукрового в умовах Південного Степу України..... 82

Котюк Р.В., Масик І.М. Регулювання забур'яненості агроценозів в сівозміні при вирощуванні органічної продукції в Північно-Східному Лісостепу України .. 89

Куліджанов Е.В. Успадкування забарвлення ягоди серед нащадків червоноягідних сортів винограду..... 98

Лиховид П.В., Аверчев О.В., Чабан В.О. Агроекологічний аналіз зв'язку між евапотранспірацією та ступенем посушливості клімату 107

Лихочвор В.В., Андрушко М.О., Андрушко О.М. Урожайність сортів гороху озимого залежно від норм висіву в умовах Західного Лісостепу України 117

Мокрієнко В.А. Агробіологічна ефективність вирощування кукурудзи в регіонах України..... 126

Невідничий О.С. Алтея лікарська як перспективна лікарська культура: агротехнологічні чинники продуктивності та якості сировини 136

Нетіс І.Т., Сергєєв Л.А., Когут І.М., Онуфран Л.І. Періодичність неврожайних років ячменю озимого на Півдні України 144

Ночвіна О.В. Взаємозв'язки між компонентами урожайності у нового вихідного матеріалу гречки..... 150

Осіпов М.Ю. Комплексне оцінювання видів роду *Hydrangea* L. за декоративно-господарськими особливостями 158

Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Вплив строків сівби на продуктивність сортів сої в умовах Лісостепу Правобережного 164

Панцирева Г.В., Циганська О.І., Панкова С.О., Піддубна А.М. Еколого-економічне обґрунтування підбору рослин у системі сталого озеленення територій загального користування 177

Panchuk T.V., Bikin A.V., Kucher L.I. Optimization of sunflower nutrition using elements of precision agricultural production..... 187

Піцик Ю.В., Гнатів П.С. Способи обмеження втрат поживних форм азоту у темно-сірому опідзоленому ґрунті за удобрення зернової кукурудзи у Західному Лісостепу 193

Правдива Л.А., Вахній С.П., Атаманюк О.М. Вплив абіотичних факторів та елементів технології вирощування на розвиток хвороб у посівах сорго звичайного двокольорового 213

Пулик Н.В. Вплив мікробіологічних препаратів на основі бульбочкових бактерій на формування симбіотичного апарату сої 220

Пустова З.В., Крушевська Й., Ярошук-Щісель Й. Застосування біопрепаратів на основі грибів роду Trichoderma у лікуванні та профілактиці фузаріозу і прикореневих гнилей газонних фітоценозів 227

Ratushnyi Ye.V., Stankevych S.V., Zabrodina I.V. Species composition of mustard pests 238

Риженко А.С., Царук І.В. Продуктивність гібридів соняшнику різних груп стиглості та технологічних типів у північній частині Лівобережного Лісостепу України..... 245

Свинарчук О.В. Динаміка цвітіння, насіннєва продуктивність і урожайність у різних видів і сортів гречки..... 253

Сергієнко О.В., Сєвідов В.П., Сєвідов І.В. Оптимізація азотного живлення баклажана за впливу біологічних препаратів 261

Урсал В.В., Ходос Т.А. Ефективність передпосівної обробки насіння фунгіцидними препаратами біологічної та хімічної дії у формуванні фітосанітарного стану посівів ячменю ярого..... 270

Ус В.М. Біологічні особливості шкідника жолудів *Cydia splendana* (Hübner, 1799) (Lepidoptera: Tortricidae: Olethreutinae: Grapholitini) на Сході України 277

Чубарик М.В., Сеник І.І. Вплив удобрення на формування густоти посівів сої звичайної *(Glycine max Moench)* в умовах Лісостепу Західного 287

Чухрай Р.В. Фенологічні особливості розвитку злакових попелиць в посівах ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу України..... 293

Шевченко С.М., Деревенець-Шевченко К.А., Пришедько Н.О., Лемішко С.М. Фактори поширення та обмеження мікобіоти зерна пшениці озимої в умовах Північного Степу України..... 301

Шкатула Ю.М. Джаббаров Е.А. Вплив мінеральних добрив на продуктивність кукурудзи..... 310

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ..... 318

Вознюк Р.Р., Голубєва Т.А., Недашківський В.М., Соболєв О.І., Позняковський Ю.В. Ріст молоді африканського сома (*Clarias gariepinus*) за різних рівнів аргініну у комбікормах..... 318

Голембовська Н.В., Статкевич О.І., Коломієць Ю.В., Баль І.М., Кононенко Р.В. Мінеральна цінність та безпечність личинок чорної львинки (*Hermetia illucens*) 328

Голосний Б.С., Підпала Т.В., Крамаренко О.С., Крамаренко С.С. Вплив типу вентиляції корівника та номера лактації на репродуктивні ознаки молочних корів.....340

Калинка А.К., Лесик О.Б. Наукове обґрунтування трансформаційних процесів у тваринництві Буковини: моніторинг динаміки та перспективи генетичного прогресу 349

Курдась П.І., Ільчук І.І. Реалізація продуктивного потенціалу курей-несучок Lohmann Brown за різних рівнів валіну в комбікормах.....358

Лихач В.Я., Леньков Л.Г., Мельник В.В., Зламанюк Л.М., Богданова Н.В., Свириденко Н.П., Фаустов Р.В., Санжара Р.А. Факторна зумовленість статевої активності та показників спермопродуктивності кнурів породи Ландрас залежно від способу вентиляції, віку та сезону року 367

Луник А.Ю. Передзабійна жива маса та її зв'язок з хімічним складом найдовшого м'яза спини у молодняка свиней великої білої породи зарубіжної селекції 391

Лухтай О.П., Себа М.В., Каплуненко В.Г. Вплив застосування біологічно активних речовин у сухостійний період корів на біохімічний статус їх організму.....400

Надточій П.В., Мерзлов С.В. Гостра токсичність біомаси личинок *Lucilia sericata,* збагаченої Купрумом на білих мишах.....409

Новгородська Н.В., Войціцький О.В., Комаха К.В. Продуктивність молодняку свиней на дорощуванні за використання ферментного препарату «Целозим» у складі вологих кормових сумішок.....420

Онищенко А.О., Гуменюк І.В. Сучасні технології вирощування молодняку свиней: стан, інноваційні напрями та перспективи адаптації в умовах України.....430

Онищенко Л.В. Ефективність промислового схрещування асканійських тонкорунних вівцематок з баранами інтенсивних м'ясних порід 440

Скоромна О.І., Голубенко Т.Л., Разанова О.П. Сучасні підходи до оцінки продуктивної дії кормів у годівлі високопродуктивних корів.....452

МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ.....469

Алєксєєв О.О., Разанов О.С., Разанова О.П., Качинська Н.В. Вміст клітковини у стебловій масі сильфію пронизанолистого (Silphium perfoliatum L.), вирощеного на різних ґрунтах 469

Биндич Т.Ю., Шерстюк О.І. Сучасні підходи до створення репрезентативної мережі моніторингу гумусного стану ґрунтів в Україні 477

Бурикіна С.І., Ужевська С.П., Руденко В.А., Жук М.М., Дзівінська Н.О. Аналіз стану вивченості педобіонтної мезофауни Південного Степу України, країнах Чорноморського регіону. Оглядова стаття 488

Врадій О.І., Матусяк М.В., Салямон А.В. Фіторемедіаційний потенціал еспарцету піщаного в умовах радіоактивного забруднення Полісся 505

Нейко І.С. Захисні лісові насадження у структурі агроландшафтів Вінниччини ..514

Цуман Н.В., Савчук О.І., Насінник І.І. Ефективність ґрунтозахисної системи землеробства в короткоротаційній сівозміні зони Полісся України 521

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА.....527

Іванюк І.Д., Андреєва О.Ю., Іванюк Т.М. Організація лісозаготівельного виробництва на підприємствах комунальної форми власності 527

Цицюра Я.Г. Оцінка температурного стресового стану дерев за використання методу обробки тепловізійних фотограмметричних знімків у програмі QGIS 535

CONTENTS

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING 3

Balabash V.S., Drobit O.S., Vlashchuk A.M., Patyk S.M. Economic and energy efficiency of winter rapeseed cultivation in Southern Ukraine 3

Vilchynska L.A. Important agronomic characteristics and yield of winter rye varieties and hybrids 12

Haidai I.V. Chlorophyll content in soybean leaves under the application of biological preparations 19

Hanhur V.V., Kyrychok O.O. Water consumption of spring barley depending on fertilization and crop protection system under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine 25

Zhyhailo D.S., Marchenko T.Yu., Piliarska O.O., Mishchenko S.V., Lavrynenko Yu.O., Marchenko V.D. Formation of the yield structure of soft winter wheat varieties (Triticum aestivum L.) depending on elements of agricultural technology in the conditions of Southern Ukraine 31

Zhygailo T.S., Volvach O.V., Zhygailo O.L. Impact of drought intensity on winter wheat productivity under climate change conditions in Odesa region 43

Karbivska U.M., Simchuk A.P., Shelenko D.I., Hryhoriv Ya.Ya., Husak V.V., Novosad K.B. Modern trends in the development of soybean production in Ukraine and the world 55

Koval V.S. Assessment of the manifestation of economically valuable traits of introduced potato varieties in the conditions of Polissya, Ukraine 62

Kopelets B.V., Koval D.O., Kulyk M.I., Tsyrkalo M.M. Influence of weather conditions and fertilization of cultivation on the yield and the output of soft winter wheat seed 69

Korkhova M.M., Khonenko L.G., Mykolaychuk V.G. Productivity of hybrids of sweet sorghum in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine 82

Kotiuk R.V., Masyk I.M. Weed management in crop rotations for organic production in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine 89

Kulidzhanov E.V. Inheritance of berry color among the progeny of red-berried grape varieties 98

Lykhovyd P.V., Averchev O.V., Chaban V.O. Agroecological analysis of the relationship between evapotranspiration and severity of climate aridity 107

Lykhochvor V.V., Andrushko M.O., Andrushko O.M. Yield of winter pea varieties depends on sowing rate in the Western Forest-Steppe of Ukraine 117

Mokrienko V.A. Agrobiological efficiency of maize cultivation across the regions of Ukraine 126

Nevidnychyi O.S. Althaea officinalis L. as a promising medicinal crop: agrotechnological factors of productivity and raw material quality 136

Netis I.T., Serhieiev L.A., Kohut I.M., Onufran L.I. The periodicity of non-harvesting years of winter barley in the South of Ukraine 144

Nochvina O.V. Correlations between yield components in a new buckwheat starting material 150

Osipov M.Yu. Comprehensive evaluation of Hydrangea L. species based on their ornamental and biological characteristics 158

Palamarchuk V.D., Krychkovskyi V.Yu. Influence of sowing dates on the productivity of soybean varieties under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe 164

Pantsyreva H.V., Tsyhanska O.I., Pankova S.O., Kozynska A.M. Ecological and economic analysis of plant choice in the system of sustainable greening of generally used areas 177

Panchuk T.V., Bikin A.V., Kucher L.I. Optimization of sunflower nutrition using elements of precision agricultural production 187

Pitsyk Yu.V., Hnativ P.S. Methods of limiting the loss of nutrient forms of nitrogen in dark-gray pozolenized soil during grain corn fertilization in the Western Forest-Steppe 193

Pravdyva L.A., Vakhnii S.P., Atamanyuk O.M. Influence of abiotic factors and elements of growing technology on the development of diseases in sorghum bicolor crops 213

Pulyk N.V. The influence of microbiological preparations based on nodule-forming bacteria on the formation of the symbiotic system of soybeans 220

Pustova Z.V., Kruszewska J., Jaroszuk-Ściseł J. Application of biological preparations based on Trichoderma fungi in the treatment and prevention of Fusarium wilt and root rot in turfgrass phytocoenoses 227

Ratushnyi Ye.V., Stankevych S.V., Zabrodina I.V. Species composition of mustard pests 238

Ryzhenko A.S., Tsaruk I.V. Productivity of sunflower hybrids of different maturity groups and technological types in the northern Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine 245

Svynarchuk O.V. Flowering dynamics, seed productivity, and yield in different species and varieties of buckwheat 253

Serhiienko O.V., Sievidov V.P., Sievidov I.V. Optimization of nitrogen nutrition of eggplant under the influence of biological preparations 261

Ursal V.V., Khodos T.A. Efficacy of pre-sowing seed treatment with biological and chemical fungicidal preparations in the formation of the phytosanitary status of spring barley crops 270

Us V.M. Biological traits of acorn pest Cydia splendana (Hübner, 1799) (Lepidoptera: Tortricidae) in the Eastern Ukraine 277

Chubaryk M.V., Senyk I.I. Effect of fertilization on the formation of crop density in soybean (Glycine max Moench) under conditions of the Western Forest-Steppe 287

Chukhrai R.V. Pests of the order hemiptera in spring barley crops under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine 293

Shevchenko S.M., Derevenets-Shevchenko K.A., Pryshedko N.O., Lemishko S.M. Factors affecting the spread and limitation of winter wheat grain mycobiota in the Northern Steppe of Ukraine 301

Shkatula Yu.M., Jabbarov E.A. Influence of mineral fertilizers on corn productivity 310

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS 318

Vozniuk R.R., Holubieva T.A., Nedashkivskyi V.M., Sobolev O.I., Poznyakovsky Yu.V. Growth performance of juvenile african catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets with different arginine levels 318

Holembovska N.V., Statkevych O.I., Kolomiiets Yu.V., Bal I.M., Kononenko R.V. Mineral value and safety of Hermetia illucens larvae 328

Holosnyi B.S., Pidpala T.V., Kramarenko O.S., Kramarenko S.S. Association of barn ventilation system and parity with reproductive performance of dairy cows 340

Kalynka A.K., Lesyk O.B. Scientific substantiation of transformation processes in Bukovyna livestock breeding: monitoring of dynamics and perspectives of genetic progress 349

Kurdas P.I., Ilchuk I.I. Realisation of the productive potential of Lohmann Brown laying hens at different dietary valine levels 358

Lykhach V.Ya., Lenkov L.H., Melnyk V.V., Zlamanyuk L.M., Bogdanova N.V., Svyrydenko N.P., Faustov R.V., Sanzhara R.A. Factorial conditionality of sexual activity and sperm productivity parameters of Landrace boars depending on ventilation method, age, and season of the year 367

Lunyk A.Yu. Pre-slaughter live weight and its relationship with the chemical composition of the longest back muscle in young pigs of the large white breed of foreign selection 391

Lukhtai O.P., Seba M.V., Kaplunenko V.G. The effect of the use of biologically active substances during the dry period of cows on the biochemical status of their body 400

Nadtochii P.V., Merzlov S.V. Acute toxicity of lucilia sericata larvae biomass enriched with copper on white mice 409

Novgorodska N.V., Voitsitskyi O.V., Komakha K.V. Growth performance of nursery pigs fed wet feed mixtures supplemented with the enzyme preparation "Celozym" 420

Onyshchenko A.O., Humeniuk I.V. Modern technologies for young pig rearing: current status, innovative approaches, and prospects for adaptation in Ukraine 430

Onyshchenko L.V. Efficiency of commercial crossbreeding of Askanian fine-wool ewes with rams of intensive meat breeds 440

Skoromna O.I., Holubenko T.L., Razanova O.P. Modern approaches to evaluating the productive effect of feeds in the nutrition of high-yielding cows 452

MELIORATION AND SOIL FERTILITY 469

Alieksieiev A.A., Razanov O.S., Razanova O.P., Kachynska N.V. Fiber content in the stem mass of cup plant (Silphium perfoliatum L.) grown on different soils 469

Byndych T.Yu., Sherstiuk O.I. Modern approaches to establishing a representative monitoring network for the humus status of soils in Ukraine 477

Burykina S.I., Uzhevska S.P., Rudenko V.A., Zhuk M.M., Dzivinska N.O. Analysis of the current state of knowledge regarding pedobiont mesofauna in the Southern Steppe of Ukraine, countries the Black Sea region. Review article 488

Vradii O.I., Matusyak M.V., Saliamon A.V. Phytoremediation potential of Onobrychis arenaria under radioactive contamination of Polissya 505

Neyko I.S. Protective forest plantings in the structure of agrolands of Vinnytsia region 514

Tsuman N.V., Savchuk O.I., Nasinnyk I.I. Effectiveness of the soil-conservation farming system in a short-rotation crop rotation in the Polissia zone of Ukraine 521

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE 527

Ivaniuk I.D., Andreieva O.Iu., Ivaniuk T.M. Organization of forestry production at enterprises of municipal ownership 527

Tsytsiura Ya.G. Assessment of the temperature stress status of trees using a thermal-imaging photogrammetric image processing method in QGIS 535

Таврійський науковий вісник

Випуск 151

Серія: Сільськогосподарські науки

Дата розміщення онлайн – 13.11.2026 р.
Дата друку – 20.11.2026 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 45,18. Зам. № 1026/879

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.