

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 148
Частина 2**



Видавничий дім
«Гельветика»
2026

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(Протокол № 12 від 23.04.2026)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2026. Вип. 148. Ч. 2. 396 с.

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України від 14.05.2020 № 627 (додаток 2) журнал внесений до Переліку фахових видань України (категорія «Б») у галузі сільськогосподарських наук (Е2 – Екологія, Н1 – Агрономія, Н2 – Тваринництво, Н5 – Водні біоресурси та аквакультура).

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 № 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 сільськогосподарських наук, професор, заступник директора з наукової та інноваційно-інвестиційної роботи, Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортівивчення;

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, Пловдив, Болгарія;

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

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

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION,
VEGETABLE AND MELON GROWING

УДК 633.15:631.8:631.559:631.811

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.1>

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ

Іващук В.П. – аспірант кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0009-0001-5890-6230

У статті розглянуто питання підвищення економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно за рахунок оптимізації систем мінерального живлення та застосування стимуляторів росту рослин. Кукурудза є однією з провідних зернових культур універсального призначення, яка має значний попит як на внутрішньому, так і на світовому ринку, що зумовлює необхідність підвищення ефективності її виробництва.

Дослідження проводилися протягом 2023–2025 років у господарстві південно-західного регіону України з використанням сучасних методів економічного аналізу, зокрема розрахунку виробничих витрат, дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу. Об'єктом дослідження були гібриди кукурудзи Піонер 8834 та ОЛТЕНІО, для яких вивчали вплив різних систем удобрення (Поліфоска 8:24:24, КАС у нормі 150 та 300 кг/га) та стимуляторів росту (Stern BIO, AMINO).

Встановлено, що застосування інтегрованих систем мінерального живлення у поєднанні зі стимуляторами росту суттєво підвищує врожайність кукурудзи та економічні показники її вирощування. Найвищі показники врожайності та прибутковості отримано при використанні системи удобрення Поліфоска 8:24:24 у поєднанні з КАС 300 кг/га та обробкою посівів стимулятором AMINO у фазах 3–4 та 7–8 листків. За таких умов рівень рентабельності для гібриду ОЛТЕНІО досягав 123,97%, а для гібриду Піонер 8834 – 104,49%.

Доведено, що застосування стимуляторів росту забезпечує приріст урожайності на 0,39–2,2 т/га та сприяє зниженню собівартості продукції за рахунок випереджаючого зростання вартості валової продукції порівняно з витратами. У структурі витрат найбільшу частку займають мінеральні добрива, паливно-енергетичні ресурси та засоби захисту рослин.

Результати кореляційно-регресійного аналізу підтвердили наявність тісного зв'язку між урожайністю, прибутком та рівнем рентабельності, що свідчить про високу ефективність застосованих агротехнологічних заходів.



© Іващук В.П., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Отже, впровадження оптимізованих систем мінерального живлення та використання стимуляторів росту, зокрема препарату AMINO, є економічно доцільним напрямом підвищення ефективності виробництва зерна кукурудзи в сучасних умовах господарювання.

Ключові слова: економічна ефективність, гібриди кукурудзи на зерно, мінеральне живлення, регулятори росту, кореляційно-регресійний аналіз.

Ivashchuk V.P. Economic efficiency of maize cultivation under different mineral nutrition systems and growth stimulants

The article addresses the issue of improving the economic efficiency of maize (corn) grain production through the optimization of mineral nutrition systems and the application of plant growth stimulants. Maize is one of the most productive and versatile cereal crops, widely used for food, feed, and industrial purposes, with steadily increasing demand on both domestic and global markets. This creates the need for enhancing not only production volumes but also the economic efficiency of its cultivation.

The study was conducted during 2023–2025 in agricultural enterprises of the southwestern region of Ukraine using modern economic and statistical methods, including cost calculation, variance analysis, and correlation-regression modeling. The research focused on maize hybrids Pioneer 8834 and OLTENIO, evaluating the impact of different mineral fertilization systems (Polifoska 8:24:24 as a base fertilizer combined with UAN at rates of 150 and 300 kg/ha) and plant growth stimulants (Sterk BIO and AMINO).

The results showed that the implementation of integrated mineral nutrition systems in combination with growth stimulants significantly increases both crop yield and key economic indicators. The highest levels of productivity and profitability were achieved with the application of Polifoska 8:24:24 in combination with UAN at 300 kg/ha and foliar treatment with the AMINO growth stimulant at the 3–4 and 7–8 leaf stages. Under these conditions, the profitability reached 123.97% for the OLTENIO hybrid and 104.49% for Pioneer 8834, indicating high economic returns.

It was determined that the use of growth stimulants increased maize yield by 0.39–2.2 t/ha for Pioneer 8834 and by 0.6–2.12 t/ha for OLTENIO. Although production costs increased due to additional inputs, the cost per ton of grain decreased because of the faster growth in output value compared to expenses, resulting in improved cost recovery and profitability.

The analysis of production cost structure revealed that the largest share is attributed to mineral fertilizers, fuel and energy resources, and plant protection products, while the share of growth stimulants remains relatively small. Correlation and regression analysis confirmed a strong functional relationship between yield, profit, and profitability level, demonstrating the effectiveness and reliability of the applied agrotechnological measures.

Therefore, the optimization of mineral nutrition systems combined with the use of plant growth stimulants, particularly AMINO, is a promising and economically justified approach to increasing the efficiency of maize grain production under current agricultural conditions.

Key words: economic efficiency, maize hybrids for grain, mineral nutrition, growth regulators, correlation and regression analysis.

Актуальність теми дослідження. Кукурудза є однією з найбільш високопродуктивних злакових культур універсального призначення, яку вирощують для продовольчого, кормового і технічного використання. Із загального валового світового виробництва зерна кукурудзи на продовольчі цілі використовуються близько 15-20%, на технічні 15-20% та 60-65% на корм худобі [1].

Зростання попиту на зерно кукурудзи на світовому ринку стимулює українських виробників до збільшення обсягів виробництва даного виду продукції. При цьому збільшення обсягів виробництва зерна кукурудзи має поєднуватися з підвищенням економічної ефективності його виробництва [2].

Важливим фактором нарощування виробництва продукції є подальша інтенсифікація, яка передбачає застосування передових інтенсивних технологій, що ґрунтуються на засадах досягнень науки і практики. При цьому технологічний процес виробництва повинен включати такі його складові, як сівозмінна, гібриди (сорт), підготовка ґрунту, добрива, засоби захисту рослин [3]. В сучасних умовах

одним з важливих елементів інтенсифікації є інтегровані системи мінерального живлення та застосування стимуляторів росту рослин [4].

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку аграрного сектору України кукурудза залишається однією з ключових стратегічних культур, що має важливе значення для забезпечення продовольчої, кормової та технічної безпеки країни. Водночас зростання конкуренції на світовому ринку зерна та підвищення вартості матеріально-технічних ресурсів зумовлюють необхідність пошуку ефективних шляхів підвищення економічної результативності її виробництва.

Однією з основних проблем сучасного рослинництва є досягнення оптимального співвідношення між рівнем урожайності та витратами на її формування. Значна частка витрат у технології вирощування кукурудзи припадає на мінеральні добрива, засоби захисту рослин та енергоресурси, що потребує обґрунтованого підходу до їх використання. У зв'язку з цим особливого значення набуває вдосконалення систем мінерального живлення та впровадження ефективних регуляторів росту рослин, які здатні підвищувати продуктивність культур без суттєвого зростання собівартості продукції.

Разом із тим, існує недостатня кількість комплексних досліджень, які б одночасно враховували вплив різних систем удобрення та стимуляторів росту на економічні показники вирощування сучасних гібридів кукурудзи в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Недостатньо вивченими залишаються також взаємозв'язки між урожайністю, прибутком і рівнем рентабельності в контексті застосування інтенсивних агротехнологій.

Таким чином, виникає потреба у проведенні комплексного дослідження, спрямованого на визначення ефективних поєднань мінерального живлення та стимуляторів росту, які забезпечують максимальну економічну віддачу при вирощуванні кукурудзи на зерно в сучасних умовах господарювання.

Методика досліджень. Аналіз економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно проводили, використовуючи розрахунки затрат з урахуванням повної механізації робіт згідно з розробленими нами технологічними картами. Вартість одержаної продукції та агресурсів обрані за цінами, що фактично склалися, в господарствах південно-західного регіону України, станом на 1 вересня 2025 р. [5].

Обробку й узагальнення результатів досліджень проводили за допомогою програми Microsoft Excel. Одержані дані обробляли методом дисперсійного та кореляційного аналізу за В.О. Ушкаренко та ін. [6].

Результати досліджень. Встановлено, що досліджувані агрозаходи суттєво впливали не тільки на рівень врожайності зерна кукурудзи, але й на економічну ефективність вирощування культури.

Результати досліджень показали, що в середньому за три роки чистий прибуток на 1 га посіву був найвищим для гібридів кукурудзи Піонер 8834 та ОЛТЕНІО на варіанті мінерального живлення Фон (Поліфоска 8:24:24) + КАС 300 кг/га із застосуванням обробки посіву кукурудзи у мікростадіях ВВСН 13-14 та ВВСН 17-18 стимулятором росту АМІНО. Рівень рентабельності виробництва зерна кукурудзи гібриду ОЛТЕНІО на даному варіанті становив 123,97%, гібриду Піонер 8834 – 104,49% (табл. 1).

Нами встановлено, що врожайність зерна кукурудзи із застосуванням стимуляторів росту збільшувалася для гібриду Піонер 8834 на 0,39 – 2,2 т/га, для гібриду ОЛТЕНІО на 0,6 – 2,12 т/га, а витрати коштів відповідно підвищувалися на 1534,11 – 6016,71 грн./га, та відповідно на 1602,46 – 7067,19 грн./га. Але

Таблиця 1

**Економічна ефективність вирощування зерна гібридів кукурудзи
за різних систем мінерального живлення та стимуляторів росту
(середнє за 2023–2025 рр.)**

Гібрид	Мінеральне живлення	Стимулятори росту	Урожайність, т/га	Виробничі витрати коштів на 1 га, грн.		Собівартість 1 т зерна кукурудзи, грн.	Прибуток з 1 га, грн.	Рівень рентабельності, %
				всього	в т.ч. вартість стимуляторів росту			
Піонер 8834	Поліфоска 8:24:24 (фон)	контроль	10,12	36157,12	0	3572,84	34682,88	95,92
		Sterk BIO	10,51	37691,23	1400,00	3586,23	35878,77	95,19
		AMINO	10,67	37587,30	1244,00	3522,71	37102,70	98,71
	Фон + КАС 150 кг/га	контроль	11,16	40122,75	0	3595,23	37997,25	94,70
		Sterk BIO	11,98	41796,80	1400,00	3488,88	42063,20	100,64
		AMINO	12,10	41679,85	1244,00	3444,62	43020,15	103,22
	Фон + КАС 300 кг/га	контроль	11,90	41320,50	0	3472,31	41979,50	101,59
		Sterk BIO	12,12	42264,74	1400,00	3487,19	42575,26	100,73
		AMINO	12,32	42173,83	1244,00	3423,20	44066,17	104,49
ОЛТЕНІО	Фон – Поліфоска 8:24:24	контроль	10,86	36397,95	0	3351,56	39622,05	108,86
		Sterk BIO	11,46	38000,41	1400,00	3315,92	42219,59	111,10
		AMINO	11,63	37899,73	1244,00	3258,79	43510,27	114,80
	Фон + КАС 150 кг/га	контроль	11,53	39166,64	0	3396,93	41543,36	106,07
		Sterk BIO	12,25	40808,15	1400,00	3331,28	44941,85	110,13
		AMINO	12,41	40704,22	1244,00	3279,95	46165,78	113,42
	Фон + КАС 300 кг/га	контроль	12,63	43159,84	0	3417,25	51565,16	119,47
		Sterk BIO	12,83	43572,32	1400,00	3396,13	52652,68	120,84
		AMINO	12,98	43465,14	1244,00	3348,62	53884,86	123,97

внаслідок випереджаючого росту вартості основної продукції порівняно з підвищенням рівня виробничих витрат собівартість 1 т зерна кукурудзи у середньому по всіх гібридах зменшувалася що, в свою чергу, позитивно позначилося на рівні окупності матеріально-грошових витрат.

Одним із найважливіших показників економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур є собівартість їх виробництва. Суму витрат при виробництві зерна кукурудзи визначають за такими показниками: витрати на оплату праці, відрахування на соціальні заходи, насіння, добрива, засоби захисту рослин, роботи та послуги, витрати на утримання основних засобів, інші витрати. [7].

Аналізуючи структуру виробничих витрат у вирощуванні кукурудзи гібриду ОЛТЕНІО, можна сказати, що найбільшу питому вагу займали прямі матеріальні витрати (74 %) інші витрати та загальновиробничі витрати – 26%. У загальній структурі собівартості найвищу частку становили витрати на мінеральні

добрива – 23%, паливно-мастильні матеріали і енергоносії – 21%, вартість засобів захисту – 17%, вартість насіння – 8%, питома вага витрат на придбання стимуляторів росту становить 3%.

Для виявлення зв'язку, оцінки його напрямку й інтенсивності нами проведено парний лінійний кореляційний аналіз між показниками продуктивності (вихід зернових, який у наших розрахунках співмірний із рівнем урожайності) кукурудзи та отриманим умовним прибутком, а також умовним прибутком й умовним рівнем рентабельності – визначальними чинниками економічної ефективності агротехнологій.

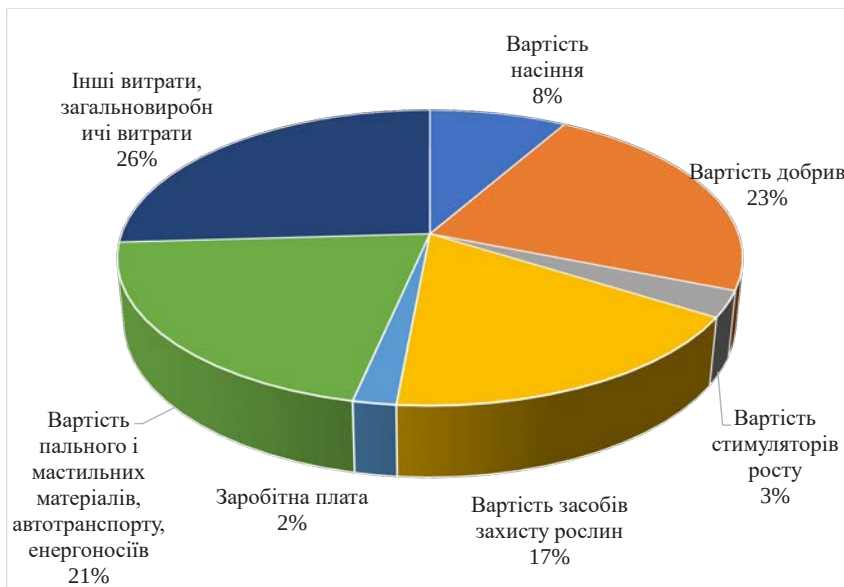


Рис. 1. Структура собівартості зерна кукурудзи гібриду ОЛТЕНІО в середньому за 2023–2025 рр.

Обсяг вибірки $n=54$ (взято ознаки за три роки досліджень (щорічні) за трифакторної повторності експерименту й шестикратному відбору зразків).

Установлено наявність функціонального лінійного зв'язку між виходом зернових (X , т/га) і прибутком (Y , грн./га), а також рівня рентабельності (X , %) та умовним прибутком (Y , грн./га) (значення лінійного коефіцієнта кореляційна залежність була високою, змінювалася залежно від варіантів досліду й більших значень набувала під час застосування стимуляторів росту ($r = 0,991–0,997$) зі стандартною похибкою коефіцієнта кореляції $sr = 0,006–0,001$, що свідчить про його високу надійність. На основі підтверджених кореляційним аналізом взаємозв'язків між досліджуваними показниками нами визначено рівняння кількісної лінійної залежності із застосуванням регресійного аналізу (табл. 2).

Таким чином, в нинішніх умовах господарювання серед пріоритетів щодо підвищення рівня економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно одним із важливих заходів є дотримання оптимальної системи мінерального живлення та застосування препаратів стимуляторів росту.

Таблиця 2

Кореляційно-регресійний аналіз ефективності вирощування гібридів кукурудзи Піонер 8834 та ОЛТЕНІО за різних систем мінерального живлення і стимуляторів росту (середнє за 2023–2025 рр.)

Гібрид	Мінеральне живлення	Стимулятори росту	Коефіцієнт кореляції, r	Коефіцієнт детермінації, r ²	Похибка коефіцієнта кореляції, sr	Рівняння регресії
Залежність прибутку (Y, грн./га) від виходу зернових одиниць (X, т/га)						
Піонер 8834	Поліфоска 8:24:24 (фон)	контроль	0,966	0,983	0,017	y = 1050x + 24057
		Sterk BIO	0,996	0,998	0,002	y = 1484,5x + 20276
		AMINO	0,991	0,995	0,004	y = 756,9x + 29021
	Фон + KAC 150 кг/га	контроль	0,982	0,991	0,009	y = 3186,2x + 2440,6
		Sterk BIO	0,984	0,992	0,008	y = 993,23x + 30165
		AMINO	0,993	0,997	0,004	y = 643,4x + 35246
	Фон + KAC 300 кг/га	контроль	0,995	0,997	0,002	y = 1849,5x + 19973
		Sterk BIO	0,963	0,981	0,018	y = 3633,3x – 1461
		AMINO	0,996	0,998	0,002	y = 4130,2x – 6804
ОЛТЕНІО	Фон – Поліфоска 8:24:24	контроль	0,837	0,915	0,078	y = 8952x – 57551
		Sterk BIO	0,962	0,980	0,018	y = 2732,7x + 10908
		AMINO	0,995	0,997	0,002	y = 6111,6x – 27578
	Фон + KAC 150 кг/га	контроль	0,893	0,945	0,052	y = 2192,1x + 16276
		Sterk BIO	0,988	0,994	0,006	y = 2519,8x + 14078
		AMINO	0,989	0,994	0,005	y = 1380,1x + 29033
	Фон + KAC 300 кг/га	контроль	0,935	0,967	0,032	y = 2220x + 23527
		Sterk BIO	0,939	0,969	0,03	y = 1120,7x + 38262
		AMINO	0,988	0,994	0,006	y = 2900,2x + 16245
Залежність рівня рентабельності (X, %) від прибутку (Y, грн/га)						
Піонер 8834	Поліфоска 8:24:24 (фон)	контроль	0,826	0,909	0,083	y = 24,774x + 32313
		Sterk BIO	0,870	0,932	0,062	y = 262,34x + 10880
		AMINO	0,934	0,966	0,032	y = 171,2x + 20194
	Фон + KAC 150 кг/га	контроль	0,986	0,993	0,007	y = 220,38x + 17135
		Sterk BIO	0,990	0,995	0,005	y = 160,51x + 25918
		AMINO	0,997	0,999	0,002	y = 147,16x + 27822
	Фон + KAC 300 кг/га	контроль	0,949	0,974	0,025	y = 128,25x + 28979
		Sterk BIO	0,995	0,997	0,002	y = 397,27x + 2561,1
		AMINO	0,997	0,998	0,001	y = 137,67x + 29685
ОЛТЕНІО	Фон – Поліфоска 8:24:24	контроль	0,979	0,989	0,01	y = 304,21x + 6560,7
		Sterk BIO	0,986	0,992	0,006	y = 99,159x + 31204
		AMINO	0,992	0,996	0,004	y = 279,19x + 11483
	Фон + KAC 150 кг/га	контроль	0,852	0,923	0,071	y = 175,47x + 22915
		Sterk BIO	0,955	0,977	0,022	y = 185,51x + 24494
		AMINO	0,980	0,990	0,01	y = 79,938x + 37083
	Фон + KAC 300 кг/га	контроль	0,873	0,934	0,061	y = 139,55x + 34890
		Sterk BIO	0,950	0,975	0,025	y = 132,15x + 36685
		AMINO	0,991	0,996	0,005	y = 141,07x + 36403

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень встановлено, що системи мінерального живлення та застосування стимуляторів росту мають суттєвий вплив на рівень урожайності та економічну ефективність вирощування гібридів кукурудзи. Доведено, що інтегроване застосування мінеральних добрив і стимуляторів росту забезпечує зростання врожайності зерна, а також сприяє підвищенню прибутковості виробництва за рахунок зниження собівартості продукції внаслідок випереджаючого зростання вартості валової продукції порівняно з витратами. За результатами досліджень, які базуються на аналізі експериментальних даних та проведенні економічної оцінки, встановлено, що найбільш економічно вигідним у сучасних умовах є застосування препарату стимулятора росту AMINO на посівах кукурудзи у фазі 3–4 листків з повторною обробкою у фазі 7–8 листків у поєднанні з мінеральними добривами Поліфоска 8:24:24 (200 кг/га) та КАС (300 кг/га). Встановлено, що у структурі виробничих витрат найбільшу частку займають витрати на мінеральні добрива, паливно-енергетичні ресурси та засоби захисту рослин, тоді як витрати на стимулятори росту є відносно незначними, але економічно доцільними. Результати кореляційно-регресійного аналізу підтвердили наявність тісного взаємозв'язку між урожайністю, прибутком і рівнем рентабельності, що свідчить про високу ефективність досліджуваних агротехнологічних заходів.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні ефективності нових стимуляторів росту та оптимізації норм внесення мінеральних добрив з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов різних регіонів України. Доцільним є також дослідження довгострокового впливу застосовуваних технологій на родючість ґрунтів, екологічну безпеку агровиробництва та стабільність урожайності, а також розроблення ресурсозберігаючих і адаптивних технологій вирощування кукурудзи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Підбуртній О. В. Урожайність кукурудзи залежно від вологозабезпеченості та удобрення у Правобережному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика. Рослинництво, кормовиробництво, лукиництво*. 2024. Вип. 2(12). С. 72–84. <https://doi.org/10.54651/agri.2024.02.09>
2. Шувар А. М., Сенік І. І., Бойко О. Г., Сидорук Г. П., Гойсюк Ю. В., Танасов С. С. Зернова продуктивність кукурудзи різних груп стиглості залежно від позакоренових підживлень в умовах Лісостепу Західного. *Агронаука і практика*. 2024. Вип. 3. Ч. 1. С. 23–27. [https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-\(3\)-1-4](https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-(3)-1-4)
3. Хавхун А. А. Вплив мінерального живлення на ростові процеси рослин кукурудзи в умовах лісостепу правобережного. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 190–196. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.21>
4. Sheoran S., Kaur Y., Kumar S., Shukla S., Rakshit S., Kumar R. Recent Advances for Drought Stress Tolerance in Maize (*Zea mays* L.): Present Status and Future Prospects. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.872566>
5. Mueller N. D., Gerber J. S., Johnston M., Ray D. K., Ramankutty N., Foley J. A. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*. 2012. Vol. 490. P. 254–257. <https://doi.org/10.1038/nature11420>
6. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П. Методика польового дослідження (рослинництво). Херсон : Айлант, 2014. 448 с.
7. Chen X. P., Cui Z. L., Fan M. S. et al. Producing more grain with lower environmental costs. *Nature*. 2014. Vol. 514. P. 486–489. <https://doi.org/10.1038/nature13609>

8. Гангур В.В., Єремко Л.С., Руденко В.В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивності гібридів формування кукурудзи різних груп стиглості. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 117. С. 37–43. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6>

9. Khomina V., Lapchynskiy V., Nebaba K., Pustova Z., Plahtiy D. Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, No. 10. P. 79–90. <https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.79>

10. Грабовський М. Б., Вахній С. П., Лозінський М. В., Панченко Т. В., Басюк П. Л. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 33–42. <https://surl.li/gdnphm>

11. Івашук В. П., Небаба К. С. Вплив регуляторів росту й мінерального живлення на формування структурних елементів урожаю кукурудзи на зерно. *Журнал природничих наук*. 2025. Вип. 14. С. 202–209. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.19>

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

UDC 635.63.044:631.527.5:631.55]:[338.31:631.544.4"324"]
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.2>

SELECTION BY YIELD POTENTIAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF PARTHENOCARPC CUCUMBER HYBRIDS FOR GROWING IN WINTER GREENHOUSES

Karachun V.L. – Doctor of Philosophy,
State Biotechnological University
orcid.org/0009-0006-8525-2080

Galaguria A.O. – Doctor of Philosophy,
State Biotechnological University
orcid.org/0000-0002-7114-500X

Lebedynskiy I.V. – Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor of the Department of Horticulture
and Storage of Plant Products,
State Biotechnological University
orcid.org/0000-0002-9245-5437

The article presents the results of studies on parthenocarpic cucumber hybrids cultivated in winter greenhouses of the IV light zone, evaluating morpho-biometric indicators, fruiting structure, fruit quality, yield level, and economic efficiency. The problem of increasing productivity and commercial feasibility of cucumber cultivation in protected conditions remains relevant for modern horticulture. High-yielding parthenocarpic hybrids provide stable fruiting, improved fruit quality, and efficient use of greenhouse area, which is particularly important for winter intensive cultivation.

The aim of the study was to comprehensively evaluate parthenocarpic cucumber hybrids to determine their suitability for intensive commercial production. Research was conducted during 2023–2025 at LLC TC “Dniprovskiy” (Dnipropetrovsk region) in glass greenhouses of the “Anthracite” type. Cucumbers were grown using low-volume hydroponics on “Begrow” mineral wool substrate. Climate and nutrient control were provided by the automated “Priva Integro” system.

Experimental design included systematic placement with four replicates: plot area – 10 m², plant density – 2.5 plants/m², spacing – 1.6 × 0.25 m, and 4 plants per substrate unit. Seeds were sown in mineral wool cubes, and seedlings were transplanted at 26 days. Pest and disease control followed an integrated system. Harvest was performed every other day throughout the fruiting period (March–June).

Studied hybrids: Spino F₁ (control, Syngenta), Madrilen F₁ (Seminis), Elvinara F₁, and Ilonara F₁ (Rijk Zwaan). Morphometric parameters, number of fruits per plant, average fruit weight, production cost, and economic efficiency were assessed. Spino F₁ showed the highest vegetative growth, while Madrilen F₁ and Elvinara F₁ demonstrated superior generative performance. Number of fruits per plant: Madrilen F₁ – 81.4, Elvinara F₁ – 79.9, Ilonara F₁ – 74.1; average fruit weight – 128.6–130.1 g.

Production costs remained high: energy – 628.1 UAH/m², labor – 311.9–330.5 UAH/m², raw materials – 224.1 UAH/m², packaging/logistics/marketing – 87.4–94.5 UAH/m², fixed and other costs – 35.8 UAH/m². Total costs – 1164.1–1182.7 UAH/m²; full production cost – 1287.3–1313.0 UAH/m².

Economic assessment demonstrated the advantage of Elvinara F₁ and Madrilen F₁: income per m² – 1749.7 and 1712.2 UAH, net profit – 439.8 and 399.2 UAH, profitability – 33.6% and 30.4%. Ilonara F₁ was intermediate; control – lowest.



Conclusions. Elvinara F₁ and Madriren F₁ possess high potential for generative organ formation, higher fruit weight, and yield realization, ensuring commercial efficiency and profitability in winter greenhouses. Results provide a scientific basis for technological optimization and further research in intensive vegetable production.

Key words: parthenocarpic hybrids, cucumber, winter greenhouse, economic efficiency, production cost, yield.

Карачун В.Л., Галагура А.О., Лебединський І.В. Відбір за потенціалом урожайності та економічною ефективністю партенокарпічних гібридів огірка для вирощування в зимових теплицях

У статті наведено результати досліджень щодо оцінки партенокарпічних гібридів огірка, вирощуваних у зимових теплицях IV світлової зони, за морфо-біометричними показниками, структурою врожаю, товарними якостями плодів, рівнем урожайності та економічною ефективністю. Проблема підвищення продуктивності та комерційної доцільності вирощування огірка в умовах закритого ґрунту залишається актуальною для сучасного овочівництва. Високопродуктивні партенокарпічні гібриди забезпечують стабільне плодоношення, покращені якісні показники плодів і ефективне використання площі теплиць, що особливо важливо для зимового вирощування у інтенсивних технологіях.

Метою дослідження було всебічне оцінювання партенокарпічних гібридів огірка з метою обґрунтування доцільності їх використання в інтенсивному комерційному виробництві. Дослідження виконували протягом 2023–2025 рр. на підприємстві ТОВ ТК «Дніпровський» (Дніпропетровська область) у зимових скляних теплицях типу «Антрацит». Огірки вирощували методом малооб'ємної гідропоніки на мінераловатному субстраті «Begrow», контроль мікроклімату та живлення рослин забезпечувала автоматизована система «Priva Integro».

Схема досліду передбачала систематичне розміщення варіантів з чотириразовою повторністю: площа облікової ділянки – 10 м², густина рослин – 2,5 рослин на м², розміщення – 1,6 × 0,25 м, по 4 рослини на субстрат. Насіння висівали в кубики «Begrow», розсаду висаджували на постійне місце у віці 26 діб. Вирощування проводили за рекомендованою технологією для зимових теплиць, захист від хвороб і шкідників здійснювали за інтегрованою системою. Урожай збирали через день протягом всього періоду плодоношення (березень–червень).

Досліджували партенокарпічні гібриди: Сніно F₁ (контроль, Syngenta), Мадрилен F₁ (Seminis), Ельвінара F₁ та Ілонара F₁ (Rijk Zwaan). Оцінювали морфо-біометричні показники рослин, кількість плодів на рослину, середню масу плодів, рівень урожайності та товарності, собівартість та економічну ефективність. Генотипові відмінності рослин проявилися у вегетативному та генеративному розвитку. Рослини гібрида Сніно F₁ відзначався інтенсивним вегетативним ростом, тоді як Мадрилен F₁ та Ельвінара F₁ характеризувалися кращим формуванням генеративних органів. Кількість плодів на рослині: Мадрилен F₁ – 81,4 шт., Ельвінара F₁ – 79,9 шт., Ілонара F₁ – 74,1 шт.; середня маса плодів – 128,6–130,1 г.

Собівартість вирощування залишалася високою: енергоносії – 628,1 грн./м², заробітна плата – 311,9–330,5 грн./м², сировина та матеріали – 224,1 грн./м², упаковка, логістика та маркетинг – 87,4–94,5 грн./м², постійні та інші витрати – 35,8 грн./м². Загальні витрати – 1164,1–1182,7 грн./м², повна собівартість продукції – 1287,3–1313,0 грн./м².

Економічна ефективність показала перевагу гібридів Ельвінара F₁ та Мадрилен F₁: дохід з одиниці площі – 1749,7 і 1712,2 грн./м², умовно чистий прибуток – 439,8 і 399,2 грн./м², рентабельність – 33,6 % та 30,4 %. Гібрид Ілонара F₁ займав проміжне положення, контроль – нижчі показники.

Таким чином, гібриди Ельвінара F₁ та Мадрилен F₁ характеризуються високим потенціалом генеративного розвитку, більшою середньою масою плодів та здатністю реалізувати товарну урожайність, що забезпечує їх високу комерційну ефективність та підвищення рентабельності вирощування огірків у зимових теплицях. Результати створюють наукову базу для оптимізації технологій інтенсивного овочівництва та подальших досліджень.

Ключові слова: партенокарпічні гібриди, огірок, зимові теплиці, економічна ефективність, собівартість, урожайність.

Formulation of the problem. In the conditions of modern vegetable growing, the key task is to ensure a stable supply of fresh vegetable products throughout the year, which is especially important for regions with an unstable climate. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) occupies a leading position among protected soil crops due to the high nutritional and dietary properties of the fruits, as well as popularity among consumers and the possibility of obtaining several crop rotations during the year [3, 5].

Among modern areas of breeding and agricultural technology, parthenocarpic cucumber hybrids attract special attention. Their ability to form fruits without pollination ensures stable fruiting in closed soil conditions, where the activity of pollinating insects is limited [4]. Parthenocarpic hybrids are characterized by a high percentage of female flowers (58–80%), friendly fruit setting, and uniform fruit morphology, which increases their market value and the efficiency of commercial cultivation [2].

Analysis of statistical data indicates significant structural changes in the cucumber market in Ukraine in recent years. Total cucumber production in 2021 reached a record level of 1.1 million tons, but already in 2022 there was a significant reduction in volumes to 826.1 thousand tons, which is associated with the economic consequences of military operations, disruption of logistics chains, reduction of sown areas, and difficulty in accessing material, technical, and energy resources. However, the protected soil sector continues to play an important role in ensuring the domestic market.

According to official data from the State Statistics Service of Ukraine, in 2024, the area under protected soil was about 4.2 thousand hectares, and the gross harvest of cucumbers exceeded 106 thousand tons, which confirms the strategic importance of greenhouse production in the structure of the industry [10, 13]. At the same time, the decrease in total production led to an increase in dependence on external supplies of cucumbers. In 2025, cucumber imports to Ukraine increased by 46.3% compared to 2024 and reached 70.1 thousand tons, the main suppliers were Turkey, Romania, and Poland. At the same time, there was an increase in exports from Ukraine to Poland, Estonia, and Moldova by 19.7% (3.8 thousand tons), however, its volumes remain significantly lower than imports [8, 9].

So, the increase in imports in 2025 is a direct consequence of the reduction in domestic production in previous years and the insufficient supply of products, especially in the off-season period. This highlights the need to increase the efficiency of greenhouse production, introduce highly productive parthenocarpic hybrids, and optimize cultivation technologies in order to strengthen food security and reduce import dependence. It should be noted that the scientific assessment of specific commercial hybrids, such as Elvinara F₁, Ilonara F₁, Spino F₁, and Madrilén F₁, in terms of yield, biometric characteristics of plants, and economic efficiency in winter greenhouses, is currently insufficiently covered. The available data are mostly limited to technical characteristics and recommendations of manufacturers, while a systematic analysis is absent in the scientific literature.

Thus, the analysis of scientific sources demonstrates that parthenocarpic hybrids of the medium-fruited type are promising for cultivation in winter greenhouses. At the same time, there is a need to conduct a comprehensive scientific assessment of hybrids in terms of yield, marketability, biometric characteristics, and economic feasibility of cultivation, which will allow them to be reasonably recommended for industrial implementation.

Analysis of recent research and publications. In Ukraine today, using intensive technology (small-scale hydroponics), industrial greenhouse complexes grow a small amount of medium-fruited and gherkin-type cucumbers, namely: LLC "Ukraflo-ra-Vinnytsia" – 6.4 hectares; LLC TK "Dniprovsky" – 6.4 hectares; LLC Dniprovsky

greenhouse complex – 6.1 hectares; Greenhouse complex "Dnipro" – 5.1 hectares; LLC "Baryshiv greenhouse complex" – 2.4 hectares; and POSP "Uman greenhouse complex" – 2.1 hectares.

Empirical studies in recent years demonstrate that parthenocarpic cucumber hybrids provide yields within 16–28 kg/m², with a fruiting period of 90–110 days. In particular, the Gunnar F₁ hybrid shows a yield of 23.1–25.8 kg/m² with a fruiting period of 105 days and high marketable fruit quality (87%), which indicates high adaptability to the conditions of winter greenhouses in Ukraine. Other commercial hybrids, such as Director F₁, Madrylen F₁, Spino F₁, SV4097CV F₁, Ilonara F₁, and Kibriya F₁, demonstrate similar, and sometimes higher, yield indicators and a high level of marketability due to the uniformity of the fruits.

According to generalized data on the production activities of greenhouse plants, growing cucumbers in the winter-spring cycle (February-May) is economically feasible provided that intensive technology is introduced and energy resources are used rationally. Under production conditions, the crop yield is 210–250 t/ha, which, at an average selling price of 55–65 UAH/kg, ensures the formation of gross revenue at the level of 11.6–16.3 million UAH/ha. According to practical calculations, the total costs for 1 ha of a winter greenhouse, including heating, electricity, raw materials and materials for cultivation, labor, and depreciation, average 9.5–13.0 million UAH, with the share of energy carriers in the cost structure reaching 30–50%. Under such conditions, net profit is formed within 2.0–3.2 million UAH/ha, which corresponds to the real level of production profitability of 20–25%.

Ukrainian scientists, in particular Sergienko O. V., Shabetya O. M., Ivchenko T. V., and others, carry out systematic research on parthenocarpic cucumber hybrids. In their works, they evaluate new hybrid combinations based on morpho-biometric characteristics, yield level, and variability in protected soil conditions. The results of these studies indicate that heterotic hybrids demonstrate increased yield, stable fruiting, and improved fruit quality compared to the original parental lines, which confirms the effectiveness of using heterosis to create highly productive parthenocarpic forms intended for intensive cultivation in greenhouses [2, 3, 13].

Problem statement. The purpose of the research is a comprehensive assessment of parthenocarpic cucumber hybrids grown in winter greenhouses of the IV light zone, according to the main biometric indicators, yield level, marketable qualities of fruits, and indicators of economic efficiency, in order to substantiate their feasibility for use in conditions of intensive greenhouse production.

Materials and research methods. The research was carried out at the high-tech enterprise LLC TK "Dniprovsky", located in the Dnipropetrovsk region, for three years (2023–2025). The tests were carried out in winter glass greenhouses of the "Anthracite" type with the following parameters: span width – 6.4 m, column height from the foundation to the tray – 3.0 m (total height – 3.6 m), column pitch – 3.0 m, and trellis height – 2.2 m from the substrate surface. Cucumbers were grown using the method of small-volume hydroponics on the mineral wool substrate "Begrow". All indicators of the greenhouse microclimate, including temperature, humidity, ventilation, and carbon dioxide supply, were maintained automatically via a computer system. In addition, the Priva Integro system provided control of the frequency of irrigation, concentration and acidity of the nutrient solution, as well as the time and volume of solution supply for each plant, which allowed maintaining optimal substrate moisture and plant nutrition.

The study was carried out with parthenocarpic cucumber hybrids of foreign selection (Netherlands): Spino F₁ (Syngenta) (control), Madrylen F₁ (Semini), Elvinara F₁ and Ilonara F₁ (Rijk Zwaan) (Fig. 1).



Fig. 1. Visual representation of the studied parthenocarpic cucumber hybrids

All hybrids were selected according to a single classification system taking into account morphological and biometric characteristics, which allows for a correct comparison of their growth, productive, and technological characteristics in studies. General description of hybrids: early parthenocarpic hybrids of gherkin-type cucumber, characterized by a short growing season (38–40 days before the start of fruiting), which allows for stable early harvests in production conditions of greenhouses of various types. Plants have a balanced generative vegetative type of growth with a powerful root system, which ensures active growth and development in changed microclimate conditions, tolerates shading and temperature drops well in the early phases of growth. The fruits of hybrids are uniform, dark green, large-knobbish, and dense, weighing 90–130 g, and 8–14 cm long, without bitterness, with an attractive taste and universal use for fresh consumption, salting, or pickling. High skin density and pulp structure contribute to high transportability and shelf life of products. Hybrids present a substantial reduction in the likelihood of crop losses in greenhouse cultivation due to their enhanced resistance to the primary pathogens of cucumber diseases, including cucumber mosaic virus, powdery mildew, and cladosporiosis. Hybrids are adapted to cultivation on artificial substrates using intensive technologies in winter-spring, spring-summer, and summer-autumn rotations in protected soil.

The layout of the experimental variants was carried out using a systematic method in four replications. The area of the accounting plot is 10 m², the total area of the plot is 14 m², and the total area of the experiment is 224 m². The seeds were sown in mineral wool cubes "Begrow" (100 x 100 mm) previously saturated with a nutrient solution. At the age of 11 days from germination, the seedlings were placed in a scheme of 20 plants per m². At the age of 26 days, the seedlings were planted in a permanent place in the greenhouse. The plant placement scheme was 1.6 x 0.25 m, 4 plants per mineral wool substrate "Begrow" (100 x 20 x 7.5 cm), the volume of the substrate under one plant was 3.75 l. Plant density was 2.5 plants per m². The number of plants in the accounting area was 25 pcs. Cucumber plants were grown according to the recommended technology for winter greenhouses, protection from diseases and pests was carried out using an integrated protection system. Cucumber fruits were collected every other day during all fruiting months (March–June). Accounting and observations in the experiment were carried out according to generally accepted methods according to "Methods of Research in Vegetable and Melon Growing" [1]. Economic efficiency was calculated based on the value of the crop and the costs of obtaining it for each option according to actual data.

Research results. During the three-year research period, systematic phenological observations of the growth and development of cucumber plants were carried out. The results of the analysis showed that no significant differences in the passage of phenological phases between the years of research were detected. Such stability of plant development is explained by the fact that during all years of research, seed sowing was carried out at the same calendar dates, and seedlings were grown under optimal agrotechnical conditions with the use of artificial lighting. This ensured even growth and development of plants and contributed to the stable passage of the main phenological phases during the period of seedling cultivation. Seed sowing was carried out on January 3, while planting of cucumber hybrid seedlings in a permanent place of cultivation in the greenhouse was carried out on the 26th day after the emergence of shoots – January 29.

Table 1 shows the average duration of phenological phases of growth and development of cucumber hybrids for 2023–2025: Spino F₁ (control), Madrilen F₁, Elvinara F₁, and Ilonara F₁. The analysis covers the timing of the main phases of ontogenesis (emergence of seedlings, beginning of flowering, beginning of fruiting), the duration of interphase periods, and the total duration of the fruiting period.

Table 1

Duration of phenological phases of growth and development of parthenocarpic cucumber hybrids (average for 2023–2025)

Hybrid	Phase entry, date			Duration of the period, days			
	shoots	flowering	fruiting	before plants enter the phase			first–last collection
				flowering	fruiting from		
	shoots	flowering					
Spino F ₁ (c)	07.01	22.02	07.03	46	59	15	95
Madrilen F ₁	07.01	16.02	01.03	40	53	13	102
Elvinara F ₁	07.01	18.02	03.03	42	55	15	99
Ilonara F ₁	07.01	18.02	03.03	42	55	15	99

It was found that under the same growing conditions, the emergence of seedlings in all studied hybrids occurred simultaneously – on January 7 (the 4th day from sowing), which indicates a high energy of seed germination. The beginning of the flowering phase was characterized by a certain variability and falls on the period from the 40th to the 46th day from mass germination. The earliest to enter the flowering phase were the Madrilen F₁ hybrid cucumber plants – on the 40th day, while the latest was the Spino F₁ hybrid (control), on the 46th day. The duration of the interphase period from the emergence of seedlings to the beginning of fruiting in the studied parthenocarpic cucumber hybrids ranged from 53 to 59 days. The shortest period of formation of the first fruits was observed in the Madrilen F₁ hybrid plants – 53 days, which is six days less compared to the control variant, Spino F₁. In plants of hybrids Elvinara F₁ and Ilonara F₁, this indicator was 55 days, which was four days less than in the control, which indicates their earlier transition to the generative phase of development. The duration of the interval between the onset of the flowering phase and the beginning of fruiting was characterized by relative stability and varied within 13–15 days depending on the genotype of the hybrid. The lowest value of this indicator was noted in the hybrid Madrilen F₁ – 13 days, while in other studied variants it was 15 days.

The completion of fruiting in all years of the research took place on the same calendar dates – the last fruit harvest was carried out on June 10. The total duration of the

fruiting period, which was determined from the beginning to the end of the harvest in the studied hybrids, was characterized by a significant duration and was 95–102 days. The maximum duration of this period was noted in plants of the hybrid Madrilen F₁ – 102 days. The duration of fruiting in the Elvinara F₁ and Ilonara F₁ hybrids was 99 days, which also indicates their ability to provide a long period of crop formation under conditions of cultivation in winter greenhouses.

Analysis of biometric indicators of plants of parthenocarpic cucumber hybrids (on average for 2023–2025) revealed genotypic differences in the main indicators of plant growth and development. The plants of the Spino F₁ hybrid (control) formed the largest total stem length during the growing season – 341.5 cm. This indicator was smaller in the hybrids under investigation than in the control group, measuring 311.5–321.6 cm. In particular, in the plants of the Madrilen F₁ hybrid, the stem length was 30.0 cm shorter than in the control and amounted to 311.5 cm. For the Elvinara F₁ hybrid, this indicator was 321.6 cm, which is 19.9 cm less than the control. For the Ilonara F₁ hybrid, it was 317.5 cm, which is 24.0 cm less. A similar trend was observed in the number of leaves on the plant during the growing season. The maximum number of leaves was recorded in the control hybrid Spino F₁ – 74.7 pcs. In the studied hybrids, the number of leaves was 5.9–9.6 pcs less. and was 65.1–68.8 pcs. The smallest number of leaves was formed by plants of the Ilonara F₁ hybrid – 65.1 pcs., which is 9.6 pcs. less than the control variant. The advantage of the control hybrid was also observed in the number of lateral shoots. In Spino F₁ plants, 22.2 shoots were formed, which corresponds to a more vegetative type of development, while in the studied hybrids this indicator was less by 4.8–5.6 pcs. and fluctuated within 16.6–17.4 pcs. (Table 2).

Table 2

**Biometric indicators of parthenocarpic cucumber hybrids
(average for 2023–2025)**

Hybrid	Hybrid				NIR _{0.05}
	Spino F ₁ (c)	Madrilen F ₁	Elvinara F ₁	Ilonara F ₁	
Total stem length for the entire growing season, cm	341,5	311,5	321,6	317,5	4,6-15,2
Number of leaves on the plant during the entire growing season, pcs	74,7	66,9	68,8	65,1	1,8-4,4
Number of lateral shoots, pcs	22,2	16,6	17,4	17,2	0,6-0,8
Number of fruits per plant for the entire fruiting period, pcs .	73,8	81,4	79,9	74,1	1,8-2,3
Average fruit weight for the entire fruiting period, g	121,9	129,3	130,1	128,6	2,8-3,5

At the same time, the studied hybrids were superior to the control variant in terms of the number of fruits formed from one plant. The plants of the Madrilen F₁ hybrid formed the largest number of fruits – 81.4 pcs., which is 7.6 fruits more compared to the control. In the Elvinara F₁ hybrid, this figure was 79.9 pcs., which is 6.1 fruits more, while in the Ilonara F₁ hybrid – 74.1 pcs., which practically corresponded to the control level. The

average fruit weight also varied depending on the genotype. The smallest fruit weight was observed in the control hybrid Spino F₁ – 121.9 g. In the studied hybrids, this figure was higher by 6.7–8.2 g and amounted to 128.6–130.1 g. The largest average fruit weight was formed by the plants of the Elvinara F₁ hybrid – 130.1 g, which was 8.2 g more than the control.

The results of the research show that despite the somewhat lower biometric parameters of vegetative growth, the studied parthenocarpic hybrids Madrilen F₁, Elvinara F₁ and Ilonara F₁ were characterized by higher indicators of fruit formation and their average weight, which is important for the realization of the yield potential in winter greenhouses. Table 3 shows the results of research on the yield of parthenocarpic cucumber hybrids for the entire fruiting period on average for 2023–2025. Analysis of the data obtained indicates a significant influence of the genetic characteristics of hybrids on the formation of the level of plant yield in the studied growing conditions.

Table 3

**Yield of parthenocarpic cucumber hybrids for the entire fruiting period
(average for 2023–2025)**

Hybrid	Yield, kg/m ²				Yield increase	
	2023	2024	2025	average yield	kg/m ²	%
Spino F ₁ (c)	21,7	22,4	23,3	22,5	–	–
Madrilen F ₁	25,7	26,6	26,8	26,3	3,8	16,9
Elvinara F ₁	25,6	26,1	26,3	26,0	3,5	15,6
Ilonara F ₁	22,0	24,6	24,7	23,8	1,3	5,8
NIR _{0.05} kg/m ²	0,66	0,68	0,56			

It was found that the plants of the hybrid Spino F₁ (control) provided an average yield of 22.5 kg/m². During the years of research, a gradual increase in yield was observed from 21.7 kg/m² in 2023 to 23.3 kg/m² in 2025, which may be due to the variability of growing conditions and the biological characteristics of the hybrid. The highest yield indicators among the studied samples were formed by the hybrid Madrilen F₁, the average level of which over three years was 26.3 kg/m². The excess over the control variant was 3.8 kg/m² or 16.9%. A high level of yield of this hybrid was observed in all years of research, which indicates the stability of crop formation under experimental conditions. Similar values were obtained for plants of the Elvinara F₁ hybrid, the average yield of which was 26.0 kg/m², which exceeded the control by 3.5 kg/m² or 15.6%. Over the years of research, the yield of this hybrid varied within 25.6–26.3 kg/m². The Ilonara F₁ hybrid formed an average yield of 23.8 kg/m², which is 1.3 kg/m² or 5.8% more than the control variant. In the dynamics of the years, an increase in the yield indicator was noted, which may indicate good adaptability of the Ilonara F₁ hybrid to growing conditions.

Consequently, according to the results of the conducted research, it was established that the studied cucumber hybrids differed significantly in the level of yield formation. The highest indicators were obtained from the Madrilen F₁ and Elvinara F₁ hybrids, the average yield of which for 2023–2025 was 26.3 and 26.0 kg/m², respectively, which exceeded the control hybrid Spino F₁ by 3.8 and 3.5 kg/m² or by 16.9 and 15.6%. High yield values of these hybrids were observed in all years of research, which indicates the stability of crop formation. The Ilonara F₁ hybrid also exceeded the control variant in yield, but the difference was smaller and amounted to 1.3 kg/m² or 5.8%.

Table 4

**Commodity yield of cucumber fruits of parthenocarpic hybrids
for the entire fruiting period (average for 2023–2025)**

Hybrid	Marketability, %				The difference in marketability, %
	2023 p.	2024 p.	2025 p.	average marketability	
Spino F ₁ (c)	91,6	91,1	91,8	91,5	—
Madrilen F ₁	93,2	92,7	93,4	93,1	1,6
Elvinara F ₁	96,3	95,8	96,7	96,3	4,8
Ilonara F ₁	93,8	93,1	94,3	93,7	2,2

Among the studied variants, an increased level of fruit marketability was observed in the Madrilen F₁ hybrid, the average value of which was 93.1%, which exceeded the control variant by 1.6%. The highest indicators of fruit marketability were formed by the Elvinara F₁ hybrid, the average value of which over the years of research was 96.3%, compared to the control, the increase was

4.8%. The Ilonara F₁ hybrid was also characterized by a high proportion of marketable fruits. The average marketability indicator was 93.7%, which exceeded the control by 2.2%.

Therefore, the results of the research indicate that the highest level of fruit marketability under the studied conditions was provided by the Elvinara F₁ hybrid, which significantly exceeded the control variant. High indicators were also observed in the Ilonara F₁ and Madrilen F₁ hybrids, which indicates their ability to form a significant proportion of marketable products.

Analysis of the economic efficiency indicators of growing parthenocarpic cucumber hybrids on average for 2023–2025 indicates a significant differentiation of the experimental variants in terms of yield, income, and profitability of production. The average sales price of products for the studied period varied within 67.4–69.9 UAH/kg on average over three years. The sales price is affected by the marketability of cucumber fruits. The highest price level was recorded for the Elvinara F₁ hybrid – 69.9 UAH/kg, while for the Madrilen F₁ hybrid this indicator was 69.8 UAH/kg. For the Ilonara F₁ and Spino F₁ hybrids, the sales price was slightly lower and was 68.1 and 67.4 UAH/kg, respectively (Table 5).

The combination of yield and favorable selling price provided significant differences in the level of income per unit area. The maximum income indicator was formed by the Elvinara F₁ hybrid – 1749.7 UAH/m², which exceeds the control by 364.4 UAH/m² (26.3%). A high level of income was also obtained in the variant with the Madrilen F₁ hybrid – 1712.2 UAH/m². In the Ilonara F₁ hybrid, this indicator was 1517.3 UAH/m², which is 132.0 UAH/m² more compared to the control.

The structure of production costs in the studied variants was relatively stable. The largest share of costs was formed by energy sources – 628.1 UAH/m². Labor costs amounted to 311.9–330.5 UAH/m², with the highest value noted in the variant with the Madrylen F₁ hybrid, but this is explained by higher costs due to higher yield. Raw material costs amounted to 224.1 UAH/m², while packaging, logistics, and marketing costs ranged from 87.4 to 94.5 UAH/m². Fixed costs and other production costs remained unchanged for all variants and amounted to 14.2 and 21.6 UAH/m², respectively. Total production costs amounted to 1164.1–1182.7 UAH/m². The lowest costs were recorded in the control variant – 1164.1 UAH/m², while in the variants with the Madrylen F₁ and

Table 5

Economic efficiency of growing parthenocarpic cucumber hybrids on average for 2023–2025

Economic efficiency indicator of production	Hybrid			
	Spino F ₁ (c)	Madrilen F ₁	Elvinara F ₁	Ilonara F ₁
Yield, kg/m ²	22,5	26,3	26,0	23,8
Average price (2023-2025), UAH	67,4	69,8	69,9	68,1
Yield on area, UAH/m ²	1385,3	1712,2	1749,7	1517,3
Energy costs, UAH/m ²	628,1	628,1	628,1	628,1
Salary costs, UAH/m ²	311,9	330,5	329,6	321,1
Costs for raw materials and supplies, UAH/m ²	224,1	224,1	224,1	224,1
Packaging, logistics, marketing costs, UAH/m ²	87,4	94,5	92,3	90,5
Fixed costs, UAH/m ²	14,2	14,2	14,2	14,2
Other costs, UAH/m ²	21,6	21,6	21,6	21,6
Total production costs, UAH/m ²	1164,1	1182,7	1181,8	1173,3
Full cost, UAH/m ²	1287,3	1313,0	1309,9	1299,6
Conditional net profit, UAH/m ²	98,0	399,2	439,8	217,7
Net profit growth, UAH/m ²	0,0	301,2	341,8	119,7
Profitability level, %	7,6	30,4	33,6	16,8

Elvinara F₁ hybrids, they were slightly higher – 1182.7 and 1181.8 UAH/m², respectively. The total cost of production varied within 1287.3–1313.0 UAH/m².

The highest level of conditional net profit was provided by the Elvinara F₁ hybrid – 439.8 UAH/m², which is 341.8 UAH/m² higher than the control variant. A high economic effect was also obtained in the variant with the Madrilen F₁ hybrid – 399.2 UAH/m², which is 301.2 UAH/m² higher than the control. A significantly lower level of profit was noted in the Ilonara F₁ hybrid – 217.7 UAH/m². According to the results obtained, the level of profitability of production varied within 7.6–33.6%. The highest indicator was recorded in the variant with the Elvinara F₁ hybrid – 33.6%, which is 4.4 times higher than the control. A high level of profitability is also characteristic of the Madrilen F₁ hybrid – 30.4%. For the Ilonara F₁ hybrid, this indicator was 16.8%, which indicates an average level of economic efficiency compared to other studied variants.

Conclusions and suggestions

1. The obtained research results indicate the presence of genotypic features of the formation of biometric indicators of plants and elements of the yield structure in the studied parthenocarpic cucumber hybrids. It was established that the control hybrid Spino F₁ was characterized by more intensive vegetative growth, which was manifested in the formation of the greatest stem length (341.5 cm), a greater number of leaves (74.7 pcs.) and lateral shoots (22.2 pcs.) compared to other hybrids. At the same time, the studied hybrids Madrilen F₁, Elvinara F₁, and Ilonara F₁ had slightly lower rates of vegetative mass development and were characterized by better rates of formation of generative organs. In particular, the number of fruits per plant in the Madrilen F₁ hybrid was 81.4 pcs., which exceeded the control by 7.6 fruits, and in the Elvinara F₁ hybrid it was 79.9 pcs., which was 6.1 fruits more compared to the Spino F₁ hybrid. In the Ilonara F₁ hybrid, this indicator was 74.1 pcs., which was 0.3 fruits more than the control. The superiority of the studied hybrids was also noted in terms of average fruit

weight. Thus, in the Madrylen F₁ hybrid, it was 128.6 g (6.7 g more than the control), in the Elvinara F₁ hybrid – 130.1 g (8.2 g more), while in the Ilonara F₁ hybrid – 129.5 g (7.6 g more than the control).

2. According to the results of three-year studies, it was established that the studied hybrids formed different levels of yield, which fluctuated within 22.5–26.3 kg/m². The highest indicator was obtained in the Madrylen F₁ hybrid – 26.3 kg/m², which exceeds the control (Spino F₁) by 3.8 kg/m², or 16.9%. A somewhat lower, but close to the maximum yield was provided by the Elvinara F₁ hybrid – 26.0 kg/m², which is 15.6% more compared to the control. The yield of the Ilonara F₁ hybrid was 23.8 kg/m², exceeding the control variant by 1.3 kg/m² (5.8%). Thus, the results of the studies indicate that the intensity of vegetative growth does not always directly correlate with the level of formation of crop elements. The studied parthenocarpic cucumber hybrids, in particular Madrylen F₁ and Elvinara F₁, showed a higher ability to form fruits and were characterized by a greater average fruit weight, which indicates their high potential for yield formation and the prospects for use in crop cultivation technologies in winter greenhouses.

3. Analysis of the cost of growing parthenocarpic cucumber hybrids showed that production costs in all variants were similar in structure but remained relatively high. The main share of costs was energy – 628.1 UAH/m², significant costs were on wages (311.9–330.5 UAH/m²), followed by raw materials and supplies – 224.1 UAH/m², packaging, logistics, and marketing – 87.4–94.5 UAH/m², and fixed and other costs – 35.8 UAH/m². Total production costs ranged from 1164.1 UAH/m² in the control variant (Spino F₁) to 1182.7 UAH/m² in the variant with the Madrylen F₁ hybrid, which causes a high total cost of production – 1287.3–1313.0 UAH/m².

The economic efficiency of growing hybrids shows that the most expedient is the use of Elvinara F₁, which generates the highest income per unit area (1749.7 UAH/m²), conditional net profit (439.8 UAH/m²) and profitability (33.6%). High efficiency indicators were also noted in Madrylen F₁ (income 1712.2 UAH/m², profit 399.2 UAH/m², profitability 30.4%). The Ilonara F₁ hybrid occupies an intermediate position, while the control variant Spino F₁ is characterized by the lowest economic indicators.

4. Based on the conducted research, it can be stated that the Elvinara F₁ and Madrylen F₁ hybrids are characterized by the highest economic efficiency, in particular in terms of profitability and the structure of production costs. Their introduction into production is advisable to optimize economic indicators and increase the profitability of commercial cucumber cultivation.

REFERENCES:

1. Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (2022). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Methodology of research in vegetable and melon growing]. Kharkiv: Osnova. 369 p. [in Ukrainian].
2. Serhiienko, O. V., Radchenko, L. O., Solodovnyk, L. D. (2018). *Hospodarska tsinnist partenokarpichnykh hibrydiv ohirka kornishonnoho typu v umovakh zakhyschenoho gruntu vesniano-litnoi kulturozminy* [Economic value of parthenocarpic cucumber hybrids of the gherkin type in protected soil conditions of spring-summer crop rotation]. *Plant Varieties Studying and Protection*. Vol. 14, No. 2. P. 203–208. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134767 [in Ukrainian].
3. Serhiienko, O. V., Shabetia, O. M., Ivchenko, T. V. et al. (2022). *Otsinka novykh partenokarpichnykh hibrydnykh kombinatsii F1 ohirka za tsinnymy selektsiinymy oznakamy ta yikh minlyvisti v umovakh zakhyschenoho gruntu* [Evaluation of new parthenocarpic F1 cucumber hybrid combinations for valuable breeding traits and their

variability in protected soil conditions]. *Vegetable and Melon Growing*. No. 71. P. 5–32 DOI: <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-25-32>. [in Ukrainian].

4. Das, A., Singh, S., Islam, Z., Munshi, A. D., et al. (2022). Current progress in genetic and genomics-aided breeding for stress resistance in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Scientia Horticulturae*. Vol. 300. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111066

5. Ene, C. O., Ogbonna, P. E., Agbo, C. U., Chukwudi, U. P. (2016). Evaluation of sixteen cucumber (*Cucumis sativus* L.) genotypes in derived savannah environment using path coefficient analysis. *Notulae Scientia Biologicae*. Vol. 8 (1). P. 85–92.

6. Feng, S., Zhang, J., Mu, Z., Wang, Y. et al. (2020). Recent progress on the molecular breeding of *Cucumis sativus* L. *Theoretical and Applied Genetics*. Vol. 133(5). P. 1777–1790. [in China].

7. Garg, R., Manchanda, P., Singathiya, P., et al. (2024). Study on characters associations and path coefficient analysis for yield and quality traits of parthenocarpic cucumber genotypes in poly-net house conditions. *Journal of Protected Cultivation*. Vol. 6. No. 1. P. 14–22. [in English].

8. Greenhouse cucumber cultivation in Lesser Poland Voivodeship. (2023). *Hortidaily*. URL: <https://www.hortidaily.com/article/9112041/greenhouse-cucumber-cultivation-in-lesser-poland-voivodeship/> (date of access: 14.12.2025). [in English].

9. Greenhouse cucumber in season 2022–2023: results. (2023). *Plantalux*. URL: <https://plantalux.pl/en/greenhouse-cucumber-in-season-2022-2023-results/> (date of access: 14.12.2025). [in English].

10. Greenhouse vegetable cultivation. (2023). *International Society for Horticultural Science (ISHS)*. URL: https://www.ishs.org/ishs-article/156_1 (date of access: 14.12.2025). [in English].

11. Gulidova, V. A., Shchuchka, R. V., Zakharov, V. L., et al. (2025). Product quality of different cucumber hybrids (*Cucumis sativus* L.) depending on the fruiting period and sowing time in greenhouses. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. Vol. 17. No. 2. P. 350–369. DOI: <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1434>. [in English].

12. Manchanda, P., Singathiya, P., Kumari, S., Lnu, R., et al. (2025). Utilizing parthenocarpic gynoeious Beit Alpha cucumber inbreds for their heterotic potential under different environments. *Scientific Reports*. Vol. 15. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-87507-5> (date of access: 14.12.2025). [in English].

13. Serhiienko, O. V., Radchenko, L. O., Harbovska, T. M., Solodovnyk, L. D., et al. (2025). Evaluation of promising parthenocarpic hybrid combinations of F1 cucumber by breeding traits in protected ground conditions. *Vegetable and Melon Growing*. No. 77. P. 51–58 DOI:10.32717/0131-0062-2025-77-51-58. [in English].

14. Wang, Y., Li, T., Chen, T., Zhang, X., et al. (2024). Cucumber Downy Mildew Disease Prediction Using a CNN-LSTM Approach. *Agriculture*. No. 14 (7). URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/7/1155> (date of access: 14.12.2025). [in English].

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.11:631.5:631.559(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.3>

УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТВЕРДОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ПРИРОДНОГО ЗВОЛОЖЕННЯ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Каращук Г.В. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри технологій виробництва та переробки с.-г. продукції

імені академіка В. Г. Пелиха,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-4948-0952

У статті наведені результати досліджень щодо вивчення впливу сортового складу, норм висіву та регуляторів росту рослин на урожайність пшениці озимої твердої в умовах природного зволоження південного Степу України. У середньому за 2017–2019 рр. урожайність зерна у сорту Кассіопея становила 3,60–4,72 т/га залежно від норми висіву та регуляторів росту. Сорт Дніпряна поступався йому на 2,6–5,3%, тоді як найбільшу врожайність сформував сорт Крейсер (3,65–4,86 т/га), що перевищувало Кассіопею на 0,05–0,14 т/га, а Дніпряну – на 0,23–0,26 т/га. Оптимальною нормою висіву була 5 млн шт./га: урожайність становила 3,97–4,60 т/га (Дніпряна), 4,10–4,72 (Кассіопея) та 4,19–4,86 т/га (Крейсер). Зменшення або підвищення норми висіву (4 або 6 млн шт./га) призвело до зниження врожайності, а мінімальні показники отримано при 3 млн шт./га. Застосування регуляторів росту підвищувало урожайність: Квадростим забезпечив приріст на 6,0–16,0%, Нертус ПлантаПег – на 8,8–11,2%, причому ефект Квадростиму був більш вираженим. Дисперсійний аналіз показав, що найбільший вплив на врожайність мала норма висіву (у середньому 32,4%), далі – регулятори росту (22,9%), тоді як сорт мав незначний вплив (4,6%). Серед взаємодійних факторів найбільш значущими були ВС (10,6%) та АВС (9,1%), а вплив неврахованих чинників становив 11,4%. За роками досліджень встановлено варіабельність факторів впливу: у 2017 і 2018 рр. домінували норми висіву, тоді як у 2019 р. значно зріс вплив регуляторів росту (до 43,9%) через сприятливі погодні умови. Математичне моделювання визначило оптимальні норми висіву: для Крейсера – 4,8–5,3 млн шт./га (потенціал 5,5–5,7 т/га), Кассіопеї – 4,6–5,0 млн шт./га (5,2–5,4 т/га), Дніпряни – 4,54–4,7 млн шт./га (до 5,2 т/га). В умовах природного зволоження південного Степу України для отримання високих урожаїв зерна пшениці озимої твердої рекомендується вирощувати сорти інтенсивного типу вітчизняної селекції Крейсер і Кассіопея нормою 5 млн шт./га та проводити передпосівну обробку насіння за 1–2 дні до сівби методом інкрустації регулятором росту рослин Квадростим нормою 0,5 кг/т, що забезпечує врожайність на рівні 4,86 і 4,72 т/га.

Ключові слова: пшениця озима тверда, сорти, норми висіву, регулятори росту рослин, урожайність.

Karashchuk G.V. Grain yield of winter durum wheat depending on cultivation practices under natural moisture conditions of the Southern Steppe of Ukraine

The article presents the results of studies on the influence of varietal composition, seeding rates, and plant growth regulators on the yield of winter durum wheat under natural moisture conditions of the Southern Steppe of Ukraine. On average over 2017–2019, the grain yield of the variety Cassiopeia ranged from 3.60 to 4.72 t/ha depending on the seeding rate and growth regulators used. The variety Dniipryana yielded 2.6–5.3% less, whereas the highest yield was formed by the variety Kreiser (3.65–4.86 t/ha), which exceeded Cassiopeia by 0.05–0.14 t/ha and Dniipryana by 0.23–0.26 t/ha. The optimal seeding rate was 5 million seeds per hectare: the yield amounted to 3.97–4.60 t/ha for Dniipryana, 4.10–4.72 t/ha for Cassiopeia, and 4.19–4.86 t/ha for Kreiser. A decrease or increase



© Каращук Г.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

in the seeding rate (to 4 or 6 million seeds per hectare) resulted in lower yields, while the minimum values were obtained at 3 million seeds per hectare. The application of growth regulators increased yield: Quadrostym provided an increase of 6.0–16.0%, while Nertus PlantaPeg increased it by 8.8–11.2%, with the effect of Quadrostym being more pronounced. Analysis of variance showed that the greatest influence on yield was exerted by the seeding rate (32.4% on average), followed by growth regulators (22.9%), whereas the variety itself had only a minor effect (4.6%). Among the interaction factors, BC (10.6%) and ABC (9.1%) were the most significant, while the influence of unaccounted factors amounted to 11.4%. Over the years of research, variability in the influencing factors was established: in 2017 and 2018, seeding rates were dominant, whereas in 2019 the influence of plant growth regulators increased significantly (up to 43.9%) due to favorable weather conditions. Mathematical modeling determined the optimal seeding rates as follows: for Kreiser – 4.8–5.3 million seeds per hectare (yield potential 5.5–5.7 t/ha), for Cassiopeia – 4.6–5.0 million seeds per hectare (5.2–5.4 t/ha), and for Dnipryana – 4.54–4.7 million seeds per hectare (up to 5.2 t/ha). Under the natural moisture conditions of the Southern Steppe of Ukraine, to obtain high grain yields of winter durum wheat, it is recommended to cultivate intensive-type domestic varieties Kreiser and Cassiopeia at a seeding rate of 5 million seeds per hectare and to carry out pre-sowing seed treatment 1–2 days before sowing by incrustation with the plant growth regulator Quadrostym at a rate of 0.5 kg/t, which ensures yields at the level of 4.86 and 4.72 t/ha, respectively.

Key words: winter durum wheat: variety, seeding rates, plant growth regulators, yield.

Постановка проблеми. В Україні традиційно основною зерновою культурою є пшениця озима м'яка (*Triticum aestivum* L.). Критерієм оцінки ефективності її вирощування є валовий збір зерна. Через несприятливі кліматичні умови і загибель посівів пшениці озимої може пересіватися до 3 млн га (у 2003 р. – більше 5 млн га). Із площі, яка залишилася, збирають урожай на рівні 3,0-3,5 т/га. Для внутрішніх потреб країни достатньо вирощувати пшеницю озиму м'яку на площі 5-6 млн га. Решту зайнятих масивів під цією культурою доцільно використовувати для посіву інших культур, в т. ч. твердої пшениці.

До переваг твердої пшениці, порівняно з м'якою, відноситься те, що вона мало осипається, меншою мірою уражується хворобами та шкідниками, більш стійка до вилягання. При вирощуванні на родючих ґрунтах за дотримання агротехнічних заходів дає високі та сталі врожаї. Однак на землях із середньою родючістю поступається врожайністю. Даний фактор є однією з головних причин непопулярності *Triticum durum* в Україні, і, як наслідок, макаронну продукцію виробляють переважно з борошна м'якої пшениці та імпортованої твердої пшениці. Враховуючи великий дефіцит твердої пшениці на європейському та на світовому ринках, необхідно розширювати посівні площі під цією культурою і в Україні. При цьому велику увагу необхідно приділити вдосконаленню технології вирощування пшениці озимої твердої шляхом насичення її новітніми науковими розробками, що сприятимуть зростанню врожайності та покращенню якості зерна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із головних напрямів наукових пошуків є оптимізація сортового складу пшениці озимої [1] для конкретного регіону і конкретних умов вирощування та оптимізація норми висіву, яка впливає на продуктивність стеблостою посівів [2]. Продуктивна ефективність сортів твердої пшениці обумовлюється не тільки селекційними здобутками, а також агротехнологічними умовами.

Серед технологічних прийомів важливим та перспективним є застосування регуляторів росту рослин, які навіть у дуже малих дозах сприяють прискоренню росту, розвитку, підвищенню продуктивності культур та поліпшенню якості продукції, посилюють адаптаційну здатність рослин до стресових чинників навколишнього середовища. Під впливом регуляторів росту повніше реалізується генетичний потенціал рослин, створений природою та селекційною роботою [3-5].

Отже, в оптимальному поєднанні перерахованих вище факторів криється значний резерв для збільшення врожайності та поліпшення якості зерна пшениці озимої твердої, а тому вони потребують подальшого вивчення для розробки і обґрунтування технології вирощування.

Постановка завдання. Польові досліді проводили згідно методик дослідної справи [6] упродовж 2016-2019 рр. в умовах ФГ «Травень» Каховського району Херсонської області, що розміщене в зоні південного Степу України. Дослід трьохфакторний: фактор А – сорти: 1) Дніпряна; 2) Кассіопея; 3) Крейсер; фактор В – норми висіву: 1) 3 млн шт/га; 2) 4 млн шт/га; 3) 5 млн шт/га; 4) 6 млн шт/га; фактор С – регулятори росту рослин: 1) без регулятора росту; 2) Квадростим, 3) Нертус ПлантаПег. Повторність дослідів – чотириразова. Облікова площа ділянки останнього порядку – 52,0 м².

Результати досліджень піддавали дисперсійному та кореляційному аналізу [7].

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем південний з низьким вмістом рухомого азоту, середнім – рухомого фосфору і обмінного калію.

Передпосівну обробку насіння проводили за 1–2 дні до сівби методом інкрустації з розрахунку 10 л робочого розчину на 1 т насіння. Норма використання регулятора росту Квадростим становить 0,5 кг/т насіння, регулятора росту Нертус ПлантаПег – 0,25 л/т.

Квадростим – водорозчинний концентрат (діюча речовина: лігногумат калію (натрію) – 3,3 г/л, кислота янтарна – 0,5 г/л, кислота арахідонова – 1,44 мг/л, поліетиленоксид, вода питна).

Нертус ПлантаПег – рідина (діюча речовина: комбінація поліетиленгліколей загальною концентрацією 800 г/л, фульвокислоти та солі гумінових кислот – 4 г/л).

Агротехніка вирощування пшениці озимої твердої в досліді – загальноприйнята для південного Степу України, окрім факторів, що досліджувались. Попередник – чорний пар. Проводили оранку поля на глибину 25–27 см з внесенням фону мінеральних добрив 2 ц сульфату амонію. Навесні по мерзлоталому ґрунту проводили підживлення азотом 0,9 ц аміачної селітри (N₃₀).

Пшеницю озиму тверду досліджуваних сортів висівали в кінці III декади вересня – на початку першої декади жовтня на полях зерно-просапної сівозміни, сівбу проводили на глибину передпосівної культивування 5–6 см. Норму висіву встановлювали залежно від схеми дослідів.

Захист рослин включав в себе обробку гербіцидом Альфастар 0,02 кг/га у фазу вихід у трубку проти однорічних та багаторічних дводольних бур'янів, фунгіцидом Унікаль (0,5 л/га), обробку від клопа – шкідливого черепашки, трипсів, хлібних жуків, п'явиць препаратом Карате Зеон нормою 0,15 л/га, Антиклорад – 0,25 л/га.

Збирання й облік урожаю зерна пшениці озимої твердої проводили з усієї площі облікової ділянки кожного варіанту дослідів прямим комбайнуванням.

Погодні умови в роки проведення дослідів (2016-2019 рр.) повною мірою відобразили метеорологічну характеристику Південного Степу України, що дозволило одержати достовірні експериментальні дані, сформулювати висновки і дати рекомендації виробництву для даних умов. За вегетаційний період 2016-2017 рр. пшениці озимої твердої температура повітря склала 10,1°C, що вище середньобогаторічних даних зони вирощування на 0,3°C. Слід зазначити дефіцит вологи в цей рік. Кількість опадів склала 246,6 мм, що було меншим від багаторічних показників на 153,4 мм (нормативний показник 400 мм). Зазначений показник вплинув на відносну вологість повітря, яка складала за цей період 73.5% за норми 74.6%.

Метеорологічні показники вегетаційного періоду 2017-2018 рр. характеризувалися спекотним кліматом. Середньорічна температура повітря склала 12,7°C та була вищою від багаторічних показників на 2,9°C. На фоні високої температури кількість опадів за цей період була вкрай незначною – 129,5 мм (32,4% від норми). Відносна вологість повітря була найменшою за роки досліджень і складала 70,9%.

Найкращим періодом для росту, розвитку та формування врожаю був вегетаційний рік 2018-2019 рр., де температура повітря склала в середньому за рік 11,5°C (норма 9,8°C). Кількість опадів перевищувала багаторічні показники в 1.8 рази та складала 714,6 мм за відносної вологості повітря 73,5%.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати наших досліджень показали, що урожайність зерна у середньому за три роки досліджень склала у сорту Кассіопея 3,60–4,72 т/га залежно від норми висіву та регуляторів росту рослин (табл. 1).

Сорт Дніпряна сформував урожайність зерна на 2,6–5,3% нижче залежно від досліджуваних факторів порівняно із сортом Кассіопея. Найвищою була урожайність зерна у сорту Крейсер і склала 3,65–4,86 т/га залежно від застосування регуляторів росту рослин та норм висіву, що на 0,05–0,14 т/га вище за сорт Кассіопея і на 0,23–0,26 т/га за сорт Дніпряна.

Отримані трирічні дані свідчать, що найвищий урожай зерна сортів пшениці озимої твердої формується при нормі висіву 5 млн шт/га і складає у середньому за три роки у сорту Дніпряна 3,97–4,60, Кассіопея – 4,10–4,72, Крейсер – 4,19–4,86 т/га залежно від впливу регулятора росту рослин.

При застосуванні норми висіву 4 млн шт/га урожайність знизилась у сорту Дніпряна на 0,23–0,29, Кассіопея – 0,32–0,38, Крейсер – 0,35–0,79 т/га, а при нормі висіву 6 млн шт/га – на 0,35–0,43, 0,37–0,46 та 0,44–0,55 т/га відповідно.

Найнижчий урожай пшениці озимої твердої був сформований при нормі висіву 3 млн шт/га.

Використання регулятора росту Квадростим для обробки насіння сприяло збільшенню урожайності пшениці озимої твердої порівняно з контролем у середньому за три роки у сорту Дніпряна на 15,2–15,9, Кассіопея – 12,8–15,3, Крейсер – 6,0–16,0%, Нертус ПлантаПег – відповідно на 8,8–11,1, 9,4–10,7, 9,9–11,2%. Більш суттєвим був вплив регулятора росту рослин Квадростим.

Враховуючи особливості погодних умов 2016-2017 років за допомогою дисперсійного аналізу доведено максимальний вплив на параметри врожайності зерна пшениці озимої твердої норми висіву (фактору В), який знаходився дорівнював 33,0% (рис. 1, 2).

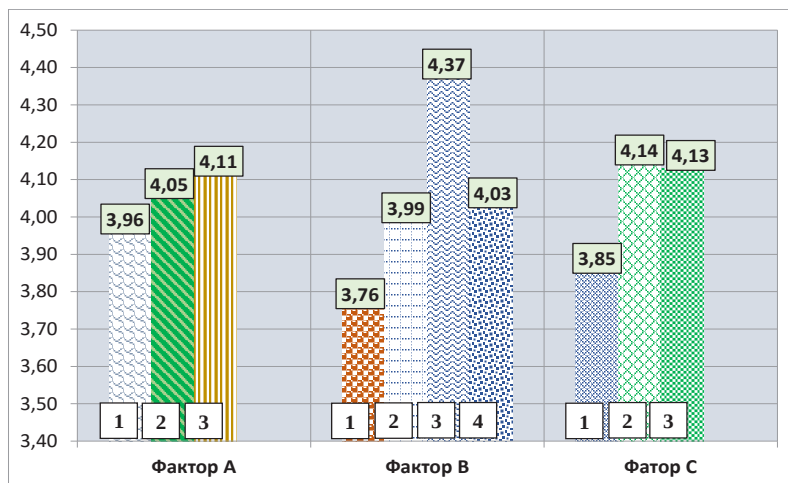
Регулятори росту рослин (фактор С) обумовили створення врожаю на 13,2%, а сортовий склад (фактор А) мав неістотний вплив на досліджуваний показник – лише 2,7%.

Взаємодія норм висіву з регуляторами росту (ВС), а також повна взаємодія досліджуваних факторів (АВС) забезпечили високий вплив на продуктивність рослин з частками впливу 15,4 і 12,2%, відповідно. Взаємодія факторів АВ та АС також була на високому рівні і становила 5,3-7,3%.

Дія на врожайність залишкових чинників (метеорологічні умови, недосліджувані елементи агротехніки, шкідливі організми тощо) склала 11,0%.

За умов 2018 р. відзначено зниження частки впливу фактору В з 33,0 до 29,5% порівняно з 2017 р. (рис. 3, 4).

Урожайність
зерна, т/га



Примітки: Фактор А: 1 – Дніпряна; 2 – Кассіопея; 3 – Крейсер
 Фактор В: 1 – 3 млн шт./га; 2 – 4 млн шт./га; 3 – 5 млн шт./га; 4 – 6 млн шт./га
 Фактор С: 1 – Без регулятора росту; 2 – Квадростим; 3 – Нертус ПлантаПер

Рис. 1. Середньофакторіальні показники врожайності зерна пшениці озимої твердої, т/га (2017 р.)

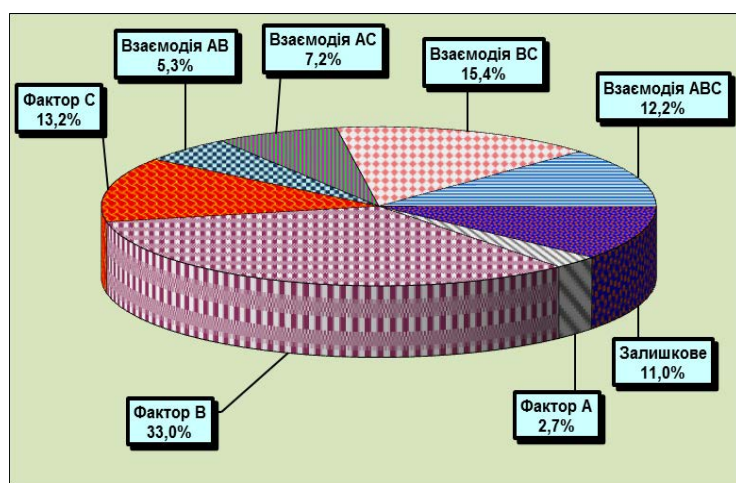
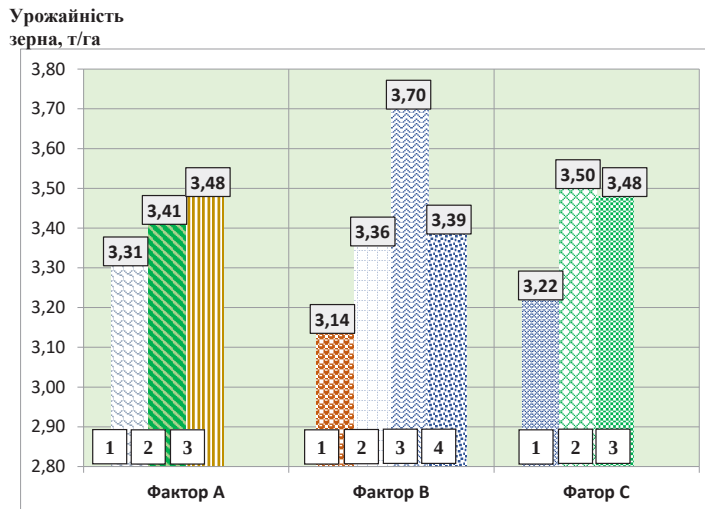


Рис. 2. Мінливість результативних ознак впливу факторів: сорт (фактор А), норма висіву (фактор В) та регулятор росту (фактор С) на врожайність зерна пшениці озимої твердої, % (2017 р.)

Частка впливу сортового складу (фактор А), навпаки, істотно підвищилась з 2,7 до 5,5%. Фактор С (регулятори росту рослин) сприяв формуванню врожаю на 11,5%.

Взаємодія АВ та АС становить 5,2-5,3%, а сумісна дія норм висіву та регуляторів росту (ВС) суттєво збільшилась майже в 3 рази – до 14,2%. Також високий рівень забезпечила повна взаємодія факторів, які були поставлені на вивчення (АВС). Вплив неврахованих факторів підвищився до 15,1%.

На відміну від двох перших років досліджень у 2019 р. зафіксовано істотне зростання впливу на величину врожаю зерна пшениці озимої твердої регуляторів росту рослин (фактор С) до 43,9%, що можна пояснити підвищеною кількістю опадів та помірним температурним режимом весняно-літнього періоду цього року (рис. 5, 6).



Примітки: Фактор А: 1 – Дніпряна; 2 – Кассіопея; 3 – Крейсер
 Фактор В: 1 – 3 млн шт./га; 2 – 4 млн шт./га; 3 – 5 млн шт./га; 4 – 6 млн шт./га
 Фактор С: 1 – Без регулятора росту; 2 – Квадростим; 3 – Нертус ПлантаПег

Рис. 3. Середньофакторіальні показники врожайності зерна пшениці озимої твердої, т/га (2018 р.)

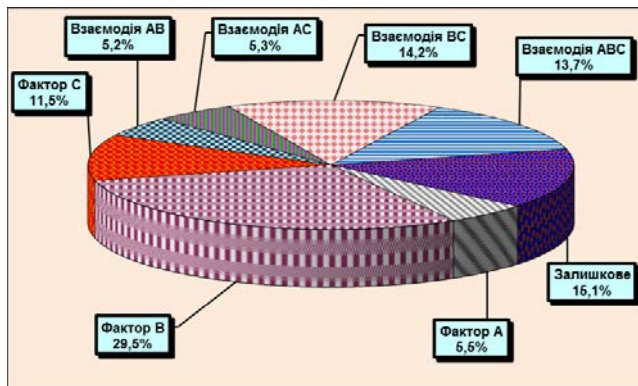
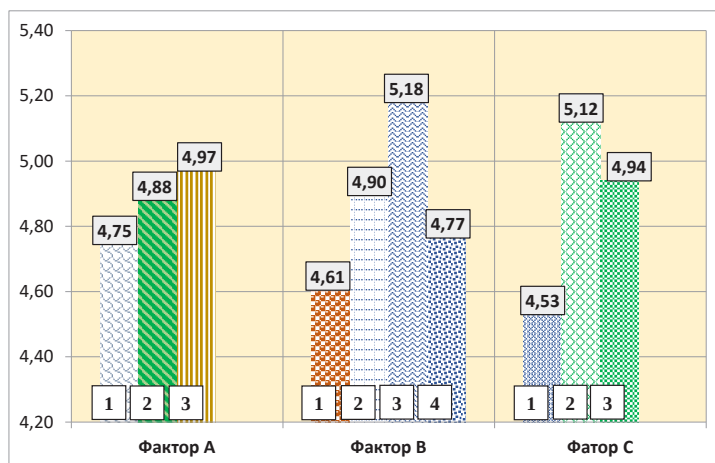


Рис. 4. Мінливість результативних ознак впливу факторів: сорт (фактор А), норма висіву (фактор В) та регулятор росту (фактор С) на врожайність зерна пшениці озимої твердої, % (2018 р.)

Урожайність
зерна, т/га



Примітки: Фактор А: 1 – Дніпряна; 2 – Кассіопея; 3 – Крейсер
 Фактор В: 1 – 3 млн шт./га; 2 – 4 млн шт./га; 3 – 5 млн шт./га; 4 – 6 млн шт./га
 Фактор С: 1 – Без регулятора росту; 2 – Квадростим; 3 – Нертус ПлантаПер

Рис. 5. Середньофакторіальні показники врожайності зерна пшениці озимої твердої, т/га (2019 р.)

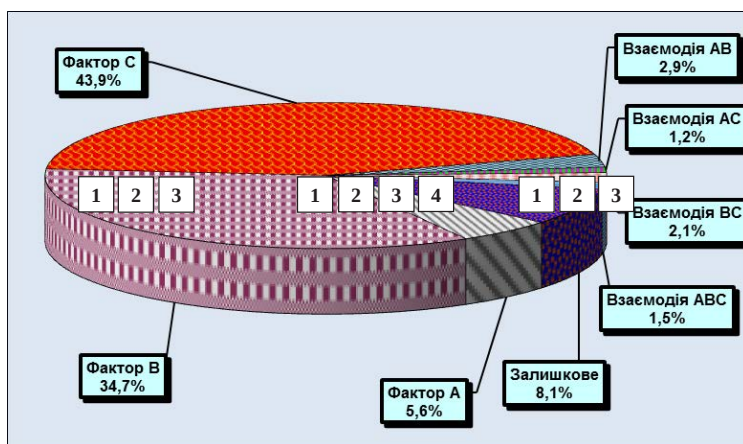


Рис. 6. Мінливість результативних ознак впливу факторів: сорт (фактор А), норма висіву (фактор В) та регулятор росту (фактор С) на врожайність зерна пшениці озимої твердої, % (2019 р.)

Частка впливу сортового складу (фактор А) залишилась майже на рівні 2018 р. – 5,6%. Фактор С (регулятори росту рослин) сприяв формуванню врожаю на 11,5%.

Взаємодія АВ та АС становить 5,2-5,3%, а сумісна дія норм висіву та регуляторів росту (ВС) суттєво збільшилась майже в 3 рази – до 14,2%. Також високий

рівень забезпечила повна взаємодія факторів, які були поставлені на вивчення (ABC). Вплив неврахованих факторів підвищився до 15,1%.

Високий рівень впливу – 34,7%, мали норми висіву (фактор В). Застосування різних сортів пшениці озимої обумовило формування врожаю на 5,6%. На відміну від 2017-2018 рр. на третьому році досліджень суттєво зменшилась взаємодія усіх факторів, яка становила 1,2-2,9%. Вплив неврахованих чинників (залишкова дія факторів) склала 8,1%.

У середньому за роки проведення досліджень питома вага досліджуваних чинників (сортівий склад, норми висіву, застосування регуляторів росту рослин) на величину врожаю пшениці твердої віддзеркалювала тенденції, які проявилися в окремі роки (рис. 7,8).

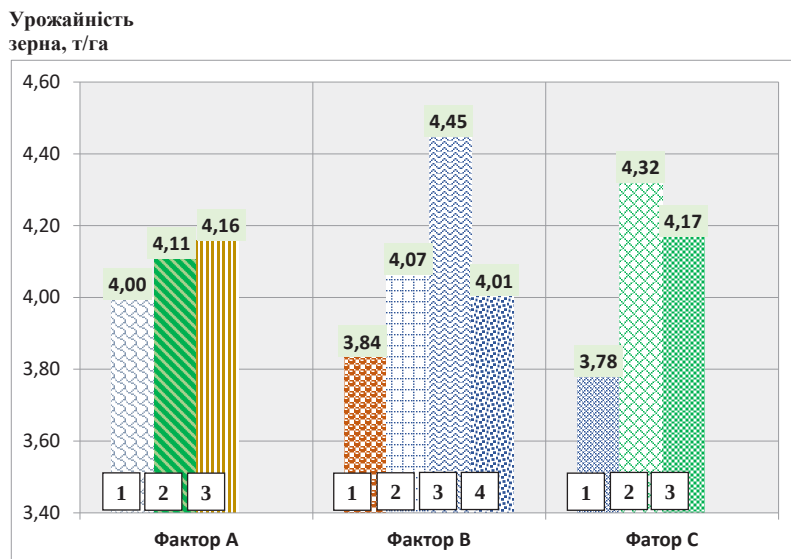
Норми висіву (фактор В) мали найвищий вплив на формування врожайності зерна, який склав 32,4%. Слід зауважити, що велике значення з часткою впливу 22,9% також мав вплив на продуктивність рослин досліджуваної культури застосування регуляторів росту рослин (фактор С).

Сортівий склад (фактор А) мав неістотний вплив на рівень урожаю, при цьому у середньому його частка впливу становила лише 4,6%.

Серед взаємодії факторів, що були поставлені на вивчення, максимальну впливовість проявили комбінації факторів: ВС – 10,6% та ABC – 9,1%.

Навпаки, взаємодії сортового складу з досліджуваними агрозаходами АВ і АС були неістотними та коливались у межах від 4,5 до 4,6%.

Вплив залишкових чинників становив 11,4%, що в першу чергу можна пояснити відмінностями у погодних умовах у роки проведення досліджень.



Примітки: Фактор А: 1 – Дніпряна; 2 – Кассіопея; 3 – Крейсер

Фактор В: 1 – 3 млн шт./га; 2 – 4 млн шт./га; 3 – 5 млн шт./га; 4 – 6 млн шт./га

Фактор С: 1 – Без регулятора росту; 2 – Квадростим; 3 – Нертус ПлантаПер

Рис. 7. Середньофакторіальні показники врожайності зерна пшениці озимої твердої, т/га (середнє за 2017-2019 рр.)

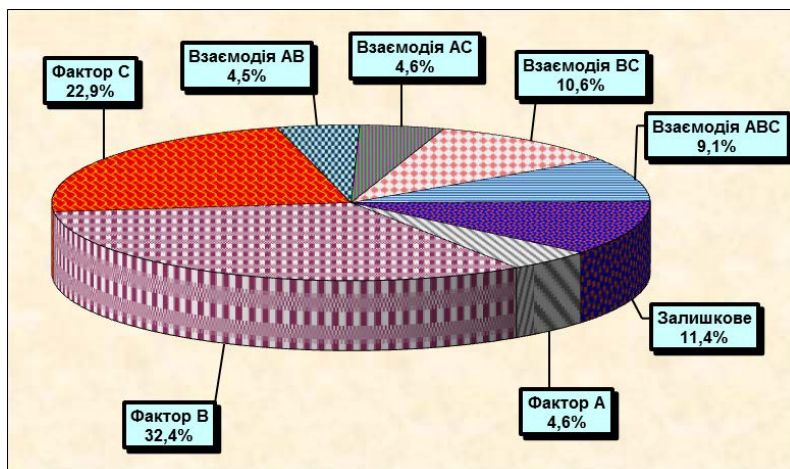


Рис. 8. Мінливість результативних ознак впливу факторів: сорт (фактор А), норма висіву (фактор В) та регулятор росту (фактор С) на врожайність зерна пшениці озимої твердої, % (середнє за 2017-2019 рр.)

За результатами математичного моделювання встановлена різна реакція досліджуваних сортів пшениці озимої твердої на зміну норм висіву в теоретичному діапазоні від 3 до 7 млн шт./га (рис. 9).

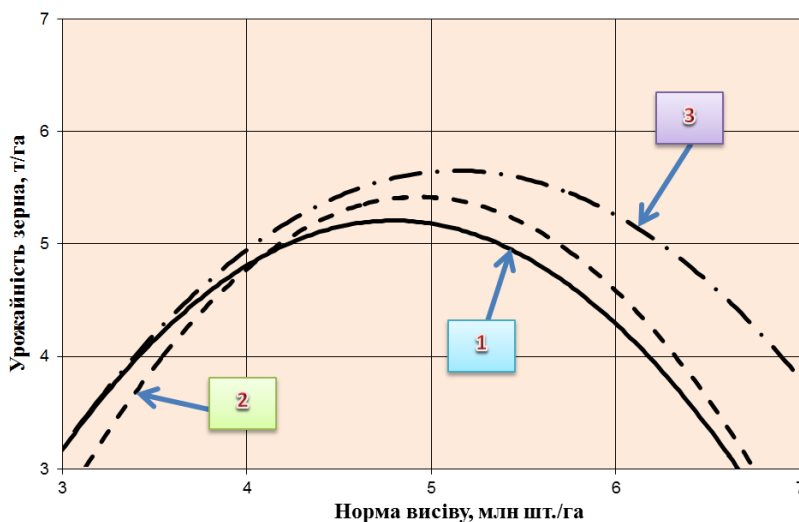


Рис. 9. Кореляційно-регресійна модель урожайності зерна пшениці озимої твердої залежно від норми висіву (млн шт./га) та сортового складу:

1 – сорт Дніпряна: $y = -0,6323x^2 + 6,0638x - 9,3288$; $R^2 = 0,6548$;

2 – сорт Кассіопея: $y = -0,7143x^2 + 7,0888x - 12,246$; $R^2 = 0,7297$;

3 – сорт Крейсер: $y = -0,4603x^2 + 4,7847x - 7,1417$; $R^2 = 0,7428$

Найвища позитивна реакція на збільшення норми висіву в діапазоні від 4,8 до 5,3 млн шт./га з формуванням максимальної теоретичної урожайності зерна в межах 5,5-5,7 т/га визначена у сорту Крейсер.

У сорту Кассіопея відзначено зниження оптимального рівня норми висіву до 4,6-5,0 млн шт./га 4,9 зі зменшення найбільшої теоретичної урожайності до 5,2-5,4 т/га, тобто на 1,8-8,8% нижче за сорт Крейсер.

Найменший потенціал продуктивності зафіксовано у сорту пшениці озимої твердої Дніпряна – 5,2 т/га. Причому найкращою нормою висіву була 4,54-4,7 млн шт./га.

Висновки і пропозиції. В умовах природного зволоження південного Степу України для отримання високих урожаїв зерна пшениці озимої твердої рекомендується вирощувати сорти інтенсивного типу вітчизняної селекції Крейсер і Кассіопея нормою 5 млн шт./га та проводити передпосівну обробку насіння за 1–2 дні до сівби методом інкрустації регулятором росту рослин Квадростим нормою 0,5 кг/т, що забезпечує врожайність на рівні 4,86 і 4,72 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Базалій В. В., Домарацький Є. О., Ларченко О. В. Сучасний сортовий склад пшениці м'якої озимої та параметри його екологічної стійкості за різних умов вирощування (огляд літератури). *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 104. С. 9–15.
2. Лихочвор В. В. Оптимізація норми висіву озимої пшениці. *Агробізнес сьогодні*. 2012. Вип. 24 (247). С. 31-35.
3. Авраменко С., Циганко В., Бобров О., Курилов О. Як регулятори росту рослин впливають на урожайність пшениці озимої? Агробізнес сьогодні. Веб-сайт. URL: <https://surl.li/vmbmau> (дата звернення: 23.03.2026).
4. Василенко М. Г. та ін. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. *Агроекологічний журнал*. 2018. Вип. 1. С. 96–101.
5. Василенко М. Г., Стадник А. П., Душко П. М. Перспективи застосування органіко-мінеральних добрив і регуляторів росту рослин. *Агроекологічний журнал*. 2017. Вип. 3. С. 96–102.
6. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового дослідження (Зрошуване землеробство): навч. посіб. Херсон: Грінв Д.С. 2014. 448 с.
7. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія. Херсон : Айлант, 2009. 372 с.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.854:631.58:631.52

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.4>

ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ СОНЯШНИКУ ОДНОРІЧНОГО В РІЗНИХ ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ

Кирильчук А.М. – к.с.-г.н., с.н.с. лабораторії показників якості сортів рослин,
Український інститут експертизи сортів рослин
orcid.org/0000-0003-3948-5810

Ничкалюк Г.В. – науковий співробітник лабораторії показників якості сортів
рослин,
Український інститут експертизи сортів рослин
orcid.org/0000-0003-3693-8378

Безпрозвана І.В. – науковий співробітник лабораторії показників якості сортів
рослин,
Український інститут експертизи сортів рослин
orcid.org/0000-0002-4240-7605

Орленко О.Б. – к.т.н., молодший науковий співробітник лабораторії показників
якості сортів рослин,
Український інститут експертизи сортів рослин
orcid.org/0009-0001-3309-0757

Наведено результати оцінки екологічної пластичності та стабільності 5 гібридів соняшнику однорічного за основними господарсько цінними показниками в різних ґрунтово-кліматичних умовах України. Метою дослідження було визначити адаптивний потенціал сучасних гібридів соняшнику за показниками врожайності, вмісту олії та білку залежно від варіабельності погодних умов років дослідження. Екологічну пластичність генотипів оцінювали за коефіцієнтом регресії (bi), стабільність прояву ознак – за варіансою стабільності (S^2_{di}) та коефіцієнтом варіації (V), адаптивні властивості – за показниками гомеостатичності (Hom) і селекційної цінності (Sc). Польові та лабораторні дослідження здійснювали упродовж 2024-2025 рр. За показником врожайності значення коефіцієнта регресії у досліджуваних гібридів становило 1,0–1,2, що свідчить про їх здатність адаптуватися до змін умов вирощування. Найвищу реакцію на зміну факторів середовища встановлено у гібриду 'Lorca Hrano' ($bi=1,2$), що характеризує його як генотип інтенсивного типу. Гібриди 'LLUDWIG' та 'ODYN' ($bi=1,1$) також відзначалися підвищеною чутливістю до умов вирощування, тоді як 'BOHEM' і 'Legion' ($bi=1,0$) характеризувалися більшою стабільністю формування врожайності. Варіанса стабільності врожайності коливалася у межах 14,8–19,0. Найнижчі значення показника встановлено у гібридів 'BOHEM' ($S^2_{di}=14,8$) та 'Legion' ($S^2_{di}=14,9$), що свідчить про відносно стабільний прояв ознаки. Коефіцієнт варіації врожайності становив 43,0–55,1%, при цьому найменшу мінливість виявлено у гібриду 'LLUDWIG' ($V=43,0\%$). За показниками гомеостатичності та селекційної цінності цей гібрид також характеризувався найвищими значеннями ($Hom=1,5$; $Sc=1,3$), що підтверджує його високий адаптивний потенціал. Аналіз параметрів пластичності та стабільності за вмістом олії показав, що коефіцієнт регресії варіював у межах 1,0–1,2. Найбільш стабільне формування вмісту олії відзначено у гібриду 'Lorca Hrano' ($bi=1,0$; $S^2_{di}=3594,52$). Коефіцієнт варіації цього показника становив 8,8–15,2%,



© Кирильчук А.М., Ничкалюк Г.В., Безпрозвана І.В., Орленко О.Б., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

що свідчить про відносно невелику мінливість ознаки. Найнижчий рівень варіабельності встановлено у гібридів 'BOHEM' ($V=8,8\%$) та 'Lorca Hrano' ($V=8,9\%$). Високі значення гомеостатичності формування олійності характерні для гібридів 'Lorca Hrano' ($Hom=4,8$) та 'LLUDWIG' ($Hom=4,0$), тоді як найвищу селекційну цінність мав гібрид 'BOHEM' ($Sc=41,3$). За вмістом білку коефіцієнт регресії у більшості гібридів становив 1,1, тоді як у 'Lorca Hrano' він був децю вищим ($b_1=1,2$), що свідчить про підвищену реакцію генотипу на зміну умов середовища. Найнижчі значення варіанси стабільності ($S^2di=582,4$) та коефіцієнта варіації ($V=5,1\%$) встановлено у гібриду 'ODYN', що свідчить про високу стабільність формування вмісту білку. Високий показник гомеостатичності цього гібриду ($Hom=48,7$) підтверджує його здатність підтримувати стабільний рівень білку за різних умов вирощування. Отримані результати свідчать, що досліджувані гібриди соняшнику відрізняються за рівнем екологічної пластичності та стабільності прояву господарсько цінних ознак. Найбільш пластичними та стабільними за врожайністю виявилися гібриди 'BOHEM' і 'Legion', тоді як за селекційною цінністю ознаки виділилися 'LLUDWIG' та 'Lorca Hrano'. Контрастні погодні умови років дослідження дали змогу ефективно оцінити адаптивний потенціал генотипів та визначити найбільш перспективні для вирощування у різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Ключові слова: соняшник однорічний, врожайність, вміст олії, вміст білку, екологічна пластичність, стабільність, адаптивність, гібрид.

Kyrylchuk A.M., Nychkalyuk H.V., Bezprozvana I.V., Orlenko O.B. Ecological plasticity and stability of annual sunflower in different soil and climatic conditions of Ukraine

The results of the assessment of the ecological plasticity and stability of 5 annual sunflower hybrids according to the main economically valuable indicators in different soil and climatic conditions of Ukraine are presented. The aim of the study was to determine the adaptive potential of modern sunflower hybrids in terms of yield, oil content, and protein content, depending on the variability of weather conditions in the years of the study. The ecological plasticity of genotypes was assessed by the regression coefficient (bi), the stability of the manifestation of traits – by the variance of stability (S^2di) and the coefficient of variation (V), adaptive properties – by the indicators of homeostasis (Hom) and selection value (Sc). Field and laboratory studies were carried out during 2024-2025. According to the yield indicator, the regression coefficient value of the studied hybrids was 1.0–1.2, which indicates their ability to adapt to changes in growing conditions. The highest response to changes in environmental factors was found in the hybrid 'Lorca Hrano' ($bi=1.2$), which characterizes it as an intensive type genotype. The hybrids 'LLUDWIG' and 'ODYN' ($bi=1.1$) were also characterized by increased sensitivity to growing conditions, while 'BOHEM' and 'Legion' ($bi=1.0$) were characterized by greater stability in yield formation. The variance of yield stability ranged from 14.8 to 19.0. The lowest values of the indicator were found in the hybrids 'BOHEM' ($S^2di=14.8$) and 'Legion' ($S^2di=14.9$), which indicates a relatively stable manifestation of the trait. The coefficient of variation of yield was 43.0–55.1%, with the lowest variability found in the hybrid 'LLUDWIG' ($V=43.0\%$). In terms of homeostatic and breeding value, this hybrid was also characterized by the highest values ($Hom=1.5$; $Sc=1.3$), which confirms its high adaptive potential. Analysis of plasticity and stability parameters by oil content showed that the regression coefficient varied within 1.0–1.2. The most stable formation of oil content was noted in the hybrid 'Lorca Hrano' ($bi=1.0$; $S^2di=3594.52$). The coefficient of variation of this indicator was 8.8–15.2%, which indicates a relatively small variability of the trait. The lowest level of variability was found in the hybrids 'BOHEM' ($V=8.8\%$) and 'Lorca Hrano' ($V=8.9\%$). High values of homeostatic oil formation are characteristic of the hybrids 'Lorca Hrano' ($Hom=4.8$) and 'LLUDWIG' ($Hom=4.0$), while the hybrid 'BOHEM' ($Sc=41.3$) had the highest breeding value. For protein content, the regression coefficient in most hybrids was 1.1, while in 'Lorca Hrano' it was slightly higher ($bi=1.2$), which indicates an increased response of the genotype to changing environmental conditions. The lowest values of the stability variance ($S^2di=582.4$) and the coefficient of variation ($V=5.1\%$) were found in the hybrid 'ODYN', which indicates a high stability of protein content formation. The high homeostatic index of this hybrid ($Hom=48.7$) confirms its ability to maintain a stable protein level under different growing conditions. The results obtained indicate that the studied sunflower hybrids differ in the level of ecological plasticity and stability of the manifestation of economically valuable traits. The most plastic and stable in terms of yield were the hybrids 'BOHEM' and 'Legion', while 'LLUDWIG' and 'Lorca Hrano' stood out in terms of breeding value.

The contrasting weather conditions of the study years made it possible to effectively assess the adaptive potential of genotypes and identify the most promising ones for cultivation in various soil and climatic conditions of Ukraine.

Key words: annual sunflower, yield, oil content, protein content, ecological plasticity, stability, adaptability, hybrid.

Постановка проблеми. Соняшник однорічний (*Helianthus annuus L.*) є однією з провідних олійних культур у світі та займає значні площі посівів в Україні [1]. Висока економічна ефективність вирощування культури, а також стабільний попит на соняшникову олію зумовлюють необхідність підвищення продуктивності та стабільності її виробництва. Водночас сучасні кліматичні зміни, нерівномірний розподіл опадів, підвищення температурного режиму та значна різноманітність ґрунтово-кліматичних умов України істотно впливають на формування врожайності соняшнику.

За таких умов важливого значення набуває здатність сортів і гібридів культури адаптуватися до різних факторів середовища та забезпечувати стабільну продуктивність. Одним із показників такої адаптації є екологічна пластичність, яка характеризує реакцію генотипу на зміну умов вирощування, а також стабільність, що відображає здатність формувати відносно сталий рівень урожайності за різних агроекологічних умов. Тому дослідження екологічної пластичності та стабільності соняшнику в різних ґрунтово-кліматичних умовах України є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності використання генетичного потенціалу культури та оптимізацію її вирощування.

Аналіз останніх досліджень. У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливої актуальності набувають дослідження адаптивних властивостей сільськогосподарських культур, зокрема їх екологічної пластичності та стабільності [2]. Ці характеристики визначають здатність генотипів формувати стабільний урожай у різних агроекологічних умовах та забезпечувати ефективне використання ґрунтово-ресурсного потенціалу регіонів вирощування. Для культури соняшнику (*Helianthus annuus L.*) питання адаптивності є особливо важливим, оскільки продуктивність культури значною мірою залежить від взаємодії генотипу з умовами середовища, включаючи температурний режим, забезпеченість вологою, родючість ґрунтів і технологічні особливості вирощування [3].

У наукових дослідженнях значна увага приділяється вивченню взаємодії факторів «генотип – середовище» ($G \times E$), що є ключовим елементом формування врожайності та адаптивного потенціалу рослин [4; 5]. Доведено, що навіть за однакових агротехнічних умов різні гібриди соняшнику можуть суттєво відрізнятися за рівнем продуктивності, що зумовлено їх генетичними особливостями та реакцією на фактори середовища. У багатьох дослідженнях встановлено статистично значущий вплив генотипу, умов вирощування та їх взаємодії на формування врожайності, маси насіння, діаметра кошика та інших господарсько цінних ознак [6].

Одним із ключових напрямів сучасних досліджень є оцінювання екологічної пластичності гібридів соняшнику у різних ґрунтово-кліматичних умовах [7]. У багатьох експериментальних роботах застосовують методи багатофакторного статистичного аналізу, зокрема регресійні моделі та GGE-біплот аналіз, які дозволяють визначити реакцію генотипів на зміну факторів середовища та ідентифікувати найбільш адаптовані форми [8]. Такі дослідження показують, що окремі генотипи характеризуються високою пластичністю і можуть формувати стабільний урожай у широкому діапазоні умов, тоді як інші характеризуються обмеженою адаптивністю до умов середовища.

У контексті змін клімату важливим напрямом досліджень є вивчення стійкості соняшнику до абіотичних стресів, зокрема посухи та температурних коливань [9; 10]. Встановлено, що дефіцит вологи у критичні фази розвитку культури може істотно знижувати біомасу рослин, інтенсивність фотосинтезу та формування генеративних органів. Разом із тим різні генотипи характеризуються різною

здатністю адаптуватися до водного дефіциту, що проявляється у зміні морфо-анатомічних і фізіологічних характеристик рослин [11]. Такі адаптивні реакції включають регуляцію продигової провідності, накопичення осмотично активних речовин і зміні структури листової тканини, що сприяє підвищенню стійкості рослин до стресових умов.

Крім того, у сучасних дослідженнях активно вивчаються фізіологічні механізми адаптації соняшнику до різних факторів середовища [12]. Показано, що гібриди та інбредні лінії можуть використовувати різні стратегії реагування на посуху на молекулярному та фізіологічному рівнях [13]. Наприклад, гібриди часто характеризуються більш інтенсивною реакцією на водний дефіцит, що проявляється у зміні експресії білків та регуляції ростових процесів, тоді як інбредні лінії демонструють більш стабільну, але менш інтенсивну реакцію на стресові фактори.

Суттєвий вплив на прояв адаптивних властивостей соняшнику мають також агротехнологічні фактори, зокрема густина стояння рослин, система удобрення та режим зволоження [14]. Дослідження показують, що різні гібриди по-різному реагують на зміну густоти посіву, що проявляється у варіації морфологічних і фізіологічних показників. Так, підвищення густоти посіву може призводити до збільшення висоти рослин, але водночас зменшувати масу 1000 насінин і діаметр кошика. При цьому окремі гібриди демонструють високу стабільність агрономічних показників у різних умовах густоти, що свідчить про їхню екологічну пластичність [15; 16].

Окрему увагу дослідники приділяють ролі мінерального живлення у формуванні адаптивних властивостей культури. Встановлено, що застосування мікроелементів, зокрема цинку, може підвищувати стійкість рослин до посухи та покращувати показники врожайності і якості насіння [6; 9; 17]. У таких умовах спостерігається збільшення площі листової поверхні, підвищення водоутримувальної здатності тканин і ефективності використання води рослинами [11].

У сучасних дослідженнях також значна увага приділяється генетичним аспектам адаптації соняшнику. Встановлено, що генетичне різноманіття культури є важливим ресурсом для селекції нових гібридів, стійких до комплексу біотичних та абіотичних факторів [18]. Генотипи соняшнику можуть використовуватися як джерело генів стійкості до посухи, температурних коливань та інших стресових факторів, що має важливе значення для забезпечення стійкості агроecosистем в умовах кліматичних змін.

Крім того, останні дослідження показують, що адаптивність соняшнику визначається не лише генетичними та фізіологічними характеристиками рослин, але й особливостями ґрунтового середовища та мікробіому ризосфери [19; 20]. Встановлено, що склад мікробних угруповань у ризосфері значною мірою залежить від кліматичних і ґрунтових умов, а також від генотипу рослин. Це свідчить про складну взаємодію між рослинами, мікроорганізмами та середовищем, яка може впливати на стійкість культури до хвороб і ефективність використання поживних речовин.

Таким чином, аналіз сучасних наукових досліджень свідчить, що екологічна пластичність і стабільність соняшнику формуються в результаті складної взаємодії генетичних, фізіологічних, агротехнологічних і кліматичних факторів. Незважаючи на значну кількість досліджень у цьому напрямі, питання комплексної оцінки адаптивного потенціалу гібридів соняшнику в різних ґрунтово-кліматичних умовах України залишаються недостатньо вивченими. Це зумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на визначення генотипів із високою

екологічною пластичністю та стабільністю врожайності, що дозволить підвищити ефективність виробництва культури та забезпечити її стійкість в умовах змін клімату.

Матеріали та методика досліджень. Досліджено 5 гібридів соняшнику однорічного, а саме: 'BOHEM', 'Legion', 'LLUDWIG', 'Lorca Hrano' та 'ODYN', внесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2025 році, які рекомендовано для вирощування в ґрунтово-кліматичній зоні Лісостепу.

Польові дослідження проводили впродовж 2024–2025 рр. на дослідних полях філій Українського інституту експертизи сортів рослин (УІЕСР) у двох ґрунтово-кліматичних зонах: Степ (Дніпропетровська, Кіровоградська, Одеська філії та Кілійський відділ польових досліджень Одеської філії); Лісостеп (Вінницька, Сумська, Черкаська філії та Карлівський відділ польових досліджень Полтавської філії) відповідно «Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні» [21]. Врожайність із приведенням до стандартної вологості визначали згідно «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина» [22]. Ґрунти дослідних ділянок характерні для відповідної зони вирощування (Степ і Лісостеп). Облікова площа ділянки 25 м², розміщення ділянок рендомізоване, повторність чотириразова.

В період вегетації соняшнику однорічного в кожному пункті досліджень визначали середньодобову температуру та кількість опадів і розраховували середнє значення в межах ґрунтово-кліматичної зони.

За оперативними даними середня річна температура повітря у 2024 та 2025 рр. в Степу та Лісостепу України виявилася вищою за середні багаторічні дані відповідно на 3,4–4,5 та 3,6–4,6 °C і в середньому становила плюс 11,9–13,0 та 10,2–11,3 °C відповідно [23].

Річна кількість опадів у 2024 та 2025 рр. у середньому за рік становила в Степу – 414 та 351 мм, Лісостепу – 577 та 609 мм, що становило, відповідно, 98 та 83% річної норми в зоні Степу та 106 та 112% – Лісостепу.

Лабораторні дослідження проводили відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [24].

Індекс умовного середовища (I_j), екологічні пластичність (b_i) і стабільність (S_{di}^2) розраховували та аналізували за методикою Eberthart S. A. та Russel W. A. [25]. За результатами розрахунків параметрів пластичності (b_i) і стабільності (S_{di}^2) для сортів соняшнику однорічного виділяли: $b_i < 1$, $S_{di}^2 > 0$ – мають кращі результати в несприятливих умовах, нестабільний; $b_i < 1$, $S_{di}^2 = 0$ – мають кращі результати в несприятливих умовах, стабільний; $b_i = 1$, $S_{di}^2 = 0$ – добре реагують на поліпшення умов, стабільний; $b_i = 1$, $S_{di}^2 > 0$ – добре реагують на поліпшення умов, нестабільний; $b_i > 1$, $S_{di}^2 = 0$ – мають кращі результати в сприятливих умовах, стабільний; $b_i > 1$, $S_{di}^2 > 0$ – мають кращі результати в сприятливих умовах, нестабільний. У період проведення досліджень погодні умови були контрастними, що дало можливість оцінити нові сорти соняшнику однорічного за пластичністю й стабільністю та виділити кращі з них.

Загальну гомеостатичність (Hom) і селекційну цінність (Sc) сорту визначали за Хангільдіним В. В., Литвиненко Н. А. в інтерпретації Харденюк-Тарасевич Л. А. [26].

Статистичні показники: середнє арифметичне ($\bar{x}$), мінімальне (min) і максимальне (max) значення, розмах варіювання (V), коефіцієнт варіації (r), середнє

квадратичне відхилення (σ) та найменшу істотну різницю (HIP) розраховували за Василенко О. А. та Бахрушиним В. Є. [27; 28] за допомогою програмного забезпечення Excel 2016.

Результати досліджень. В Україні гідрологічні умови є лімітуючим фактором у формуванні продуктивності сільськогосподарських культур [29]. Для умов зволоження зон використали показник гідротермічного коефіцієнту (ГТК) Селянінова. ГТК є комплексним показником оцінки умов зволоження, який враховує як надходження води у вигляді опадів, так і сумарну витрату їх на випаровування [30].

Для характеристики погодних факторів ми використали ГТК основних періодів вегетації рослин: сімба – кінець вегетації. Згідно з градацією Г. Г. Селянінова, загалом 2024–2025 роки дослідження для зони Степу характеризувалися як дуже посушливі (ГТК = 0,4–0,5), а Лісостепу – з достатнім зволоження (ГТК = 1,0–1,4) (рис. 1).

Встановлено, що ГТК (IV–X місяців) суттєво коливається щорічно, щомісячно і в цілому по зонах, де проводили досліді. У період сімби та проростання насіння (квітень), у зоні Степу спостерігалися дуже посушливі умови (ГТК 0,1–0,3), тоді як у Лісостепу в 2024 р. зволоження було достатнім (1,1, а у 2025 р.) – навпаки (0,5). Під час формування сходів і початкового росту рослин (травень), у зоні Степу умови значно відрізнялися за роками: у 2024 р. – сильна посуха (0,3), тоді як у 2025 р. – зволоження було оптимальним (1,1). У Лісостепу в цей період у 2025 р. спостерігалась вологість, що перевищувала багаторічну норму (2,5). У фазі інтенсивного вегетативного росту та формування листової поверхні (червень), у Степу зберігався дефіцит вологи (0,2–0,6), проте в Лісостепу умови 2024 р. були близькими до оптимальних (1,0), а 2025 р. дещо посушливими (0,6). Під час цвітіння та наливу насіння (серпень), у обох зонах спостерігався дефіцит вологи (Степ – 0,1–0,2, Лісостеп – 0,5–0,7). Під час досягання насіння (вересень), у Степу зволоження залишалося недостатнім, тоді як у Лісостепу воно було близьким до оптимального (0,9–1,2). Під час повної стиглості та збирання врожаю (жовтень), в обох зонах умови зволоження були достатніми (Степ – 1,4–1,8, Лісостеп – 1,2–1,6).

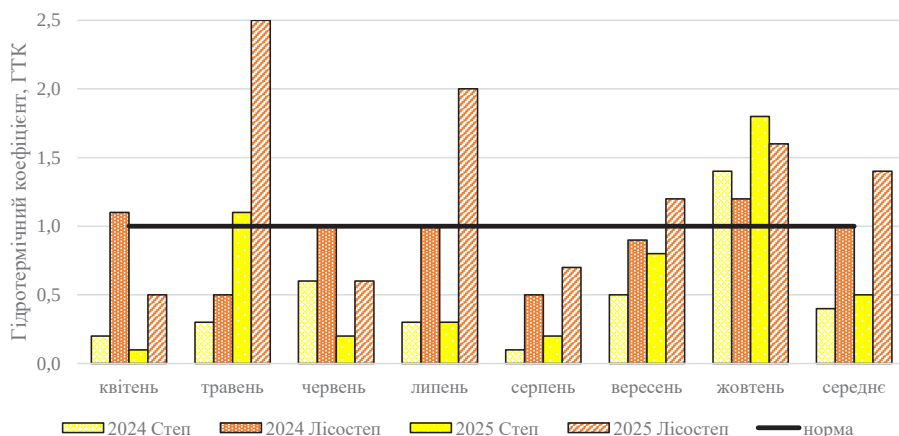


Рис. 1. Гідротермічний показник за середньодобовими даними за 2024–2025 рр. дослідження

Загалом найсприятливіші гідротермічні умови для росту і розвитку соняшнику однорічного сформувалися у зоні Лісостепу, особливо в 2025 році, тоді як у Степовій зоні впродовж більшої частини вегетації переважали посушливі умови, нерівномірний розподіл кліматичних факторів створює іноді несприятливі умови для росту і розвитку рослин, що в кінцевому рахунку позначається на врожаї та якості продукції.

Дослідженнями встановлено, що врожайність і показники якості насіння гібридів соняшнику однорічного істотно залежали від ґрунтово-кліматичних умов вирощування та погодних особливостей років. Контрастні гідротермічні умови 2024-2025 рр., зокрема дефіцит вологи у зоні Степу та більш сприятливий водний режим у зоні Лісостепу, впливали на формування продуктивності та біохімічного складу насіння.

Урожайність гібридів варіювала в межах 0,3-5,9 т/га. Найвищу середню врожайність сформував гібрид 'Lorca Hrano' – 3,1 т/га, тоді як у гібридів 'LLUDWIG' та 'ODYN' цей показник становив відповідно 2,9 та 2,7 т/га. Нижчий рівень урожайності відзначено у гібридів 'BOHEM' та 'Legion' – по 2,5 т/га (табл. 1).

Таблиця 1

Параметри врожайності та показників гібридів соняшнику однорічного (2024–2025 рр.)

	Степ		Лісостеп		min	max	Sx̄	HIP ₀₅
	2024	2025	2024	2025				
Урожайність, т/га								
‘BOHEM’	2,3	1,1	3,6	3,7	0,4	4,6	2,5	1,1
‘LLUDWIG’	2,9	1,8	4,2	3,6	0,9	5,1	2,9	1,0
‘ODYN’	2,5	1,3	3,9	4,1	0,4	5,2	2,7	1,1
‘Legion’	2,3	1,3	4,1	3,2	0,3	4,4	2,5	1,0
‘Lorca Hrano’	2,9	1,6	3,6	4,4	0,6	5,9	3,1	1,1
HIP05	0,1	0,1	0,1	0,2				
Вміст олії, %								
‘BOHEM’	49,3	44,3	49,2	52,3	39,1	54,3	48,7	3,3
‘LLUDWIG’	47,4	42,3	47,6	46,4	30,9	51,4	45,7	3,6
‘ODYN’	49,2	42,4	53,1	51,9	31,1	55,1	48,9	4,7
‘Legion’	46,0	38,9	47,9	47,9	23,0	52,3	44,9	5,3
‘Lorca Hrano’	43,9	39,4	42,4	44,1	31,7	46,6	42,3	2,9
HIP05	1,0	1,0	1,6	1,5				
Вміст білку, %								
‘BOHEM’	18,2	16,6	18,3	16,9	15,0	20,4	17,4	1,2
‘LLUDWIG’	18,3	18,5	18,7	16,7	15,0	21,5	18,0	1,5
‘ODYN’	17,3	17,2	16,7	16,7	15,8	18,7	17,0	0,7
‘Legion’	18,3	17,9	17,5	15,8	13,1	20,7	17,3	1,6
‘Lorca Hrano’	18,4	18,9	18,8	17,0	15,4	23,2	18,2	1,7
HIP05	0,2	0,4	0,4	0,2				

Аналіз урожайності за зонами вирощування показав, що у Степу в 2024 р. гібриди формували врожайність 2,3-2,9 т/га, тоді як у 2025 р. через посушливі умови цей показник зменшився до 1,1-1,8 т/га. Натомість у Лісостепу врожайність була істотно вищою і становила 3,2-4,4 т/га, що пояснюється більш сприятливими

умовами зволоження в період формування генеративних органів та наливу насіння.

Найвищу врожайність у Лісостепу сформував гібрид 'Lorca Hrano' – 4,4 т/га, тоді як гібриди 'ODYN' та 'LLUDWIG' забезпечили відповідно 4,1 та 4,2 т/га. Отримані результати підтверджують значний вплив погодних умов, зокрема вологозабезпечення, на реалізацію потенціалу продуктивності соняшнику.

Вміст олії у насінні гібридів змінювався в межах 23,0-55,1%. Найвищим середнім показником характеризувався гібрид 'ODYN' – 48,9%, тоді як у гібрида 'BOHEM' він становив 48,7%. Дещо нижчий вміст олії відзначено у гібридів 'LLUDWIG' (45,7%), 'Legion' (44,9%) та 'Lorca Hrano' (42,3%).

Вміст білку у насінні гібридів варіював у межах 13,1-23,2%. Найвищий середній показник встановлено у гібрида 'Lorca Hrano' – 18,2%, тоді як у гібридів 'LLUDWIG' та 'BOHEM' він становив відповідно 18,0 та 17,4%. Найнижчим середнім значенням характеризувався гібрид 'ODYN' – 17,0%.

За умовами вирощування встановлено, що у Степу вміст білку був дещо вищим, що пов'язано з посушливими умовами, які сприяють накопиченню білкових речовин у насінні. Натомість у Лісостепу за більш сприятливого водного режиму спостерігалася тенденція до підвищення врожайності та вмісту олії, але дещо нижчого рівня білку.

Результати досліджень свідчать про значний вплив погодних умов та ґрунтово-кліматичних зон на формування врожайності і показників якості насіння соняшнику однорічного. Найвищу середню врожайність сформував гібрид 'Lorca Hrano', тоді як за вмістом олії виділились гібриди 'ODYN' та 'BOHEM'. Підвищеним умістом білку характеризувались гібриди 'Lorca Hrano' та 'LLUDWIG'.

Загалом більш сприятливі умови для формування продуктивності та олійності насіння спостерігалися у Лісостеповій зоні, тоді як у Степу через дефіцит вологи відзначено зниження врожайності, але тенденцію до підвищення вмісту білку в насінні.

Отримані результати свідчать про перспективність використання гібридів 'Lorca Hrano', 'ODYN' та 'BOHEM' для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Оцінка гібридів у різні роки дає змогу одержати інформацію щодо особливостей реакції генотипів на зміну екологічних умов. Коефіцієнт регресії (b_i) відображає середню реакцію генотипу на зміну факторів середовища, демонструє його пластичність і допомагає прогнозувати мінливість ознаки, досліджуваної в межах визначених умов. Чим вище значення b_i , тим чутливіший гібрид до зміни умов вирощування. Водночас b_i може набувати як позитивних (для більшості ознак), так і від'ємних значень. Якщо $b_i=0$ або є близьким до нуля, це означає, що гібрид не реагує на зміну умов вирощування.

Варіанса стабільності (S^2_{di}) показує, на скільки гібрид відповідає пластичності, оціненій коефіцієнтом регресії. Чим ближче (S^2_{di}) до нуля, тим менше відрізняються емпіричні значення ознаки від теоретичних, розміщених на лінії регресії. Зростання пластичності сорту спричиняє зниження його стабільності [31].

Важливим показником стійкості є гомеостатичність, тобто здатність генотипів зменшувати наслідки впливу шкідливих біотичних та абіотичних факторів. Тісний зв'язок гомеостатичності (Hom) з коефіцієнтом варіації (V) чітко відображає стабільність врожайності та показників якості в мінливих умовах навколишнього середовища.

За показником врожайності значення коефіцієнта регресії (b_i) у досліджуваних гібридів становило 1,0–1,2, що свідчить про їх достатню екологічну пластичність

і здатність адаптуватися до змін факторів середовища. Найвищу реакцію на зміну умов вирощування відзначено у гібриду ‘Lorca Hrano’ ($b_i=1,2$), що характеризує його як інтенсивний тип, здатний формувати вищу врожайність за сприятливих умов. Гібриди ‘LLUDWIG’ та ‘ODYN’ ($b_i=1,1$) також характеризувалися підвищеною чутливістю до змін умов середовища. Водночас гібриди ‘BOHEM’ і ‘Legion’ ($b_i=1,0$) відзначалися більшою пластичністю в мінливих екологічних умовах (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри екологічної пластичності, стабільності та адаптивності гібридів соняшнику однорічного за врожайністю та показниками якості (2024–2025 рр.)

	Параметри екологічної пластичності / стабільності		Параметри адаптивності		
	b_i	S^2_{di}	$V, \%$	Hom	Sc
Урожайність, т/га					
‘BOHEM’	1,0	14,8	55,1	1,1	0,9
‘LLUDWIG’	1,1	18,5	43,0	1,5	1,3
‘ODYN’	1,1	17,5	50,8	0,9	0,9
‘Legion’	1,0	14,9	50,5	0,9	0,9
‘Lorca Hrano’	1,2	19,0	44,7	1,1	1,1
Вміст олії, %					
‘BOHEM’	1,2	4752,57	8,8	2,1	41,3
‘LLUDWIG’	1,1	4208,01	10,2	4,0	40,8
‘ODYN’	1,2	4843,51	12,3	1,1	39,2
‘Legion’	1,1	4090,18	15,2	1,4	36,7
‘Lorca Hrano’	1,0	3594,52	8,9	4,8	37,9
Вміст білку, %					
‘BOHEM’	1,1	621,0	9,2	20,0	16,3
‘LLUDWIG’	1,1	661,1	10,6	8,9	16,0
‘ODYN’	1,1	582,4	5,1	48,7	16,2
‘Legion’	1,1	608,1	12,0	7,1	15,0
‘Lorca Hrano’	1,2	685,3	11,7	6,6	15,9

Показник варіанси стабільності (S^2_{di}) для врожайності варіював у межах 14,8–19,0, що свідчить про певну нестабільність прояву ознаки залежно від погодних умов років дослідження. Найнижче значення S^2_{di} відзначено у гібридів ‘BOHEM’ (14,8) та ‘Legion’ (14,9), що характеризує відносно стабільний прояв формування врожайності в різних умовах вирощування. Натомість гібриди ‘LLUDWIG’, ‘ODYN’ і ‘Lorca Hrano’ характеризувалися дещо більшою мінливістю цього показника.

Коефіцієнт варіації врожайності (V) становив 43,0–55,1%. Найнижчу мінливість урожайності за роками досліджень виявлено у гібриду ‘LLUDWIG’ (43,0%), що свідчить про відносно стабільне формування врожаю. За показником гомеостатичності (Hom) найвищі значення встановлено також у гібриду ‘LLUDWIG’ (1,5), що підтверджує його кращу здатність компенсувати вплив несприятливих умов середовища. Відповідно, за показником селекційної цінності (Sc) цей гібрид

також характеризувався найвищим значенням (1,3), що свідчить про високий адаптивний потенціал.

Аналіз параметрів пластичності та стабільності за вмістом олії показав, що коефіцієнт регресії коливався у межах 1,0–1,2. Найбільш пластичним та стабільним виявився гібрид ‘Lorca Hrano’ ($b_i=1,0$, $S^2di=3594,52$), що свідчить про більш стабільне формування вмісту олії. Коефіцієнт варіації цього показника становив 8,8–15,2%, що загалом вказує на відносно невелику мінливість ознаки. Найнижчий рівень варіабельності встановлено у гібридів ‘BOHEM’ ($V=8,8\%$) та ‘Lorca Hrano’ ($V=8,9\%$). Показники гомеостатичності свідчать про високий рівень стабільності формування олійності у гібридів ‘Lorca Hrano’ (4,8) та ‘LLUDWIG’ (4,0). Найвищу селекційну цінність за цією ознакою мав гібрид ‘BOHEM’ ($Sc=41,3$).

За вмістом білку коефіцієнт регресії у більшості гібридів становив 1,1, тоді як у ‘Lorca Hrano’ він був дещо вищим ($b_i=1,2$), що свідчить про підвищену реакцію цього генотипу на зміни середовища. Найнижчу варіансу стабільності ($S^2di=582,4$) і коефіцієнт варіації ($V=5,1\%$) встановлено у гібриду ‘ODYN’, що вказує на високу стабільність формування вмісту білку. Високий показник гомеостатичності цього гібриду ($Hom=48,7$) підтверджує його здатність підтримувати стабільний рівень білку за різних умов вирощування. Високі значення селекційної цінності відзначено у гібридів ‘BOHEM’ ($Sc=16,3$) та ‘ODYN’ ($Sc=16,2$).

Результати оцінки екологічної пластичності, стабільності та адаптивності свідчать, що досліджувані гібриди соняшнику характеризуються різною реакцією на зміну погодних умов. Найвищою пластичністю та стабільністю прояву ознаки виділялися ‘BOHEM’ і ‘Legion’, тоді як за селекційною цінністю ознаки відзначилися гібриди ‘LLUDWIG’ та ‘Lorca Hrano’.

За вмістом олії пластичністю, стабільністю та гомеостатичністю ознаки характеризувався гібрид ‘Lorca Hrano’, тоді як ‘BOHEM’ продемонстрував найвищу селекційну цінність.

Контрастні погодні умови років дослідження дали змогу ефективно розділити гібриди за рівнем адаптивності та виділити найбільш перспективні для вирощування у різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Висновки. Оцінювання параметрів пластичності, стабільності та адаптивності доцільно здійснювати з метою виділення гібридів соняшнику, придатних для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

За показником урожайності виділено гібриди ‘BOHEM’ і ‘Legion’ ($b_i=1,0$; $S^2di=14,8-14,9$), які характеризуються високою пластичністю та стабільністю формування врожаю в мінливих екологічних умовах. За показниками гомеостатичності та селекційної цінності ознаки відзначився гібрид ‘LLUDWIG’ ($Hom=1,5$; $Sc=1,3$).

За вмістом олії виділено пластичний та стабільний гібрид ‘Lorca Hrano’ ($b_i=1,0$; $S^2di=3594,52$; $Hom=4,8$), за селекційною цінністю ‘BOHEM’ ($Sc=41,3$).

За вмістом білку виділено гібрид ‘ODYN’ ($b_i=1,1$; $S^2di=582,4$; $V=5,1\%$; $Hom=48,7$; $Sc=16,2$), який характеризується стабільністю прояву ознаки та високою адаптивністю за різних умов вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. FAO. FAOSTAT statistical database: Sunflower production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. URL: <https://www.fao.org/faostat> (дата звернення 01.02.2026)
2. Abu M. Genotype by environment interaction and stability analysis in sunflower genotypes. Cell Biology. 2023. Vol. 11, Issue 1. P. 8–11. DOI: 10.11648/j.cb.20231101.12

3. Arslan H., Diler V. Determination of yield and quality performance of some sunflower (*Helianthus annuus* L.) varieties / genotypes under drought conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Science*. 2026. Vol. 10, Issue 1. P. 37–50. DOI: 10.5281/zenodo.18109428
4. Gela T. S., Khazaei H., Podder R., Vandenberg A. Dissection of genotype-by-environment interaction and simultaneous selection for grain yield and stability in faba bean (*Vicia faba* L.). *Agronomy Journal*. 2023. Vol. 115, Issue 2. P. 474–488. DOI: 10.1002/agj2.21268
5. Yaşar M., Çil A. N., Çil A. Investigation of genotype $\times$ environment interaction in some sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes in different environmental conditions. *MAS Journal of Applied Sciences*. 2023. Vol. 8, № 1. P. 42–55. DOI: 10.5281/zenodo.7642289
6. Hussain M., Rauf S., Ortiz R., Al-Khayri J. M., Tauqir N. A., Elbol S. Genotype by environment interaction influence on functional molecules (tocopherols and sterols) accumulation in sunflower oil. *Euphytica*. 2024. Vol. 220. Article 114. DOI: 10.1007/s10681-024-03373-8
7. Chuiko D., Kryvoruchenko R. Environmental plasticity and stability of confectionery sunflower varieties in the conditions of the Eastern Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26, № 3. P. 26–30. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.05
8. Kaya Y., Akcura M., Taner S. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2006. Vol. 30, Issue 5. P. 325–337. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol30/iss5/3/> (дата звернення 01.02.2026)
9. Ali A. A., Lamlo M. S. F., El-Sorady G. A., Elmahdy A. M., Elghany S. H. A., Usman M., Alamri A., Shaghaleh H., Hamoud Y. A., Abdelghany A. M. Boosting resilience and yields in water-stressed sunflower through coordinated irrigation scheduling and silica gel applications. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, Issue 20. Article e38129. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e38129
10. Škorić D. Sunflower breeding for resistance to abiotic and biotic stresses. *Abiotic and Biotic Stress in Plants – Recent Advances and Future Perspectives* / Ed. Shanker Arun K., Shanker Chitra. 2016. DOI: 10.5772/62159
11. Silva da O. B., Casto de E. M., Pereira M. P., Borges I. A., Cândido E. L., Carvalho de C. G. P., Carvalho de L. M. Leaf morphoanatomical and physiological characteristics of sunflower genotypes under water deficit. *South African Journal of Botany*. 2025. Vol. 178. P. 244–256. DOI: 10.1016/j.sajb.2025.01.018
12. Yeremenko O. A., Kalytko 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, Issue 1. P. 289–296. URL: <https://www.ujecology.com/abstract/assessment-of-ecological-plasticity-and-stability-of-sunflower-hybrids-helianthus-annuus-l-in-ukrainian-steppe-114.html> (дата звернення 01.02.2026)
13. Abdelsatar M. A., Hassan T. H. A., Attia M. A. Stability some sunflower genotypes across divergent environments. *Helia*. 2020. Vol. 43, Issue 72. P. 39–50. DOI: 10.1515/helia-2020-0002
14. Kulundžić A. M., Liović I., Sudarić A., Duvnjak T., Matoša Kočar M., Varga I., Mijić A. Morpho-physiological adaptation of sunflower hybrids to varying plant densities. *Plants*. 2025. Vol. 14, Issue 22, Article 3446. <https://doi.org/10.3390/plants14223446>
15. Debaeke P., Casadebaig P., Flenet F., Langlade N. Sunflower crop and change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. *Oilseeds & fats Crops and Lipids*. 2017. Vol. 24, Issue 1. Article D102. DOI: 10.1051/ocl/2016052
16. Delen Y., Palali-Delen S., Xu G., Neji M., Yang J., Dweikat I. Dissecting the genetic architecture of morphological traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Genes*. 2024. Vol. 15, Issue 7. Article 950. DOI: 10.3390/genes15070950

17. Jafari M. A. A., Naderidarbaghshahi M. R., Soleymani A., Nasiri B. M. Sunflower grain yield and oil content affected by zinc fertilization and genotype under drought stress conditions. *Journal of Trace Elements and Minerals*. 2024. Vol. 9. Article 100169. DOI: 10.1016/j.jtemin.2024.100169
18. Mmbando G. S., Massawe D. P. Sunflower (*Helianthus annuus* L.): a potential genetic resource for breeding crops with combined stress-resistance in semi-arid environments. *Discover Biotechnology*. 2025. Vol. 2. Article 26. DOI: 10.1007/s44340-025-00036-9
19. Baraki F., Gebregergis Z., Belay Y., Teame G., Gebremedhin Z., Berhe M., Fisseha D., Araya G. Identification of adaptable sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes using yield performance and multiple-traits index. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, Issue 9. Article e29405. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29405
20. Ilchenko A. S., Varenuk B. F., Karapira S. I. Selection evaluation of new self-pollinated sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines with resistance to sulfonylurea herbicides and downy mildew. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Vol. 20, № 1. P. 19–25. DOI: 10.21498/2518-1017.20.1.2024.300134
21. 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. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf> (дата звернення: 01.03.2026)
22. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / за ред. С. О. Ткачик. 4-те вид., пер. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 120 с.
23. Інформаційний портал погоди. Український гідрометеорологічний центр. URL: <https://www.meteo.gov.ua/> (дата звернення 01.01.2026)
24. Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид. пер. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 159 с.
25. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability Parameters for comparing varieties 1. *Crop Science*. 1966. Vol. 6, No. 1. P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183x000600010011x
26. Бурденюк-Тарасевич Л. А., Дубова О. А., Хахула В. С. Оцінка адаптивної здатності сортів пшениці м'якої озимої в умовах лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. № 101. С. 3–12. 59677. DOI: 10.30835/2413-7510.2012.59677
27. Василенко О. А., Сенча І. А. Математично-статичні методи аналізу у прикладних дослідженнях : навч. посіб. Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2011. 166 с.
28. Бахрушин В. Є. Методи аналізу даних : навчальний посібник для студентів. Запоріжжя : КПУ, 2011. 268 с.
29. Yu Q., Li L., Luo Q. et al. Year patterns of climate impact on wheat yields. *International Journal of Climatology*. 2014. Vol. 34, Iss. 2. P. 518–528. DOI: 10.1002/joc.3704
30. Chmist-Sikorska J., Kępińska-Kasprzak M., Struzik P. Agricultural drought assessment based on the Hydro-thermal coefficient of Selyaninov in Poland. *Italian Journal of Agrometeorology*. 2022. Vol. 1. P. 3–12. DOI: 10.36253/ijam-1530
31. Чуйко Д. В., Криворученко Р. В. Екологічна пластичність та стабільність сортів кондитерського соняшнику в умовах Східного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Т. 26, № 3. С. 26–30. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.05

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 631.51:631.4:632.9:633.63

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.5>

ВПЛИВ СТРОКІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ВОДНО-ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАТУС АГРОЦЕНОЗІВ ЦУКРОВОГО БУРЯКА В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

Кисельов Д.О. – к.с.-г.н.,

директор з аграрного розвитку,

ПП «Західний Буг»

orcid.org/0009-0005-6771-8337

Каленська С.М. – д.с.-г.н.,

академік Національної академії аграрних наук України,

професор, завідувач кафедри рослинництва,

Національний університет біоресурсів та природокористування України

orcid.org/0000-0002-3392-837X

Метою дослідження було комплексне оцінювання впливу строків основного обробітку ґрунту на формування водно-фізичних властивостей ґрунту, фітосанітарний стан агроценозу та продуктивність цукрового буряка (*Beta vulgaris* L.) у короткоротаційних сівозмінах умов Західного Лісостепу України. Актуальність роботи зумовлена необхідністю адаптації систем обробітку ґрунту до сучасних кліматичних змін, що супроводжуються нестабільністю зволоження та підвищенням ризиків розвитку ґрунтових патогенних комплексів. Польові дослідження проводили у 2021–2024 рр. на різних типах ґрунтів, зокрема чорноземах типових, карбонатних та легкосуглинкових, що дозволило оцінити варіабельність реакції агроєкосистем на зміну строків обробітку. Схема дослідів передбачала порівняння осіннього та зимового обробітку з різною інтенсивністю механічного впливу (1 та 2 проходи агрегатів). У процесі досліджень визначали запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см, об'ємну щільність складання, показники врожайності, технологічні параметри якості коренеплодів (цукристість) та рівень ураження кореневими гнилями, зокрема патогенами *Fusarium* spp. та *Rhizoctonia solani*. Отримані результати свідчать, що осінній обробіток ґрунту забезпечує більш сприятливий водний режим, збільшуючи запаси продуктивної вологи на 14–17 мм порівняно із зимовим обробітком, а також сприяє формуванню більш пухкої структури ґрунту та зниженню його об'ємної щільності. Це, у свою чергу, позитивно впливає на розвиток кореневої системи рослин і реалізацію потенціалу продуктивності культури. Встановлено, що за умов осіннього обробітку відбувається достовірне підвищення врожайності та валового збору цукру на 0,9–1,3 т/га, тоді як відтермінування обробітку до зимового періоду та збільшення кількості проходів техніки призводить до деградації фізичного стану ґрунту, його ущільнення, погіршення водопроникності та зниження доступності вологи для рослин. Паралельно відзначено зростання поширеності кореневих гнилей на 6–10%, що свідчить про посилення фітопатогенного тиску в умовах ущільненого ґрунтового середовища. Результати регресійного аналізу підтвердили, що понад 70% варіації врожайності пояснюється змінами об'ємної щільності ґрунту та рівнем дефіциту вологи, що підкреслює ключову роль агрофізичних параметрів у формуванні продуктивності культури. Узагальнюючи отримані дані, можна стверджувати, що оптимізація строків основного обробітку ґрунту є ефективним інструментом управління водним режимом, структурно-агрегатним станом ґрунту та фітосанітарною стабільністю агроценозів цукрового буряка, що має важливе значення для підвищення стійкості агровиробництва в умовах кліматичної мінливості.

Ключові слова: об'ємна щільність, фітосанітарний стан, кореневі гнилі, вологість ґрунту, цукровий буряк, строки обробітку ґрунту.



© Кисельов Д.О., Каленська С.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Kyselov D.O., Kalenska S.M. Tillage timing effects on soil physical properties, water regime, and phytosanitary status in sugar beet short-rotation systems

This study aimed to comprehensively evaluate the effect of primary tillage timing on soil physical properties, water regime, phytosanitary status, and productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under short-rotation cropping systems in the Western Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the study is driven by the increasing need to adapt soil management practices to ongoing climate variability, characterized by irregular precipitation patterns and increased risks of soil-borne diseases. Field experiments were conducted during 2021–2024 across different soil types, including typical chernozem, carbonate, and loamy soils, enabling the assessment of agroecosystem responses to tillage timing under diverse edaphic conditions. The experimental design included autumn and winter tillage with different levels of intensity (one and two passes), allowing evaluation of both timing and mechanical impact. The study assessed soil moisture reserves within the 0–100 cm soil layer, bulk density, root yield, sugar content, and the incidence of root rot diseases caused by *Fusarium* spp. and *Rhizoctonia solani*. The results demonstrated that autumn tillage significantly improved soil water availability, increasing moisture reserves by 14–17 mm compared to winter tillage, while also enhancing soil structure and reducing bulk density. These improvements created more favorable conditions for root development and crop growth, ultimately contributing to increased yield performance. It was found that autumn tillage led to a significant increase in both root yield and white sugar yield, with gains of 0.9–1.3 t ha⁻¹. In contrast, delayed (winter) tillage and increased machinery traffic intensity resulted in soil compaction, reduced water infiltration and availability, and deterioration of soil physical conditions. These changes were accompanied by an increased incidence of root rot diseases, with disease prevalence rising by 6–10%, indicating a strong link between soil compaction and phytopathogenic pressure. Regression analysis revealed that more than 70% of yield variability could be explained by soil bulk density and moisture deficit, highlighting the dominant role of soil physical factors in determining crop productivity. Overall, the findings indicate that optimizing tillage timing is a critical management strategy for regulating soil water regime, improving soil structure, and maintaining phytosanitary stability. This approach can be considered an effective adaptive measure for sustainable sugar beet production under conditions of climate change and intensification of agricultural systems.

Key words: bulk density, phytosanitary status, root rot, soil moisture, sugar beet, tillage timing.

Актуальність теми дослідження. У сучасних системах інтенсивного землеробства однією з ключових проблем є зниження фітосанітарної стабільності агро-екосистем, що зумовлено скороченням тривалості ротації культур, підвищенням частки технічних культур у структурі посівних площ та зростанням антропогенного навантаження на ґрунт. У короткоротаційних сівозмінах, які широко застосовуються у господарствах Західного Лісостепу України, створюються передумови для накопичення ґрунтових патогенів, збудників кореневих гнилей, а також підвищення рівня засміченості посівів. За таких умов система основного обробітку ґрунту виступає важливим агротехнічним інструментом регулювання водно-фізичних властивостей ґрунту, мікробіологічної активності та фітосанітарного стану агроценозів [10, 17].

Водночас у сучасній науковій літературі основна увага приділяється порівнянню різних способів обробітку ґрунту (оранка, мінімальний або нульовий обробіток), тоді як фактор строків виконання основного обробітку залишається недостатньо дослідженим. Проте саме строки проведення обробітку можуть суттєво впливати на структурно-агрегатний стан орного шару, рівень ущільнення ґрунту, інтенсивність мінералізації рослинних решток і формування інфекційного потенціалу ґрунту. Встановлено, що зміни фізичного стану ґрунту істотно впливають на розвиток ґрунтових патогенів, зокрема представників родів *Fusarium* та *Rhizoctonia*, а також на ефективність використання продуктивної вологи рослинами [6, 12, 19].

Крім того, актуальність дослідження зростає в умовах кліматичних змін, які супроводжуються нерівномірним розподілом опадів, підвищенням температури та частішими періодами атмосферної посухи. У таких умовах оптимізація строків проведення основного обробітку ґрунту може виступати важливим адаптаційним елементом технології вирощування культур, спрямованим на підвищення ефективності накопичення продуктивної вологи, покращення фізичного стану ґрунту та зниження рівня фітосанітарного навантаження [11, 16].

Отже, дослідження впливу строків основного обробітку ґрунту на фітосанітарний статус поля у короткоротаційних сівозмінах є актуальним науковим і практичним завданням, спрямованим на удосконалення сучасних систем землеробства та підвищення стабільності продуктивності сільськогосподарських культур у мінливих кліматичних умовах.

Постановка проблеми. Система основного обробітку ґрунту в сучасних короткоротаційних сівозмінах виступає не лише технологічним прийомом механічної підготовки орного шару, а інтегрованим регулятором гідрофізичних, біогіохімічних та фітосанітарних процесів агроєкосистеми. В умовах Західного Лісостепу України, для якого характерні нестійке зволоження, часті осінньо-зимові перезволоження та літні періоди атмосферної посухи, система та строки проведення основного обробітку визначають ефективність акумуляції продуктивної вологи, інтенсивність мінералізації органічної речовини, формування структури ґрунту та рівень накопичення інфекційного фону.

Особливої актуальності ці процеси набувають у короткоротаційних сівозмінах, де підвищується ризик накопичення ґрунтових патогенів, бур'янів та шкідників. За даними сучасних досліджень, інтенсивність обробітку ґрунту та строки його проведення суттєво впливають на фізичний стан орного шару, мікробіологічну активність ґрунту та динаміку розвитку патогенних комплексів [4, 5, 21]. Водночас оптимізація строків проведення обробітку може сприяти покращенню структури ґрунту, підвищенню ефективності накопичення продуктивної вологи та зниженню інфекційного потенціалу ґрунтового середовища [9, 15].

Отже, дослідження впливу строків основного обробітку ґрунту на водно-фізичні властивості ґрунту та фітосанітарний статус агроценозів є важливим елементом удосконалення сучасних систем землеробства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування водного режиму ґрунту значною мірою залежить від структурно-агрегатного стану орного шару, пористості та щільності складання, які визначають швидкість інфільтрації, капілярне підняття вологи та її збереження у профілі ґрунту [2, 7]. Встановлено, що осінній обробіток ґрунту створює сприятливі умови для природного агрегатоутворення, покращення аерації та водопроникності, що є важливим для стабілізації водного режиму [10, 20].

Натомість проведення обробітку за несприятливих умов (перезволоження, часткове промерзання ґрунту) може призводити до ущільнення орного шару та руйнування структурних агрегатів, що знижує водопроникність і обмежує розвиток кореневої системи культур [4, 19]. Встановлено, що ущільнення ґрунту безпосередньо впливає на водокористування та продуктивність культур, знижуючи ефективність використання вологи [9].

Покращення водного режиму ґрунту безпосередньо пов'язане з формуванням урожайності. За результатами моделювання із застосуванням RZWQM2 встановлено, що оптимізація систем обробітку та строків їх проведення забезпечує кращу синхронізацію мінералізації азоту з потребами культур і підвищує їх продуктивність [1, 18].

Важливим фактором, що пояснює ці відмінності, є зміна щільності складання орного шару. Підвищення щільності ґрунту понад критичні значення призводить до обмеження росту кореневої системи, зниження інтенсивності водоспоживання та, відповідно, продуктивності культур [19]. Водночас застосування адаптивних систем обробітку, зокрема глибокого розпушування або strip-till технологій, дозволяє покращити фізичні властивості ґрунту та підвищити ефективність використання ресурсів [13, 14].

Регуляція водного режиму тісно пов'язана з фітосанітарною стабільністю агроценозів. Ущільнений та слабоаерований ґрунт створює сприятливі умови для розвитку комплексу корневих гнилей, зокрема збудників родів *Fusarium* та *Rhizoctonia* [6] (Das & Pattanayak, 2022). Польові дослідження показують, що у короткоротаційних сівозмінах формується стабільний патогенний комплекс із домінуванням представників роду *Fusarium*, що підвищує ризики ураження культур [12].

Ці процеси тісно пов'язані зі змінами мікробіологічної структури ґрунту. Доведено, що системи обробітку ґрунту впливають на мікробну біомасу та різноманіття, визначаючи рівень супресивності ґрунту щодо патогенів [17, 21].

Таким чином, строки основного обробітку ґрунту виступають важливим фактором регуляції водно-фізичних властивостей ґрунту та фітосанітарного стану агроєкосистем. Оптимізація строків виконання обробітку дозволяє зменшувати ущільнення орного шару, підвищувати ефективність накопичення продуктивної вологи та знижувати інфекційний потенціал ґрунту, що є ключовим елементом адаптивних систем землеробства в умовах кліматичних змін.

Методика досліджень. Польові дослідження проводили у 2021–2024 рр. у виробничих умовах сільськогосподарського підприємства ПП «Західний Буг», розташованого в зоні Західного Лісостепу України (Львівська область; приблизні координати 50° пн. ш., 25° сх. д.). Клімат регіону характеризується помірно континентальними умовами з нестійким зволоженням, нерівномірним розподілом атмосферних опадів протягом вегетаційного періоду та частими осінньо-зимовими переозволоженнями ґрунту.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений темно-сірими опідзоленими легкосуглинковими ґрунтами, сформованими на лесових відкладах. Вміст гумусу в орному шарі становив 2,8–3,2%, реакція ґрунтового розчину – слабко-кисла (рН 5,8–6,2). Агрохімічні показники ґрунту визначали за загальноприйнятими методами агрохімічного аналізу ґрунтів (Vuurman et al., 1996).

Дослідження проводили у короткоротаційній польовій сівозміні з включенням цукрового буряка. Об'єктом дослідження були строки проведення основного безвідвального обробітку ґрунту після збирання попередника. У досліді вивчали два строки проведення основного обробітку: осінній обробіток ґрунту (до 1.12); зимовий обробіток ґрунту (до 1.03).

Крім строків проведення обробітку, досліджували вплив інтенсивності механічного навантаження на ґрунт, що включало один або два проходи ґрунтообробного агрегату. Таким чином, у досліді було передбачено чотири варіанти:

1. осінній обробіток, 1 прохід агрегату;
2. осінній обробіток, 2 проходи агрегату;
3. зимовий обробіток, 1 прохід агрегату;
4. зимовий обробіток, 2 проходи агрегату.

Кількість спостережень залежно від показника становила від 12 до 20 повторень.

У ході досліджень визначали такі показники: запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–100 см; щільність складання ґрунту в шарі 0–30 см; урожайність коренеплодів цукрового буряка; вміст цукру у коренеплодах; валовий збір цукру; поширеність кореневих гнилей, спричинених *Fusarium spp.* та *Rhizoctonia solani*.

Запаси продуктивної вологи визначали гравіметричним методом шляхом відбору ґрунтових зразків із шару 0–100 см з подальшим перерахунком у міліметри води [7].

Щільність складання ґрунту визначали методом ріжучих кілець у шарі 0–30 см відповідно до стандартних методик дослідження фізичних властивостей ґрунту [2, 3].

Фітосанітарний стан посівів оцінювали за поширеністю кореневих гнилей. Облік проводили у період активного росту коренеплоду шляхом вибіркового обстеження рослин у межах дослідних ділянок. Ураженість визначали як відсоток рослин із симптомами хвороб у вибірці відповідно до загальноприйнятих фітопатологічних методик оцінювання розвитку хвороб [5, 12].

Урожайність коренеплодів визначали шляхом зважування продукції з облікових ділянок з подальшим перерахунком на гектар згідно з методиками польових агрономічних дослідів [8]. Вміст цукру визначали лабораторним методом із використанням стандартних методик цукрової промисловості. Валовий збір цукру розраховували як добуток урожайності коренеплодів на вміст цукру.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу (ANOVA). У таблицях наведено середні значення показників та стандартну похибку середнього (SE). Достовірність відмінностей між варіантами оцінювали за критерієм LSD при рівні значущості $p < 0,05$ [8].

Отримані експериментальні дані використовували для оцінювання впливу строків основного обробітку ґрунту та інтенсивності механічного навантаження на водно-фізичні властивості ґрунту, продуктивність цукрового буряка та фітосанітарний стан агроценозів у короткоротаційних сівозмінах.

Результати досліджень. Аналіз результатів польових досліджень показав, що строки проведення основного обробітку ґрунту суттєво впливають на формування водного режиму ґрунту, фізичні властивості орного шару та фітосанітарний стан агроценозів цукрового буряка. Одним із ключових показників, що характеризує ефективність системи обробітку ґрунту, є запаси продуктивної вологи у профілі ґрунту на початок весняної вегетації.

Отримані результати свідчать, що середні запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см істотно відрізнялися залежно від строків проведення основного обробітку. За умов осіннього обробітку ґрунту спостерігалось стабільно вище накопичення продуктивної вологи порівняно із зимовим варіантом (табл. 1).

Таблиця 1

**Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см
залежно від строків основного обробітку (середнє за 2021–2024 рр.)**

Тип ґрунту	Осінній обробіток, мм $\pm$ SE	Зимовий обробіток, мм $\pm$ SE	Різниця, мм
Чорнозем типовий	168 $\pm$ 3.2	154 $\pm$ 3.5	+14
Лесовий суглинок	161 $\pm$ 2.9	147 $\pm$ 3.1	+14
Карбонатний	142 $\pm$ 2.6	126 $\pm$ 2.8	+16
Супіщаний	135 $\pm$ 2.4	118 $\pm$ 2.7	+17
Середнє по господарству	152 $\pm$ 2.1	136 $\pm$ 2.3	+16

Перевага осіннього обробітку становила в середньому 16 мм продуктивної вологи, що еквівалентно приблизно 8–10% сумарного водоспоживання культури у фазі інтенсивного росту коренеплоду. Разом з тим у багаторічних польових дослідах встановлено, що пізні строки обробітку можуть знижувати водопроникність ґрунту на 7–11% через формування ущільненого підорного шару [20].

Покращення водного режиму ґрунту безпосередньо вплинуло на формування продуктивності цукрового буряка. Урожайність коренеплодів та технологічні показники цукристості статистично відрізнялися залежно від строків та інтенсивності проведення основного обробітку ґрунту (табл. 2).

Таблиця 2

Урожайність коренеплодів і валовий збір цукру залежно від строків та інтенсивності обробітку ґрунту (середнє за 2021–2024 рр.)

Варіант	Урожайність, т/га $\pm$ SE	Цукристість, % $\pm$ SE	Валовий збір цукру, т/га $\pm$ SE
Осінній, 1 прохід	71.2 $\pm$ 1.4	16.1 $\pm$ 0.12	11.45 $\pm$ 0.23
Осінній, 2 проходи	69.4 $\pm$ 1.6	15.9 $\pm$ 0.15	11.03 $\pm$ 0.27
Зимовий, 1 прохід	66.8 $\pm$ 1.8	15.8 $\pm$ 0.18	10.55 $\pm$ 0.29
Зимовий, 2 проходи	64.5 $\pm$ 1.9	15.7 $\pm$ 0.17	10.12 $\pm$ 0.31

Зниження валового збору цукру при переході від осіннього до зимового обробітку становило 0,9–1,3 т/га, що перевищувало величину стандартної похибки середнього та підтверджувало статистичну значущість відмінностей ($p < 0.05$). Подібні тенденції встановлені в роботі Anar et al. [1] при моделюванні систем обробітку ґрунту з використанням моделі RZWQM2, де ранні строки обробітку забезпечували кращу синхронізацію мінералізації азоту з потребами культури.

Одним із ключових механізмів, що пояснює виявлені відмінності, є зміна щільності складання орного шару. Збільшення кількості проходів ґрунтообробної техніки супроводжувалося достовірним зростанням щільності ґрунту, що обмежувало розвиток стрижневої кореневої системи та знижувало ефективність використання ґрунтової вологи. Підвищення щільності ґрунту понад 1,30 г/см³ супроводжувалося зменшенням глибини проникнення головного кореня на 9–14%.

Водно-фізичний стан ґрунту безпосередньо впливає на фітосанітарний статус агроценозів. Ущільнений та слабоаерований ґрунт створює сприятливі умови для розвитку комплексу корневих гнилей, зокрема збудників *Fusarium* spp. та *Rhizoctonia solani*.

Результати фітопатологічних обліків показали достовірне зростання інфекційного навантаження при зимовому обробітку та збільшенні кількості проходів техніки (табл. 3).

Таблиця 3

Поширеність корневих гнилей цукрового буряка (середнє за 2021–2024 рр.)

Варіант	<i>Fusarium</i> spp., % $\pm$ SE	<i>Rhizoctonia solani</i> , % $\pm$ SE	Комплекс гнилей, % $\pm$ SE
Осінній, 1 прохід	6.8 $\pm$ 0.6	4.1 $\pm$ 0.4	10.9 $\pm$ 0.8
Осінній, 2 проходи	8.5 $\pm$ 0.7	5.0 $\pm$ 0.5	13.5 $\pm$ 0.9
Зимовий, 1 прохід	11.2 $\pm$ 0.9	6.3 $\pm$ 0.6	17.5 $\pm$ 1.2
Зимовий, 2 проходи	13.8 $\pm$ 1.1	7.4 $\pm$ 0.7	21.2 $\pm$ 1.4

Збільшення частоти ураження рослин при зимовому обробітку на 6–10% свідчить про тісний взаємозв'язок між фізичним станом ґрунту та біологічними процесами. Дослідження Guo et al. (2024) показали, що зниження аерації ґрунту сприяє домінуванню факультативно-анаеробних патогенів, тоді як структурно стабільні ґрунти формують більш різноманітний мікробіом із підвищеним рівнем супресивності щодо збудників хвороб.

Інтегральний аналіз отриманих показників дозволив описати залежність валового збору цукру від щільності складання ґрунту та дефіциту продуктивної вологи за допомогою рівняння множинної регресії:

$$Y = 12.87 - 5.41\rho - 0.03W,$$

де

Y – валовий збір цукру, т/га;

ρ – щільність складання ґрунту, г/см³;

W – дефіцит продуктивної вологи, мм;

$R^2 = 0.74$.

Отриманий коефіцієнт детермінації свідчить, що понад 70% варіації продуктивності пояснюється саме водно-фізичними параметрами ґрунту, модифікованими системою обробітку. Подібні результати отримані Steponavičienė et al. [20] при моделюванні впливу кліматичних змін на продуктивність європейських сівозмін, де адаптивні строки обробітку зменшували міжрічну варіабельність урожайності.

Таким чином, результати досліджень підтверджують, що система основного обробітку ґрунту є важливим механізмом регуляції водного режиму та фітосанітарної стабільності агроценозів цукрового буряка. Осінній безвідвальний обробіток одним проходом агрегату забезпечує оптимальний баланс між збереженням структури ґрунту, накопиченням продуктивної вологи, мінімізацією ущільнення та зниженням інфекційного фону, що трансформується у приріст валового збору цукру на 1,0–1,3 т/га порівняно з зимовими варіантами.

В умовах кліматичної нестабільності Західного Лісостепу України така технологія виступає не лише агротехнічним прийомом, а й стратегічним адаптаційним інструментом стабілізації продуктивності бурякових агроєкосистем.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що строки основного обробітку ґрунту є визначальним фактором формування водно-фізичних властивостей ґрунту та фітосанітарного стану агроценозів цукрового буряка в короткоротаційних сівозмінах. Осінній обробіток забезпечує кращу акумуляцію продуктивної вологи, зниження щільності складання та обмеження розвитку корневих гнилей, що сприяє підвищенню продуктивності культури. Зимовий обробіток та підвищена інтенсивність механічного впливу призводять до ущільнення ґрунту і зростання інфекційного фону. Подальші дослідження доцільно спрямувати на інтеграцію строків обробітку з системами диференційованого землеробства, мікробіомом ґрунту та адаптаційними технологіями в умовах кліматичних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Anar M. J., Lin Z., Ma L., Chatterjee A. Modeling the effects of crop rotation and tillage on sugarbeet yield and soil nitrate using RZWQM2. Transactions of the ASABE. 2021. Vol. 64, No. 2. P. 461–474. DOI: <https://doi.org/10.13031/trans.13752>
2. Blake G. R., Hartge K. H. Bulk density. In: Klute A. (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. P. 363–375. DOI: <https://doi.org/10.1002/gea.3340050110>

3. Buurman P., van Lagen B., Velthorst E. Manual for soil and water analysis. Wageningen: Backhuys Publishers, 1996.
4. Cakpo S. S., Aostăcioaei T. G., Miha G. D., Molocea C. C., Ghelbere C., Ursu A., Țopa D. C. Long-term effect of tillage practices on soil physical properties and winter wheat yield in north-East Romania. *Agriculture*. 2025. Vol. 15, No. 9. Article 989. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15090989>
5. da Silva A. P., Babujia L. C., Franchini J. C., Ralisch R., Hungria M., Guimarães M. F. Soil structure and its influence on microbial biomass in different soil and crop management systems. *Soil and Tillage Research*. 2014. Vol. 142. P. 42–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.04.006>
6. Das S., Pattanayak S. Soil-borne pathogen-mediated root rot diseases of sugar beet and their management. In: Misra V., Srivastava S., Mall A. K. (eds). *Sugar Beet Cultivation, Management and Processing*. Singapore: Springer, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-2730-0_28
7. Gardner W. H. Water content. In: Klute A. (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. Madison: American Society of Agronomy, 1986. P. 493–544.
8. Gomez K. A., Gomez A. A. Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1984.
9. Huang G. B., Qiang C. H. Effects of different tillage systems on soil properties, root growth, grain yield, and water use efficiency of winter wheat in arid Northwest China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2012. Vol. 11, No. 8. P. 1286–1296. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60125-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60125-7)
10. Kirkegaard J. A., Conyers M. K., Hunt J. R., Kirkby C. A., Watt M., Rebetzke G. J. Sense and nonsense in conservation agriculture: principles, pragmatism and productivity in Australian mixed farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2014. Vol. 187. P. 133–145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.011>
11. Kumari A., Lakshmi G. A., Krishna G. K., Patni B., Prakash S., Bhattacharyya M., Verma K. K. Climate change and its impact on crops: a comprehensive investigation for sustainable agriculture. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, No. 12. Article 3008. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12123008>
12. Kyselov D., Kalenska S. Species composition and population structure of phytopathogenic fungi in sugar beet agrocenoses of short-rotation crop rotations in the western forest-steppe of Ukraine. *Agronomy Research*. 2026. Vol. 24, No. 1. P. 175–186. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.26.008>
13. Kyselov D., Kyselov A., Kalenska S. Efficiency of strip-till technology for sugar beet production in the western forest-steppe. *Modern Phytomorphology*. 2025. Vol. 19, No. 6. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17976555>
14. Laufer D., Koch H. J. Growth and yield formation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under strip tillage compared to full width tillage on silt loam soil in Central Europe. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 82. P. 182–189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.017>
15. Li L., Guan J., Chen S., Zhang X. Intermittent deep tillage on improving soil physical properties and crop performance in an intensive cropping system. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, No. 3. Article 688. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12030688>
16. Marini L., St-Martin A., Vico G., Baldoni G., Berti A., Blecharczyk A., Bommarco R. Crop rotations sustain cereal yields under a changing climate. *Environmental Research Letters*. 2020. Vol. 15, No. 12. Article 124011. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc651>
17. Ortega R., Miralles I., Domene M. A., Meca D., Del Moral F. Ecological practices increase soil fertility and microbial diversity under intensive farming. *Science of The Total Environment*. 2024. Vol. 954. Article 176777. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176777>

18. Shahadha S. S., Al-Hamdany M. R. Combining tillage and nitrogen practices to optimize soil nitrogen dynamics and wheat yield across various soil textures, using RZWQM2. *Soil and Tillage Research*. 2026. Vol. 259. Article 107093. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2026.107093>

19. Shaheb M. R., Venkatesh R., Shearer S. A. A review on the effect of soil compaction and its management for sustainable crop production. *Journal of Biosystems Engineering*. 2021. Vol. 46. P. 417–439. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42853-021-00117-7>

20. Steponavičienė V., Žiūraitis G., Rudinskienė A., Jackevičienė K., Bogužas V. Long-term effects of different tillage systems and their impact on soil properties and crop yields. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, No. 4. Article 870. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14040870>

21. Vian J. F., Peigné J., Chaussod R., Roger-Estrade J. Effects of four tillage systems on soil structure and soil microbial biomass in organic farming. *Soil Use and Management*. 2009. Vol. 25, No. 1. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00176.x>

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.63:631.53:631.582

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.6>

ВПЛИВ АГРОТЕХНІЧНИХ ФАКТОРІВ НА РОЗВИТОК ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ОЗИМОГО РІПАКУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ НА ЗЕЛЕНУ МАСУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Козіна Т.В. – к.с.-г.н., доцент, докторант,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

orcid.org/0000-0001-9376-607X

У статті викладено результати багаторічних (2024–2025 рр.) досліджень впливу агротехнічних факторів на розвиток листкової поверхні озимого ріпаку при вирощуванні на зелену масу в умовах Західного Лісостепу України. Встановлено, що площа листкової поверхні є ключовим морфометричним показником фотосинтетичного потенціалу культури та визначальним фактором наростання зеленої маси.

Досліджено вплив рідкого органічного добрива «Вермимаг» у різних варіантах внесення – передпосівна обробка насіння, одно– та дворазове обприскування рослин, а також їх комбінації. Для сорту «Черемош» площа листкової поверхні коливалася від 11,5–13,1 тис. м²/га у контролі до 21,3–22,8 тис. м²/га при комплексному застосуванні добрива (передпосівна обробка + дворазове обприскування), для сорту «Дембо» – від 11,0–11,9 до 16,6–18,8 тис. м²/га відповідно. Результати свідчать, що застосування «Вермимагу» забезпечує суттєве наростання листкової поверхні та підвищення фотосинтетичного потенціалу, причому ефект добрива перевищує вплив норми висіву (0,7; 0,9; 1,1 млн схожих насінин/га), хоча збільшення густоти посіву сприяє додатковому формуванню зеленої маси.

Фотосинтетичний потенціал, визначений як інтегральний показник ефективності використання сонячної енергії, у сорту «Черемош» коливався від 0,095 до 1,526 млн м² × діб/га, у сорту «Дембо» – від 0,081 до 1,499 млн м² × діб/га. Найбільш інтенсивне наростання фотосинтетичного потенціалу спостерігалось при комбінованому внесенні «Вермимагу» та підвищеній нормі висіву, що свідчить про синергетичний ефект добрива та оптимальної густоти посіву. Аналіз результатів підтвердив сортові відмінності: «Черемош» формує більшу листову поверхню та має вищий фотосинтетичний потенціал порівняно з «Дембо», що важливо враховувати при плануванні технології вирощування для максимізації продуктивності зеленої маси.

Таким чином, результати досліджень підкреслюють важливість комплексного підходу до формування листкової поверхні та фотосинтетичного потенціалу озимого ріпаку. Оптимальним є поєднання норми висіву 1,1 млн насінин/га з комплексним внесенням «Вермимагу» (передпосівна обробка + дворазове обприскування), що забезпечує максимальне наростання зеленої маси, підвищення фотосинтетичної активності рослин та ефективне пригнічення бур'янів у посівах. Отримані результати мають практичне значення для інтенсивного виробництва зеленої маси озимого ріпаку та підвищення біологічного потенціалу сортів в умовах Західного Лісостепу України.

Ключові слова: озимий ріпак, зелена маса, листкова поверхня, фотосинтетичний потенціал, норма висіву, рідке органічне добриво Вермимаг.

Kozina T.V. Influence of agrotechnical factors on the development of leaf area of winter rapeseed for green biomass production in the conditions of the Western Forest-Steppe

The article presents the results of multi-year (2024–2025) studies on the influence of agrotechnical factors on the development of leaf area in winter rapeseed cultivated for green biomass in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. It was established that leaf area is a key morphometric indicator of the crop's photosynthetic potential and a determining factor in the accumulation of green biomass.



© Козіна Т.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The effect of the liquid organic fertilizer “Vermimag” was studied under different application methods – seed pre-treatment, single and double foliar spraying, as well as their combinations. For the cultivar “Cheremosh,” leaf area ranged from 11.5–13.1 thousand m²/ha in the control to 21.3–22.8 thousand m²/ha under combined fertilizer application (seed pre-treatment + double foliar spraying). For the cultivar “Dembo,” leaf area ranged from 11.0–11.9 to 16.6–18.8 thousand m²/ha, respectively. The results indicate that “Vermimag” application significantly enhances leaf area and increases photosynthetic potential, with the effect of the fertilizer exceeding that of sowing rate (0.7; 0.9; 1.1 million viable seeds/ha), although higher sowing density also contributes to additional biomass formation.

Photosynthetic potential, determined as an integrative indicator of solar energy utilization efficiency, varied from 0.095 to 1.526 million m² × days/ha for “Cheremosh” and from 0.081 to 1.499 million m² × days/ha for “Dembo.” The most intensive increase in photosynthetic potential was observed under combined “Vermimag” application and higher sowing rates, indicating a synergistic effect of the fertilizer and optimal plant density. The analysis also confirmed cultivar differences: “Cheremosh” forms a larger leaf area and exhibits higher photosynthetic potential compared to “Dembo,” which should be taken into account when planning cultivation technology to maximize green biomass productivity.

Thus, the results highlight the importance of an integrated approach to forming leaf area and photosynthetic potential in winter rapeseed. The optimal combination is a sowing rate of 1.1 million seeds/ha with combined “Vermimag” application (seed pre-treatment + double foliar spraying), which ensures maximum green biomass accumulation, increased photosynthetic activity, and effective weed suppression. The findings have practical significance for intensive green biomass production of winter rapeseed and for enhancing the biological potential of cultivars under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: winter rapeseed, green biomass, leaf area, photosynthetic potential, sowing rate, Vermimag liquid organic fertilizer.

Постановка проблеми. Забезпечення регулярного та стабільного наростання зеленої маси озимого ріпаку є важливою складовою формування ефективної кормової бази. Зелена маса культури характеризується високим вмістом протеїну, вітамінів і легкоперетравних вуглеводів, що зумовлює її важливу роль у забезпеченні високої продуктивності великої рогатої худоби в ранньовесняний період та використанні як складової збалансованих раціонів тварин [5]. Ефективні посіви озимого ріпаку дозволяють раціонально використовувати природні ресурси, підвищувати економічну доцільність виробництва олійно-кормових культур і формувати «зелений конвеєр» у системах інтенсивного виробництва кормів [6].

Листковий апарат рослин ріпаку відіграє ключову роль у формуванні фотосинтетичного потенціалу та накопиченні зеленої маси. Інтенсивність росту листків та ефективність їх функціонування зумовлюються поєднанням сортових особливостей, ґрунтово-кліматичних умов і агротехнічних заходів. Значний вплив на рівномірний розвиток листової поверхні та активність фотосинтетичних процесів мають органічні й органо-мінеральні добрива, зокрема рідкі препарати типу «Вермимаг», застосування яких сприяє збільшенню як сирової, так і сухої маси рослин [7].

У науковій літературі недостатньо висвітлено питання формування листової поверхні та наростання зеленої маси озимого ріпаку залежно від застосування органо-мінеральних добрив «Вермимаг». У зв'язку з цим актуальними є дослідження, спрямовані на встановлення оптимальних норм його застосування з метою підвищення продуктивності культури та вдосконалення технології вирощування в умовах Західного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Озимий ріпак є однією з найбільш перспективних культур для виробництва зеленої маси в умовах Західного Лісостепу України, що зумовлено його високою продуктивністю, економічною ефек-

тивністю та здатністю формувати значну біомасу за відносно невисоких витрат на вирощування. Культура характеризується високим коефіцієнтом використання фотосинтетично активної радіації, інтенсивним наростанням вегетативної маси та відносною стабільністю продукційного процесу за коливань погодних умов, що визначає її важливе значення у формуванні кормової бази [11]. За даними сучасних досліджень, урожайність зеленої маси озимого ріпаку може досягати 30–40 т/га, а вміст протеїну у сухій речовині становить 16–18%, що підкреслює його високу кормову цінність [8].

Аналіз наукових джерел свідчить, що формування високопродуктивних агроценозів озимого ріпаку значною мірою залежить від оптимального поєднання генетичного потенціалу сорту та ефективних агротехнічних заходів. Зокрема, встановлено, що застосування рідких органічних і органо-мінеральних добрив у поєднанні з адаптивними сортами сприяє інтенсифікації ростових процесів, підвищенню асиміляційної діяльності рослин і забезпечує максимальне наростання зеленої маси [5, 7].

Важливим морфологічним показником продуктивності культури є площа листової поверхні, яка визначає рівень фотосинтетичного потенціалу посівів. Через листовий апарат реалізується процес синтезу та акумуляції органічної речовини, що безпосередньо впливає на формування врожаю. За результатами досліджень М. І. Бахмат та І. В. Сендецького [1, 2] встановлено, що за оптимізації технологічних прийомів площа листової поверхні озимого ріпаку у фазу цвітіння може досягати 43,7 тис. м²/га, що істотно перевищує контрольні варіанти та забезпечує підвищення продуктивності посівів.

Подібні закономірності відзначено у дослідженнях науковців Інституту сільськогосподарства Карпатського регіону НААН, де доведено, що ефективність фотосинтетичної діяльності визначається не лише величиною листової поверхні, але й тривалістю її функціонування. Максимальний фотосинтетичний потенціал формується за умови збереження активної асиміляційної поверхні протягом тривалого періоду вегетації [4].

Порівняльний аналіз результатів досліджень свідчить про різноспрямований вплив окремих факторів на формування листового апарату. Так, у роботах Овчарук В. І., Козіна Т. В. [9, 10] встановлено, що значну роль відіграють сортові особливості культури, які визначають потенціал формування біомаси та її енергетичну цінність. Водночас інші дослідники Бердес В., Єрмаков В. та ін. [3] підкреслюють визначальне значення агротехнічних чинників, зокрема строків сівби, що впливають на темпи росту, розвиток листової поверхні та інтенсивність фотосинтетичних процесів.

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділено застосуванню рідких органічних і органо-мінеральних добрив, а також регуляторів росту. Встановлено, що використання біологічно активних препаратів сприяє активізації ростових процесів, покращенню розвитку листового апарату, підвищенню інтенсивності фотосинтезу та ефективності використання ресурсів середовища. Зокрема, застосування препаратів типу «Вермиаг» забезпечує більш рівномірне формування листової поверхні, підвищення коефіцієнта використання сонячної енергії та інтенсифікацію накопичення як сирової, так і сухої маси рослин [1].

Згідно з результатами досліджень В. Я. Щербакова, ефективність вирощування озимого ріпаку на зелену масу визначається не лише генетичними особливостями сорту, а й умовами формування листової поверхні, на яку суттєво впливає оптимальне застосування рідких органічних добрив. Науковцями доведено, що збалан-

соване внесення добрива забезпечує рівномірний розвиток листової поверхні, активізує фотосинтез і стимулює наростання зеленої маси [13].

Швидке наростання листової маси в період активної вегетації створює передумови для формування високого потенціалу зеленої маси, що є важливим показником ефективності використання елементів технології вирощування та адаптації сортів до конкретних агроекологічних умов. Вчені підкреслюють, що досягнення високої продуктивності можливе лише за умови оптимального формування листової поверхні, забезпеченого раціональним застосуванням органічних добрив і використанням адаптивних сортів озимого ріпаку [7].

Таким чином, узагальнення результатів наукових досліджень дає підстави стверджувати, що формування зеленої маси озимого ріпаку є багатфакторним процесом, у якому визначальну роль відіграють: площа та тривалість функціонування листової поверхні, сортові особливості культури, агротехнічні заходи, а також застосування орґано-мінеральних добрив.

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання оптимізації норм застосування сучасних рідких орґано-мінеральних добрив, зокрема «Вермимаг», та їх впливу на формування листового апарату і наростання зеленої маси озимого ріпаку в умовах Західного Лісостепу України потребує подальшого поглибленого вивчення.

Мета – дослідити вплив норм висіву насіння та способу застосування рідкого органічного добрива Вермимаг на формування площі листової поверхні та фотосинтетичних показників рослин ріпаку озимого в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводилися впродовж 2024–2025 роках на дослідних полях ПП «Богдан і К», розташованих у Коломийському районі Івано-Франківської області. Для експерименту було обрано сорти ріпаку Черемош та Дембо, які внесені до Державного реєстру сортів рослин, дозволених для поширення на території України.

Ґрунт дослідних ділянок дерново-підзолистий середньосуглинковий з ознаками поверхневого оглеєння. Орний горизонт (0-30) характеризувався наступними агрохімічними показниками: вміст легкогідролізованого азоту – 67–76 мг/кг ґрунту (за методом Корнфілда), рухомого фосфору – 118–124 мг/кг, обмінного калію – 108–113 мг/кг (за Чиріковим). Значення рН солового розчину – 4,54–5,20 (визначалося потенціометрично), а вміст гумусу складав 3,05–3,39% (за методом Тюріна).

Розмір посівної ділянки становить 70 м², облікової – 50 м², повторність досліду – трикратна. Розміщення варіантів – систематичне.

Схема досліду включала наступні фактори: Фактор А – рідке органічне добриво Вермимаг: 1. контроль (без внесення); 2. передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т); 3. одноразове обприскування рослин Вермимаг (5 л/га) (фаза стеблуння); 4. Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т) + одноразове обприскування рослин Вермимаг (5 л/га); 5. дворазове обприскування рослин Вермимаг (по 5 л/га); 6. передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т) + дворазове обприскування рослин Вермимаг (по 5 л/га). Фактор В – норма висіву: 1. 0,7 млн сх. нас./га; 0,9 млн сх. нас./га 1,1 млн сх. нас./га. Фактор С – сорт Черемош, Дембо.

Технологія вирощування озимого ріпаку в експерименті відповідає загальноприйнятим агротехнічним прийомам, за винятком досліджуваних факторів. Попередником була озима пшениця.

Фенологічні спостереження, біометричні і фізіолого-біохімічні дослідження проводили за відповідно до Методики наукових досліджень в агрономії [12].

Результати досліджень. Проведені багаторічні польові дослідження (2024–2025 рр.) підтвердили, що площа листової поверхні озимого ріпаку є ключовим морфометричним показником фотосинтетичного потенціалу культури та визначальним фактором наростання зеленої маси. У культурних рослин ефективність фотосинтезу безпосередньо визначає рівень урожайності, тому одним із основних завдань сучасної агротехніки є створення умов для максимального накопичення зеленої маси та сухої речовини, а також підвищення продуктивності озимого ріпаку.

Розвиток листової поверхні озимого ріпаку, яка є основою фотосинтезу, значною мірою залежить від агротехнічних прийомів, погодних умов та строків сівби. Восени площа листя становила 9,5–17,4 тис. м²/га, що визначає початкове накопичення зеленої маси. Надмірне наростання листової поверхні може призводити до випрівання рослин, а недостатнє – обмежує підготовку до зимового періоду та накопичення запасних поживних речовин, необхідних для весняного росту. Навесні, після відновлення вегетації, ріпак швидко нарощує зелену масу, досягаючи площі листя близько 20 тис. м²/га. Це забезпечує високий фотосинтетичний потенціал і ефективне пригнічення бур'янів.

Аналіз результатів (табл. 1) показує, що застосування рідкого органічного добрива «Вермимаг» у різних варіантах внесення суттєво впливає на формування листової поверхні озимого ріпаку. Для обох сортів – «Черемош» і «Дембо» – спостерігається позитивний ефект від передпосівної обробки насіння та одно- або дворазового обприскування рослин порівняно з контролем.

Таблиця 1

Наростання площі листової поверхні рослин ріпаку озимого у фазу розетки залежно від норми висіву насіння та способу застосування рідкого органічного добрива «Вермимаг», тис. м²/га (середнє за 2024–2025 рр.)

Фактор А – рідке органічне добриво Вермимаг	Фактор В – норма висіву, млн. сх. нас./га		
	0,7	0,9	1,1
Фактор С – сорт Черемош			
Контроль (без внесення)	12,8	11,5	13,1
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т)	14,6	15,1	15,9
Одноразове обприскування рослин Вермимаг (5 л/га)	16,0	16,4	15,8
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т) + одноразове обприскування рослин Вермимаг (5 л/га)	16,9	17,1	18,0
Дворазове обприскування рослин Вермимаг (по 5 л/га)	19,6	20,9	21,0
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т) + дворазове обприскування рослин Вермимаг (по 5 л/га)	21,3	22,4	22,8
Фактор С – сорт Дембо			
Контроль (без внесення)	11,0	11,3	11,9
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т)	12,4	12,7	12,9
Одноразове обприскування рослин Вермимаг (5 л/га)	13,0	13,4	13,8
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т) + одноразове обприскування рослин Вермимаг (5 л/га)	13,9	14,3	14,8
Дворазове обприскування рослин Вермимаг (по 5 л/га)	15,5	15,8	16,4
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т) + дворазове обприскування рослин Вермимаг (по 5 л/га)	16,6	17,4	18,8

У сорту «Черемош» площа листової поверхні варіювала від 11,5–13,1 тис. м²/га у контролі до 21,3–22,8 тис. м²/га при комбінації передпосівної обробки насіння та дворазового обприскування рослин «Вермимагом». У сорту «Дембо» аналогічна тенденція спостерігалася, хоча абсолютні значення були дещо нижчими: від 11,0–11,9 тис. м²/га у контролі до 16,6–18,8 тис. м²/га при комплексному застосуванні добрива.

Вплив норми висіву (0,7; 0,9; 1,1 млн схожих насінин/га) проявлявся меншою мірою, ніж ефект добрива, проте спостерігалася тенденція до збільшення площі листової поверхні при підвищенні норми висіву, особливо у варіантах із обробкою «Вермимагом». Максимальні значення листової поверхні зафіксовано при нормі висіву 1,1 млн насінин/га у поєднанні з комплексним внесенням добрива.

Найбільш інтенсивне наростання листової поверхні та формування зеленої маси спостерігалось при комбінованому застосуванні «Вермимагу» (передпосівна обробка + дворазове обприскування), що сприяє підвищенню фотосинтетичного потенціалу рослин і ефективному пригніченню бур'янів у посівах.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що сортові особливості визначають темпи наростання листової поверхні, при цьому сорт «Черемош» формує більшу площу листя порівняно з сортом «Дембо». Застосування рідкого органічного добрива «Вермимаг» підвищує площу листків у всіх варіантах, причому найбільш виражений ефект спостерігається при комбінації передпосівної обробки насіння та дворазового обприскування рослин. Збільшення норми висіву також сприяє додатковому наростанню листової поверхні, проте вплив добрива виявляється більш значущим. Отже, результати досліджень підтверджують ефективність технологічного поєднання оптимальної норми висіву та застосування «Вермимагу» для формування високої зеленої маси озимого ріпаку у фазу розетки.

Дослідження, проведені у 2024–2025 рр. показали, що розвиток фотосинтетичного потенціалу озимого ріпаку значною мірою залежить від агротехнічних заходів та генетичних особливостей сорту (табл. 2). Встановлено, що досліджувані фактори взаємопов'язані і суттєво визначають динаміку формування листової поверхні та рівень фотосинтетичної активності посівів.

Результати досліджень показали, що застосування «Вермимагу» у всіх варіантах обробки позитивно впливає на фотосинтетичний потенціал як у сорту «Черемош», так і у сорту «Дембо». На контрольних варіантах без внесення добрива у сорту «Черемош» значення фотосинтетичного потенціалу коливалися від 0,095–0,410 млн. м² × діб/га у фазі розетки та від 0,485–1,004 млн. м² × діб/га у період стеблуння–бутонізація залежно від норми висіву. Для сорту «Дембо» аналогічні показники були нижчими: 0,081–0,323 млн. м² × діб/га та 0,321–0,985 млн. м² × діб/га відповідно. Отримані дані підкреслюють важливість сортових особливостей у розвитку листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу озимого ріпаку, адже саме від сорту значною мірою залежать темпи наростання зеленої маси та ефективність накопичення органічної речовини.

Дослідження свідчать, що підвищення норми висіву з 0,7 до 1,1 млн схожих насінин/га призводить до помірного, але стабільного зростання фотосинтетичного потенціалу рослин. Максимальні значення спостерігаються при густоті 1,1 млн насінин/га, особливо за умови обробки рідким органічним добривом «Вермимаг», що свідчить про важливість оптимальної густоти сівби для ефективного наростання листової поверхні та підвищення продуктивності культури.

Різні способи внесення рідкого органічного добрива «Вермимаг» по-різному впливають на формування фотосинтетичного потенціалу озимого ріпаку. Так,

Таблиця 2

Фотосинтетичний потенціал ріпака озимого залежно від норми висіву насіння та способу застосування рідкого органічного добрива «Вермимаг», млн. м² × діб/га (середнє за 2024–2025 рр.)

Фактор А – рідке органічне добриво Вермимаг	Міжфазний період					
	4 справжні листки – утворення розетки листя (6-8 листків)			стеблуння-бутонізація		
	Фактор В – норма висіву, млн. сх. нас./га					
	0,7	0,9	1,1	0,7	0,9	1,1
Фактор С – сорт Черемош						
Контроль (без внесення)	0,095	0,143	0,410	0,485	0,821	1,004
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т)	0,099	0,159	0,455	0,552	0,891	1,136
Одноразове обприскування рослин Вермимаг (5 л/га)	0,097	0,168	0,469	0,633	0,973	1,298
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т) + одноразове обприскування рослин Вермимаг (5 л/га)	0,098	0,179	0,487	0,762	1,145	1,326
Дворазове обприскування рослин Вермимаг (по 5 л/га)	0,096	0,185	0,491	0,883	1,256	1,504
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т) + дворазове обприскування рослин Вермимаг (по 5 л/га)	0,111	0,191	0,502	0,901	1,343	1,526
Фактор С – сорт Дембо						
Контроль (без внесення)	0,081	0,146	0,323	0,321	0,811	0,985
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т)	0,085	0,158	0,368	0,395	0,878	1,087
Одноразове обприскування рослин Вермимаг (5 л/га)	0,089	0,161	0,403	0,468	0,911	1,196
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т) + одноразове обприскування рослин Вермимаг (5 л/га)	0,095	0,165	0,428	0,505	0,998	1,315
Дворазове обприскування рослин Вермимаг (по 5 л/га)	0,096	0,169	0,459	0,688	1,169	1,455
Передпосівна обробка насіння Вермимаг (6 л/т) + дворазове обприскування рослин Вермимаг (по 5 л/га)	0,098	0,174	0,498	0,789	1,293	1,499

передпосівна обробка насіння підвищує фотосинтетичний потенціал порівняно з контролем: у сорту «Черемош» на 0,004–0,045 млн. м² × діб/га у фазі розетки та 0,067–0,132 млн. м² × діб/га у період стеблування–бутонізація. Одноразове обприскування рослин забезпечує зростання ФП, а комбіноване застосування передпо-

сівної обробки та одноразового обприскування ще більше підвищує фотосинтетичний потенціал (0,098–0,487 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$ та 0,762–1,326 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$ відповідно). Дворазове обприскування забезпечує значне зростання фотосинтетичного потенціалу: до 0,491 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$ у фазі розетки та до 1,504 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$ у період стеблуння–бутонізації у сорту «Черемош». Максимальні значення досягаються при поєднанні передпосівної обробки насіння з дворазовим обприскуванням – 0,502 та 1,526 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$, відповідно.

У сорту «Дембо» спостерігається аналогічна закономірність: фотосинтетичний потенціал зростає в порівнянні з контролем, проте абсолютні величини дещо нижчі, що відображає сортові відмінності. Так, при дворазовому обприскуванні та передпосівній обробці максимальні значення досягали 0,498 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$ у фазі розетки та 1,499 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$ у період стеблуння–бутонізації.

Загалом, результати досліджень свідчать про чітку залежність фотосинтетичного потенціалу озимого ріпаку від агротехнічних прийомів. Найбільш інтенсивне наростання фотосинтетичного потенціалу спостерігалось при комбінованому застосуванні «Вермиагу» (передпосівна обробка насіння та дворазове обприскування) у поєднанні з підвищеною нормою висіву, що свідчить про синергетичний ефект добрива та оптимальної густоти посіву. У розрізі сортів сорт «Черемош» демонструє вищі значення фотосинтетичного потенціалу порівняно з «Дембо», що слід враховувати при плануванні технології вирощування для підвищення продуктивності та якості зеленої маси.

Висновки. Дослідження (2024–2025 рр.) підтвердили, що розвиток листової поверхні озимого ріпаку визначає фотосинтетичний потенціал та накопичення зеленої маси. Сорт «Черемош» формує більшу площу листя (11,5–22,8 тис. $\text{м}^2/\text{га}$) та вищий фотосинтетичний потенціал (0,095–1,526 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$) порівняно з «Дембо» (11,0–18,8 тис. $\text{м}^2/\text{га}$; 0,081–1,499 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$).

Застосування рідкого органічного добрива «Вермиаг» сприяє зростанню площі листків та фотосинтетичного потенціалу у всіх варіантах дослідів. Найбільш ефективним виявилось комбіноване внесення – передпосівна обробка насіння та дворазове обприскування, що забезпечує максимальні значення: «Черемош» – 21,3–22,8 тис. $\text{м}^2/\text{га}$ і 0,111–1,526 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$; «Дембо» – 16,6–18,8 тис. $\text{м}^2/\text{га}$ і 0,098–1,499 млн. $\text{м}^2 \times \text{дб/га}$.

Підвищення норми висіву від 0,7 до 1,1 млн схожих насінин/га додатково стимулює наростання листової поверхні, проте вплив «Вермиагу» є більш вираженим. Оптимальне поєднання норми висіву 1,1 млн насінин/га та комплексного внесення добрива створює умови для реалізації біологічного потенціалу сортів та підвищення продуктивності посівів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бахмат М. І., Сендецький І. В. Фотосинтетична продуктивність рослин ріпаку озимого залежно від норм висіву та застосування регулятора росту «Вермийодіс». *Plant and Soil Science*. 2020. Т. 11. № 3. С. 51–60. URL: https://agriculturalscience.com.ua/web/uploads/journals_pdf/Plant_2020_3.pdf?utm_source=chatgpt.com
2. Бахмат М. І., Сендецький І. В. Особливості перезимівлі ріпаку озимого за різних норм висіву та застосування регулятора росту. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. № 32. С. 20–25. URL: https://journals.pdu.khmelnitskiy.ua/index.php/podilian_bulletin/article/view/84/70
3. Бердес В., Єрмаков В., Чичикало Ю., Гарбар Л. А. Формування асимілюючої поверхні посівів ріпаку озимого. *Матеріали 3rd International*

Scientific and Practical Conference “Global Science: Prospects and Innovations”. Liverpool, United Kingdom, 2–4 November 2023. С. 15–18. URL: https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/11/GLOBAL-SCIENCE-PROSPECTS-AND-INNOVATIONS-2-4.11.23.pdf?utm_source=chatgpt.com

4. Гаврилюк А. Озимий ріпак має найвищий фотосинтетичний потенціал на початку дозрівання – дослідження. *Agrotimes*. 2023. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/ozymyj-ripak-maye-najvyshhyj-fotosyntetychnyj-potenczial-na-pochatku-dozrivannya-doslidzhennya>

5. Воронєцька І. С., Кравчук О. О., Петриченко І. І., Спринчук Н. А., Корнійчук Г. В. Результативність діяльності внутрішнього ринку кормів в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 90. URL: <https://fri-journal.com/index.php/journal/issue/view/38/2-2020-pdf>

6. Каленська С. М., Новицька Н. В., Степаненко Ю. П., Столярчук Т. А., Таран В. Г., Риженко А. С., Єременко О. А. Довговічність насіння олійних культур. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 63–70.

7. Козіна Т. В., Овчарук В. І. Якісні показники зеленої маси залежно від сорту ріпаку озимого в конвеєрному виробництві зелених кормів. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.25>

8. Мазур В. А., Мацера О. О., Шкатула Ю. М., Забарний О. С. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність і якість насіння ріпаку озимого в умовах Лісостепу правобережного: монографія. Вінниця: ВНАУ, 2025. 192 с. DOI: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/40254.pdf>

9. Овчарук В. І., Козіна Т. В. Особливості застосування органо-мінеральних добрив під посіви озимих капустяних культур. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. № 2 (47). С. 105–109. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2.14>

10. Овчарук В. І., Козіна Т. В. Особливості формування зеленого конвеєра озимих хрестоцвітних культур (ріпаку, суріпиці) в умовах Лісостепу західного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. № 143. С. 145–153. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.18>

11. Поліщук О. І., Присяжнюк О. І. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність ріпаку озимого в умовах Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 98. С. 112–118. DOI: <https://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/934/940>

12. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. 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.

13. Щербаков В. Я., Домарацький Є. О. Особливості фотосинтетичної діяльності рослин озимого ріпаку залежно від азотних підживлень та рістрегулюючих препаратів. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2018. Випуск 87. С. 148–154. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15034>

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 631.58+631.53.048[633.11"324":631.559
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.7>

УРОЖАЙНІСТЬ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ ТА ФОНУ ЖИВЛЕННЯ ЗА NO-TILL ТЕХНОЛОГІЇ

Корхова М.М. – к.с.-г.н., доцентка

доцентка кафедри рослинництва та садово-паркового господарства,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-6713-5098

Кондрат В.О. – аспірант кафедри рослинництва та садово-паркового господарства,

Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0005-1210-4450

У статті наведено результати польових досліджень двох сортів пшениці м'якої озимої, проведених упродовж 2023-2025 рр. по попереднику ріпак озимий в умовах Степу України за технологією No-Till. Встановлено вплив сортових особливостей, норм висіву насіння та фону живлення на урожайність зерна пшениці озимої. Строк сівби пшениці озимої 20 вересня. Сівбу проводили сівалкою Amazone DMC Primera з міжряддям 25 см. За результатами досліджень визначено, що більшу урожайність зерна в середньому по сортах та за роки досліджень сформували рослини пшениці озимої за сівби з нормою висіву насіння 2,0 млн шт./га та фону живлення $N_{30}P_{30}S_{19,5}$ – 5,40 т/га, що на 0,11 т/га або на 2,1% більше, ніж за сівби з нормою висіву 1,5 млн шт./га та на 0,14 т/га або на 2,6% більше, ніж у варіанті з нормою висіву 2,5 млн шт./га. У кращому за врожайністю варіанті фону живлення $N_{30}P_{30}S_{19,5}$, найменшу урожайність зерна сформували рослини пшениці озимої з нормою висіву 2,5 млн шт./га – 5,26 т/га.

У варіантах з фоном живлення $N_{20}P_{20}S_{13}$ більшу урожайність зерна сформовано в середньому по сортах за сівби з нормою висіву насіння 1,5 млн шт./га – 5,30 т/га, що на 0,03 т/га або на 0,6% більше, ніж за сівби з нормою висіву 2,0 млн шт./га та на 0,14 т/га або на 2,6%. Таким чином, в умовах Степу України по попереднику ріпак озимий більшу урожайність зерна пшениці озимої в середньому за 2024-2025 рр. сформовано сортом Турі за сівби з нормою висіву 2,0 млн шт./га та фоном живлення $N_{30}P_{30}S_{19,5}$ – 5,60 т/га, що на 0,41 т/га більше, ніж у варіанті з сортом Місія одеська. У варіантах з фоновим живленням пшениці озимої обох досліджуваних сортів $N_{20}P_{20}S_{13}$ та $N_{10}P_{10}S_{9,5}$ більшу урожайність зерна сформовано за сівби з нормою висіву 1,5 млн шт./га – 5,47 та 5,17 т/га відповідно, що на 0,03-0,04 т/га більше, ніж за сівби з нормою висіву 2,0 млн шт./га.

Ключові слова: урожайність зерна пшениці озимої, No-Till, норми висіву насіння, фон живлення, сорти.

Korkhova M.M., Kondrat V.O. Yield of winter wheat varieties depending on seed sowing rates and nutrient background using NO-TILL technology

The article presents the results of field studies of two varieties of soft winter wheat, conducted during 2023-2025 on the predecessor of winter rapeseed in the conditions of the Steppe of Ukraine using No-Till technology. The influence of varietal characteristics, seed sowing rates and nutrient background on the yield of winter wheat grain was established. The sowing date of winter wheat is September 20. Sowing was carried out with an Amazone DMC Primera seeder with a row spacing of 25 cm. According to the results of the research, it was determined that the highest grain yield on average across varieties and over the years of research was formed by winter wheat plants when sowing with a seeding rate of 2.0 million pcs./ha and a $N_{30}P_{30}S_{19,5}$



© Корхова М.М., Кондрат В.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

nutrient background – 5.40 t/ha, which is 0.11 t/ha or 2.1% more than when sowing with a seeding rate of 1.5 million pcs./ha and 0.14 t/ha or 2.6% more than in the variant with a seeding rate of 2.5 million pcs./ha. In the best-yielding variant of the N30P30S19.5 nutrient background, the lowest grain yield was formed by winter wheat plants with a seeding rate of 2.5 million pcs./ha – 5.26 t/ha.

In the variants with the N20P20S13 nutrition background, the higher grain yield was formed on average by varieties for sowing with a seed sowing rate of 1.5 million pcs. / ha – 5.30 t/ha, which is 0.03 t/ha or 0.6% more than for sowing with a seed sowing rate of 2.0 million pcs. / ha and 0.14 t/ha or 2.6%. Thus, in the conditions of the Steppe of Ukraine, the higher grain yield of winter wheat on the predecessor winter rapeseed on average for 2024-2025 was formed by the Turi variety for sowing with a seed sowing rate of 2.0 million pcs. / ha and the N30P30S19.5 nutrition background – 5.60 t/ha, which is 0.41 t/ha more than in the variant with the Misiya Odesa variety. In variants with background feeding of winter wheat of both studied varieties N20P20S13 and N10P10S9.5, higher grain yields were formed when sowing with a seeding rate of 1.5 million units/ha – 5.47 and 5.17 t/ha, respectively, which is 0.03-0.04 t/ha more than when sowing with a seeding rate of 2.0 million units/ha.

Key words: winter wheat grain yield, No-Till, seed sowing rates, nutritional background, varieties.

Актуальність теми дослідження. Україна є одним із найбільших світових експортерів пшениці, але через військові дії, які подекуди повністю унеможливають проведення польових робіт, світовий ринок може не дорахуватися значної частки продовольства [1, 2].

До повномасштабного вторгнення посівні площі пшениці в Україні сягали 6,0-7,1 млн га, а з 2022 по 2024 рр. – 4,7-5,0 млн га [3]. Найбільші площі під культурою традиційно відводять щороку в Одеській, Дніпропетровській, Миколаївській та Харківській областях, але середня урожайність пшениці залишається низькою, особливо у несприятливі за погодними умовами роки [4]. Тому, збільшення врожайності та валових зборів зерна пшениці – головне завдання рослинництва.

В усьому світі стрімко розвивається система землеробства *No-till*, яка сприяє зменшенню механічного навантаження на ґрунти та викидів вуглекислого газу в атмосферу, відновлює родючість ґрунту та економить фінансові та технічні ресурси [5, 6]. Традиційні методи обробітку ґрунту у зоні Степу часто призводять до значних втрат вологи та деградації ґрунтів, особливо в умовах кліматичних змін. Технологія *No-Till*, яка передбачає повну відмову від оранки, дозволяє зберегти вологу, зменшити ерозію та покращити структуру ґрунту. Це особливо важливо для зони ризикованого землеробства, де кожна тонна збереженої вологи може вплинути на врожайність [7].

Поряд з цим, з появою нових сівалок для прямої сівби з різною шириною міжрядь, перед сільськогосподарською наукою постала проблема вивчення норм висіву насіння пшениці озимої, одного із найважливіших агротехнічних елементів технології вирощування, який залежить від ґрунтово-кліматичної зони вирощування, попередника, сорту, строку сівби, обробітку ґрунту, способу сівби тощо [8].

Для визначення оптимальної норми висіву насіння пшениці озимої в кожній ґрунтово-кліматичній зоні України були проведені польові дослідження, за результатами яких були розроблені чіткі рекомендації щодо норм висіву насіння на основі використання сівалки СЗ-3,6 з міжряддям 15 см та культиватора КПС-4 для передпосівного обробітку ґрунту [9]. На сьогоднішній день, основні елементи агротехнології вирощування пшениці озимої – строк сівби, норма висіву та спосіб сівби потребують відповідного коригування.

Постановка проблеми. У 60-хх роках минулого століття за результатами державного сортовипробування та досвіду багатьох колгоспів і радгоспів

Миколаївської області було встановлено оптимальні норми висіву пшениці м'якої озимої для районування на той час сорту Одеська 16: для Первомайського району – 6,0 млн схожих насінин на 1 гектар, для Баштанського та Миколаївського районів – 4,5-5,0 млн схожих насінин на 1 гектар [10].

Дослідженнями О. О. Вінюкова та О. Б. Лапко [11] визначено, що вищий рівень продуктивності рослин пшениці озимої сортів різновидності *Lutescens* сформовано за норми висіву насіння 4,0 млн шт./га, тоді як для сортів різновидності *Erythrospermum* – 3,5 та 4,0 млн. шт./га.

М. М. Корховою [12] визначено, що сівба пшениці озимої сорту Наталка з нормою висіву 5 млн схожих насінин/га. Краще поєднує високі показники польової схожості насіння (77,03-88,3%), густоти рослин та продуктивного стеблостою перед збиранням – 641 – 631 шт./м².

Але, багато вчених наводять приклади збільшення врожайності зерна пшениці озимої за використання знижених норм висіву насіння. Так, В. Я. Щербаков та ін. [13] доводять, що при сівбі пшениці озимої з нормою 2,5-3,0 млн схожих насінин на 1 га, врожайність зерна збільшувалася на 0,44-0,65 т/га порівняно з контрольним варіантом.

За результатами проведених досліджень з різними нормами висіву насіння пшениці озимої цитокінінового типу в діапазоні від 160 до 5,0 млн схожих насінин на 1 га визначено, що урожайність зерна культури істотно не відрізнялася. Зі зменшенням норми висіву насіння, продуктивна кустистість рослин зростала і досягала понад 30 продуктивних стебел на одну рослину [14].

За результатами проведених у 2018-2019 рр. виробничих випробувань за технологією *No-Till* визначено, що більшу врожайність зерна рослинами пшениці озимої сформовано за сівби з нормою висіву насіння 2,0 млн. шт. / га [15].

Таким чином, норма висіву пшениці озимої не є сталою величиною, а змінюється залежно від якості насіння, сорту, попередника, строку сівби, фракції насіння, вологості й родючості ґрунту тощо.

Мета статті: встановити оптимальні норми висіву насіння досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої за різних фонів живлення при вирощуванні за технологією *No-Till* в умовах Степу України.

Методика досліджень. Польові дослідження проводили упродовж 2023-2025 рр. на дослідному полі ТОВ «НОУ ТІЛ АГРО» Вознесенського району Миколаївської області. Ґрунт дослідного поля є типовим для чорнозему звичайного та приданий для вирощування більшості сільськогосподарських культур, у тому пшениці м'якої озимої. Вміст в орному шарі ґрунту гумусу – 3,5-4,2%. Реакція ґрунтового розчину верхніх горизонтів близька до нейтральної або слабко лужна (рН=6,8-7,2). Схеми дослідів включали наступні фактори та варіанти: фактор А – сорт (Місія одеська та Турі); фактор В – норма висіву насіння (1,5; 2,0; 2,5 млн шт./га); фактор С – фон живлення (N₁₀P₁₀S_{6,5}; N₂₀P₂₀S₁₃; N₃₀P₃₀S_{19,5}).

Матеріалом для досліджень було два сорти пшениці м'якої озимої української та іноземної селекції – Місія одеська (Україна, Селекційно-генетичний інститут – національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН та Турі (Україна-Сербія, ТОВ АФ «Сади України»). Усі досліджувані сорти занесено до Державного Реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні у 2009 та 2015 рр.

Роки проведення досліджень істотно відрізнялися за погодними умовами, що дало змогу дослідити адаптивний потенціал сортів пшениці м'якої озимої та реакцію сортів на норми висіву та фон живлення. Так, осінь 2023/2024 сільськогосподарського року була найбільш посушливою за всю історію спостережень.

Перші продуктивні опади випали лише у III декаді жовтня – 32 мм, що вплинуло на тривалість проростання насіння, формування густоти рослин та продуктивного стеблостоя. Загалом за вегетаційний період 2023/2024 рр. випало 362 мм опадів, тоді як у 2024/2025 рр. – 317 мм, що й позначилося на формуванні врожайності зерна пшениці озимої.

Для проведення експериментальної роботи було застосовано польовий та порівняльно-розрахунковий методи. Закладання та проведення польових дослідів проводили згідно методики державної кваліфікаційної експертизи сортів рослин [16].

Площа посівної ділянки становила 100 м², а облікової – 25 м². Агротехніка проведення дослідів була загальноприйнятою відносно існуючих зональних рекомендацій для умов зони Степу України, окрім досліджуваних факторів. Сівбу пшениці озимої проводили 20 вересня сівалкою Amazone DMC Primera з міжряддям 25 см по попереднику ріпак озимий.

Фенологічні спостереження та облік урожаю проводили за методикою державного сорто випробування зернових та круп'яних культур [17].

Результати досліджень. Розрахункову норму висіву насіння пшениці м'якої озимої підраховують маючи такі показники як: кількісна норма висіву (млн шт./га) та ширина міжрядь (см). Так, на 1 п. м. рядка пшениці м'якої озимої при традиційному способі сівби з шириною міжрядь 15 см за кількісної норми висіву 4,0 млн/га висівається 60 схожих насінин, тоді як за цієї ж норми з прямим способом сівби (*No-till*) з шириною міжрядь 25 см – 100 шт., що на 40 штук більше (табл. 1).

Таблиця 1

**Розрахункова кількість насінин пшениці озимої а різних способів сівби
та норм висіву, шт./1 п. м. рядка**

Спосіб сівби	Ширина міжряддя, см	Норма висіву насіння, млн шт./га								
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Традиційний	15	15	22	30	37	45	52	60	67	75
Прямий (<i>No-till</i>)	25	25	38	50	63	75	88	100	113	125

Близькою до рекомендованої норми висіву насіння пшениці озимої на 1 п. м. рядка за сівби традиційним способом (60 шт.) є сівба прямим способом з нормою висіву 2,5 млн шт. /га (63 шт.).

Відстань між насінинами пшениці м'якої озимої на 1 п. м. рядка за традиційного способу сівби з нормою висіву 4,0 млн шт./га становила 1,7 см, що є близьким до норми висіву 2,5 млн шт./га за сівби прямим способом – 1,6 см (табл. 2).

Таблиця 2

**Відстань між насінинами пшениці озимої на погонному метрі рядка
за різних способів сівби та норм висіву, см**

Способи сівби	Ширина міжряддя, см	Норма висіву насіння, млн шт./га								
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Традиційний	15	6,7	4,4	3,3	2,7	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3
Прямий (<i>No-till</i>)	25	4,0	2,7	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8

За результатами проведених польових досліджень, проведених у 2023/2024 сільськогосподарському році визначено, що більшу урожайність зерна сформовано

рослинами пшениці м'якої озимої сорту Турі за сівби з нормою висіву 2,5 млн шт. / га та фоном живлення $N_{30}P_{30}S_{19,5}$ – 5,86 т/га, що на 0,05 т/га або на 0,9% більше, ніж у варіанті з нормою висіву 2,0 млн шт. / га та на 0,24 т/га або на 4,1% більше, ніж у варіанті з нормою висіву 1,5 млн шт. / га (табл. 3).

Таблиця 3

Урожайність сортів пшениці м'якої озимої залежно від норм висіву насіння та фону живлення у 2024 р., т/га

Фактор С – фон живлення	Фактор В – норма висіву насіння, млн шт./га			Середнє по фактору В
	1,5	2,0	2,5	
Фактор А – сорт Місія одеська				
N ₁₀ P ₁₀ S _{6,5}	5,30	5,47	5,38	5,38
N ₂₀ P ₂₀ S ₁₃	5,35	5,50	5,41	5,42
N ₃₀ P ₃₀ S _{19,5}	5,40	5,54	5,47	5,47
Середнє по фактору С	5,35	5,50	5,42	5,42
Фактор А – Турі				
N ₁₀ P ₁₀ S _{6,5}	5,49	5,58	5,70	5,59
N ₂₀ P ₂₀ S ₁₃	5,59	5,62	5,78	5,66
N ₃₀ P ₃₀ S _{19,5}	5,62	5,81	5,86	5,76
Середнє по фактору С	5,57	5,67	5,78	5,67
НІР ₀₅ за фактором А – 0,07 т/га; за фактором В – 0,10 т/га; за фактором С – 0,06 т/га				

Дещо меншу урожайність зерна сформував сорт Місія одеська – 5,30-5,47 т/га залежно від норм висіву насіння та фону живлення. Визначено, що у 2024 р. більшу урожайність зерна сформовано у варіанті з нормою висіву насіння 2,0 млн шт./га та фоновим живленням $N_{30}P_{30}S_{19,5}$ – 5,54 т/га, що на 0,07 т/га або на 1,3% більше, ніж у варіанті з нормою висіву 2,5 млн шт./га та на 0,14 т/га або на 2,5% більше, ніж у варіанті з нормою висіву 1,5 млн шт./га.

За результатами проведених досліджень 2024/2025 сільськогосподарському році визначено, що обидва досліджувані сорти пшениці озимої сформували більшу врожайність зерна за сівби з нормою висіву 1,5 млн шт./га та фоном живлення $N_{30}P_{30}S_{19,5}$ – 4,98 т/га у сорту Місія одеська та 5,56 т/га у сорту Турі (табл. 4).

Таблиця 4

Урожайність сортів пшениці м'якої озимої залежно від норм висіву насіння та фону живлення у 2025 р., т/га

Фактор С – фон живлення	Фактор В – норма висіву насіння, млн шт./га			Середнє по фактору В
	1,5	2,0	2,5	
Фактор А – сорт Місія одеська				
N ₁₀ P ₁₀ S _{6,5}	4,73	4,43	4,35	4,50
N ₂₀ P ₂₀ S ₁₃	4,91	4,68	4,53	4,71
N ₃₀ P ₃₀ S _{19,5}	4,98	4,83	4,62	4,81
Середнє по фактору С	4,87	4,65	4,50	4,67
Фактор А – Турі				
N ₁₀ P ₁₀ S _{6,5}	5,15	5,02	4,76	4,98
N ₂₀ P ₂₀ S ₁₃	5,34	5,26	4,92	5,17
N ₃₀ P ₃₀ S _{19,5}	5,56	5,38	5,05	5,33
Середнє по фактору С	5,35	5,22	4,91	5,16
НІР ₀₅ за фактором А – 0,14 т/га; за фактором В – 0,13 т/га; за фактором С – 0,11 т/га				

Таким чином, більшу урожайність зерна в середньому по сортах та за роки досліджень сформували рослини пшениці озимої за сівби з нормою висіву насіння 2,0 млн шт./га та фону живлення $N_{30}P_{30}S_{19,5}$ – 5,40 т/га, що на 0,11 т/га або на 2,1% більше, ніж за сівби з нормою висіву 1,5 млн шт./га та на 0,14 т/га або на 2,6% більше, ніж у варіанті з нормою висіву 2,5 млн шт./га (рис. 1).

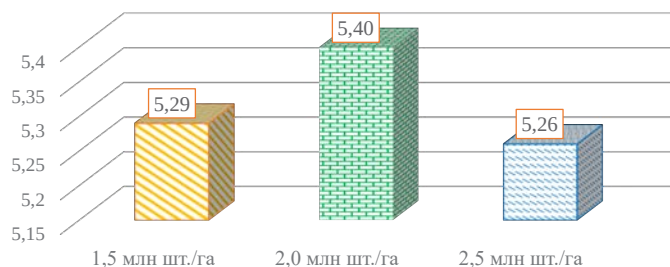


Рис. 1. Урожайність зерна пшениці озимої в середньому по фактору сорт та по рокам у варіанті з фоном живлення $N_{30}P_{30}S_{19,5}$, т/га

Таким чином, в середньому за 2024-2025 рр. та по фактору сорт у кращому за врожайністю варіанті фону живлення $N_{30}P_{30}S_{19,5}$, найменшу урожайність зерна сформували рослини пшениці озимої з нормою висіву 2,5 млн шт./га – 5,26 т/га.

У варіантах з фоном живлення $N_{20}P_{20}S_{13}$ більшу урожайність зерна сформовано в середньому по сортах за сівби з нормою висіву насіння 1,5 млн шт./га – 5,30 т/га, що на 0,03 т/га або на 0,6% більше, ніж за сівби з нормою висіву 2,0 млн шт./га та на 0,14 т/га або на 2,6% (рис. 2).

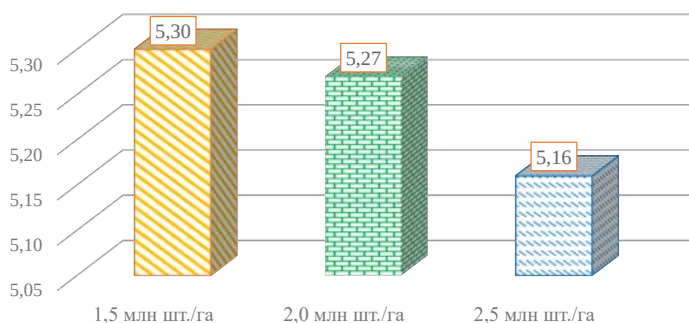


Рис. 2. Урожайність зерна пшениці озимої в середньому по фактору сорт та по рокам у варіанті з фоном живлення $N_{20}P_{20}S_{13}$, т/га

В середньому за роки досліджень та по фактору сорт, найменшу урожайність зерна сформовано рослинами пшениці озимої за сівби з нормою висіву насіння 2,5 млн шт./га та фону живлення $N_{10}P_{10}S_{9,5}$ – 5,16 т/га, що на 0,1 т/га або на 2,1% менше, ніж у варіанті з нормою висіву 2,0 млн шт./га та на 0,14 т/га або на 2,6% менше, ніж у варіанті з нормою висіву 1,5 млн шт./га (рис. 3).

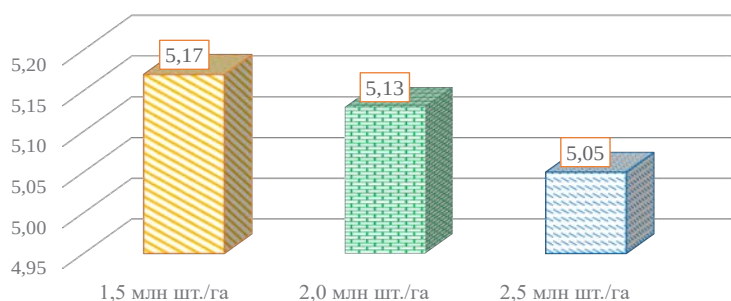


Рис. 3. Урожайність зерна пшениці озимої в середньому по фактору сорт та по рокам у варіанті з фоном живлення $N_{10}P_{10}S_{9,5}$, т/га

Висновки та перспективи подальших досліджень. В умовах Степу України по попереднику ріпак озимий більшу урожайність зерна пшениці озимої в середньому за 2024-2025 рр. сформовано сортом Турі за сівби з нормою висіву 2,0 млн шт. / га та фоном живлення $N_{30}P_{30}S_{19,5}$ – 5,60 т/га. У варіантах з фоновим живленням пшениці озимої обох досліджуваних сортів $N_{20}P_{20}S_{13}$ та $N_{10}P_{10}S_{9,5}$ більшу урожайність зерна сформовано за сівби з нормою висіву 1,5 млн шт./га – 5,47 та 5,17 т/га відповідно, що на 0,03-0,04 т/га більше, ніж за сівби з нормою висіву 2,0 млн шт./га. В подальших дослідженнях планується остаточно визначити оптимальні норми висіву насіння та фон живлення для досліджуваних сортів пшениці озимої, при застосуванні яких можна отримати більший чистий прибуток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Україна входить до топ-10 світових виробників пшениці. *Агроновини*. 2025. URL: <https://surl.li/okoqmf>. (дата звернення: 02.03. 2026).
2. Панфілова А. В., Корхова М. М. Сортовипробування пшениці м'якої озимої в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 176-182. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.26>.
3. Несмачна М. Площі під озимом пшеницею на окупованих територіях України скоротилися майже на 10% — NASA Harvest. *SuperAgronom.com*. URL: <https://surl.li/lvoqdk>. (дата звернення: 02.03. 2026).
4. Нетіс І. Т., Сергєєв Л. А., Когут І. М., Онуфран Л. І. Прогноз сприятливих і несприятливих років для пшениці озимої на Півдні України. *Аграрні інновації*. 2025. № 31. С. 99-103. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.17>.
5. Войтовик М. В., Баранник А. В., Гарбар В. В., Лісовський А. С. Практичний моніторинг родючості ґрунту з впровадження ґрунтозберігаючих систем землеробства (на прикладі технології *NO-TILL*). *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 4(45). С. 7-15. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.1>.
6. Jayaraman S., Dalal Ram C. *No-till farming: prospects, challenges – productivity, soil health, and ecosystem services*. *Soil Research*. Vol. 60. Iss. 6. P. 435-441. <https://doi.org/10.1071/SR22119>.
7. Дробітько А. В., Манушкіна Т. М., Геращенко О. А. Вплив технології *No-Till* на агрофізичні властивості ґрунту та урожайність пшениці озимої в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 4. DOI: 10.31521/2313-092X/2020– 4(108).
8. Корхова М. М., Кондрат В. О. Проблема визначення оптимальних норм висіву насіння пшениці озимої. *Наукові читання до 100-річчя від дня народження*

Філіп'єва Івана Давидовича : зб. матеріалів наук.-практ. конф. 20 вересня 2024 р., Одеса: ІКОСГ НААН, 2024 р. С. 166-168.

9. Рекомендації з підготовки та проведення сівби озимих зернових культур у степовому регіоні під урожай 2021 р. / Соколов В. М., Литвиненко М. А., Лифенко С. П., Лінчевський С. П. Селекційно-генетичний інститут – національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса, 2020. 20 с.

10. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування: монографія / В. В. Гамаюнова та ін. Миколаїв : МНАУ, 2021. 300 с.

11. Вінюков О. О., Лапко О. Б. Вплив норм висіву на формування показників продуктивності пшениці озимої різновидів *lutescens* та *erythrospertum* в умовах Північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 7-13. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.1>.

12. Корхова М. М. Вплив строків сівби та норм висіву на польову схожість насіння та густоту продуктивного стеблостою рослин пшениці озимої. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 92. С. 48-54.

13. Щербаков В. Я., Домарацький В. О., Козлова О. П., Добровольський А. В. Формування оптимального стеблостою озимої пшениці в умовах Південного Степу України. *Агроном*. 2022. URL: <https://surl.lt/mydsll>. (дата звернення: 02.03. 2026).

14. Рожков А. О. Сучасний комплексний підхід до вибору способу сівби та норми висіву насіння пшениці озимої. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва* [Електронний ресурс] : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., присв. ювілейним річницям проф. О. М. Можейка, В. В. Милого, Ю. В. Будьонного, І. І. Назаренка, 29–30 листопада 2022 р. Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2022. С. 249-253.

15. Драганчук, М., Дробітько В., Косолап М. Про зменшення норм висіву пшениці. *Зерно*. 2020. URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2020/fevral-2020-god/pro-zmenshennya-norm-visivu-psheniczi/> (дата звернення: 02.03. 2026).

16. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Український інститут експертизи сортів рослин. 2016. 118 с.

17. 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. 82 с.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 635.21:551.583

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.8>

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНА ОЦІНКА ЖАРО – ТА ПОСУХОСТІЙКОСТІ СОРТІВ КАРТОПЛІ В УМОВАХ АБІОТИЧНОГО СТРЕСУ

Кравченко Н.В. – д.с.-г.н.,

професор кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка»

orcid.org/0000-0001-6072-2652

Бондус Р.О. – к.с.-г.н., с.н.с.,

завідуюча лабораторії технічних, кормових та овочевих культур,

Устимівська дослідна станція рослинництва ім. В. Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-2367-5225

В умовах сучасних кліматичних змін, що супроводжуються зростанням середньорічних температур, збільшенням кількості екстремальних погодних явищ та посиленням дефіциту ґрунтової вологи, особливої актуальності набуває проблема підвищення адаптивності сільськогосподарських культур до абіотичних стресів.

Картопля (*Solanum tuberosum* L.), як одна з провідних продовольчих культур, має високу чутливість до несприятливих метеорологічних явищ, насамперед до посухи та високих температур, що істотно обмежує реалізацію її продуктивного потенціалу. Це зумовлено біологічними особливостями культури, зокрема відносно слабкорозвинутою кореневою системою, обмеженою глибиною її проникнення, високою інтенсивністю транспірації та значною залежністю процесів росту і бульбоутворення від водного режиму ґрунту і температурного фону. За цих умов важливим науковим завданням є пошук інформативних фізіолого-біохімічних показників, які дозволяють здійснювати об'єктивну оцінку стійкості сортів картоплі до посухи та підвищеної температури, а також прогнозувати їхню продуктивність у стресових умовах.

Актуальність дослідження у тому, що такі показники для селекційної практики є вагомими, оскільки дають змогу проводити попередній добір перспективного матеріалу на ранніх етапах селекційного процесу, значно скорочуючи часові та матеріальні витрати.

Метою дослідження було здійснення комплексної фізіолого-біохімічної оцінки сортів картоплі за показниками посухо- та жаростійкості, встановлення рівня їх диференціації за реакцією на абіотичні стреси, а також виявлення взаємозв'язку між зазначеними показниками та продуктивністю в умовах дефіциту вологи й підвищеного температурного навантаження.

У дослідженнях використовували температурний діапазон 45–60 °С, який вважається методично обґрунтованим для оцінки реакції рослинної тканини на тепловий шок без руйнування структури об'єкта дослідження. Оцінку проводили за ступенем некротизації листової пластинки після термічного впливу та періоду відновлення.

Ключові слова: картопля, жаростійкість, посухостійкість, методи досліджень, водний режим, адаптивність, сорт, продовольча безпека.

Kravchenko N.V., Bondus R.O., Chetveryk B.M. Physiological and biochemical assessment of heat and drought resistance of potato varieties under abiotic stress conditions

In the conditions of modern climate change, accompanied by an increase in average annual temperatures, an increase in the number of extreme weather events and an increase in the deficit of soil moisture, the problem of increasing the adaptability of agricultural crops to abiotic stresses is of particular relevance.



© Кравченко Н.В., Бондус Р.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

*Potato (*Solanum tuberosum* L.), as one of the leading food crops, is highly sensitive to adverse meteorological phenomena, primarily to drought and high temperatures, which significantly limits the realization of its productive potential. This is due to the biological characteristics of the crop, in particular a relatively underdeveloped root system, limited by the depth of its penetration, high intensity of transpiration and significant dependence of growth and tuber formation processes on the soil water regime and temperature background. Under these conditions, an important scientific task is to search for informative physiological and biochemical indicators that allow an objective assessment of the resistance of potato varieties to drought and elevated temperatures, as well as to predict their productivity under stressful conditions.*

The relevance of the study is that such indicators for breeding practice are significant, as they allow for preliminary selection of promising material at the early stages of the breeding process, significantly reducing time and material costs.

The purpose of the study was to conduct a comprehensive physiological and biochemical assessment of potato varieties according to drought and heat resistance indicators, establish the level of their differentiation in response to abiotic stresses, and also identify the relationship between these indicators and productivity under conditions of moisture deficiency and increased temperature load.

The studies used a temperature range of 45–60 °C, which is considered methodically justified for assessing the reaction of plant tissue to heat shock without destroying the structure of the research object. The assessment was carried out by the degree of necrotization of the leaf blade after thermal exposure and the recovery period.

Key words: potato, heat resistance, drought resistance, research methods, water regime, adaptability, variety, food security.

Постановка проблеми. Глобальні кліматичні зміни, які ми спостерігаємо останнім часом, а саме підвищення температури повітря та зростанням частоти і тривалості посушливих періодів, істотно впливають на продуктивність картоплі [1]. Картопля (*Solanum tuberosum* L.), характеризується відносно слабко розвинутою кореневою системою, обмеженою глибиною проникнення та високою чутливістю до водного дефіциту, що зумовлює її вразливість до абіотичних стресів [2].

Важливим напрямом сучасних досліджень є пошук інформативних показників, які дозволяють на ранніх етапах ідентифікувати сорти з підвищеною адаптивністю [9, 16]. До таких показників належать водоутримуюча та водовідновлююча здатність листків, а також тканинна термотолерантність, що відображає реакцію асиміляційного апарату на підвищену температуру [3, 6].

Дослідження проводили на сортах картоплі різного еколого-географічного походження, що дозволило охопити значний спектр генетичної мінливості за ознаками адаптивності [7, 11].

Для оцінки посухостійкості використовували комплекс показників водного режиму листків, зокрема залишковий водний дефіцит, водоутримуючу та водовідновлюючу здатність, які відображають як здатність рослин протидіяти втратам води в умовах посухи, так і швидкість відновлення водного балансу після стресового впливу [4, 8]. Саме ці показники вважаються одними з найбільш інформативних у фізіології рослин, оскільки вони безпосередньо пов'язані зі станом клітинних мембран, осмотичним потенціалом, інтенсивністю транспірації та функціонуванням асиміляційного апарату [9].

Жаростійкість сортів картоплі [4] оцінювали лабораторним методом короткочасного термічного навантаження, який має модельний характер і спрямований на визначення межі тканинної термотолерантності листового апарату [10]. На відміну від польових умов, де температура повітря рідко досягає критичних значень для негайного ушкодження тканин [13, 18], лабораторний метод дозволяє створити контрольований тепловий стрес [15]. і виявити сортові відмінності за стійкістю клітин до високої температури [12, 14].

У дослідженнях використовували температурний діапазон 45–60 °С, який вважається методично обґрунтованим для оцінки реакції рослинної тканини на тепловий шок без руйнування структури об'єкта дослідження. Оцінку проводили за ступенем некротизації листкової пластинки після термічного впливу та періоду відновлення.

Метою наших досліджень було оцінити жаро- та посухостійкість сортів картоплі за фізіолого-біохімічними показниками та встановити їх зв'язок із продуктивністю в умовах стресу.

Матеріали і методи досліджень. Експеримент проводили з використанням 25 сортів картоплі різного еколого-географічного походження у лабораторних умовах і польових умовах державного університету «Житомирська політехніка» та Устимівської дослідної станції рослинництва інституту ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Для аналізу відбирали листки середнього ярусу рослин.

Посухостійкість визначали за показниками водного режиму листків: залишковим водним дефіцитом, водоутримуючою (Ву) та водовідновлюючою (Вв) здатністю, на їх основі розраховували коефіцієнт посухостійкості.

Для оцінки посухостійкості за основу брали методику Литвинова Л. С. [4]. Залишковий водний дефіцит (ЗВД) визначали за формулою:

$$\text{ЗВД} = (A_2 - A_1 / A_2) 100\%,$$

де A_2 – маса листків після насичення водою (мг.),

A_1 – вихідна маса наважки (мг.).

Обчислювали також забезпеченість рослин водою (ЗРВ) за формулою:

$$\text{ЗРВ} = (A_2 - A_1 / A_2) 100\%,$$

де A_2 – вага проби листків до висушування,

A_1 – після висушування (мг.).

За методикою, розробленою в Інституті картоплярства НААН України встановлювали водоутримуючу (Ву) та водовідновлюючу (Вв) здатність рослин сортів картоплі та коефіцієнт посухостійкості (КП) за формулами:

$$\text{Ву} = A_2 / A_1,$$

де A_1 – вихідна маса листків (мг.),

A_2 – вага листків після добового в'янення в кімнатних умовах при розсвітному світлі (мг.) і $\text{Вв} = A_3 / A_2$, де A_3 – вага листків насичених водою, у яких попередньо відбувався процес в'янення.

$$\text{КП} = \text{Ву} \times \text{Вв}.$$

У кожному досліді брали по п'ять листків з середнього ярусу. Повторність – трьохразова.

Виклад основного матеріалу. У дослідження залучали 25 сортів картоплі, згідно методики Ф.Ф. Мацкова [5] визначали жаростійкість сортів картоплі. Враховуючи те, що умови періоду вегетації 2024 р. характеризувались водним дефіцитом вивчали вплив цього фактору на продуктивність сортів, порівнюючи з проявом властивості в 2025 р.

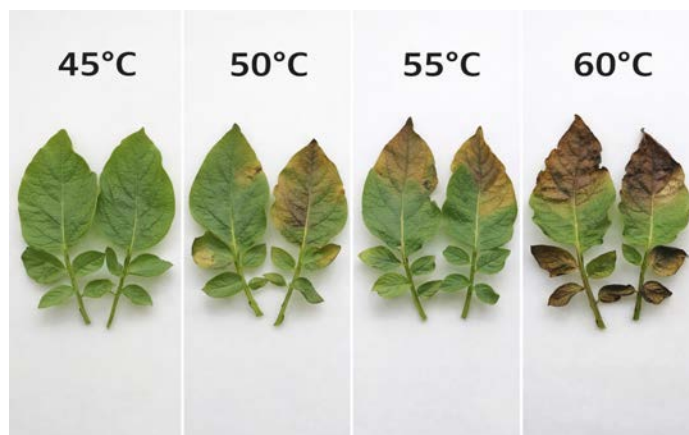
Жаростійкість оцінювали лабораторним методом короткочасного термічного навантаження, який моделює дію підвищених температур на листову тканину. Листки занурювали у водяне середовище, нагріте до 45, 50, 55 та 60 °С, на фіксований проміжок часу (1-9 хв). Після прогрівання зразки охолоджували та витримували в темряві за кімнатної температури протягом 48–72 годин, після чого оцінювали ступінь некротизації листкової пластинки за бальною шкалою (табл. 1).

Таблиця 1

Шкала балів для оцінки ступеня некрозу листкової тканини

Бали	Побуріння листкової тканини. % площі
0	відсутнє
1	До 25
2	26-50
3	51-75
4	76-100

Застосовані температурні режими мають модельний характер і не відображають безпосередньо польові умови, а використовуються для створення контрольованого теплового стресу з метою порівняльної оцінки термотолерантності сортів і встановити межі їх адаптивного потенціалу (Рис. 1). Потім оцінювали площу пошкодження – побуріння, або некрозу; кроточасного нагріву (Рис. 2).

*Рис. 1. Лабораторного визначення жаростійкості листків картоплі**Рис. 2. Оцінка площі пошкодження листкової поверхні*

Аналогічні методики використовуються в овочівництві, злакових, бобових – для імітації «теплого шоку» та вивчення терmostійкості.

Результати досліджень та їх обговорення. Встановлено суттєву диференціацію сортів картоплі за всіма досліджуваними показниками. За водоутримуючою здатністю більшість сортів формували одновершинний розподіл із домінуванням середніх значень, що свідчить про обмежену мінливість ознаки. Водночас водовідновлююча здатність характеризувалася значно ширшим діапазоном варіації, що вказує на різну швидкість відновлення водного балансу після стресу [17]. Оцінка жаростійкості показала, що у чутливих сортів початкові ознаки некротизації з'являлися вже за температури 45 °С, тоді як у більш стійких – лише при 55–60 °С.

За цією ознакою виділено три групи сортів: маложаростійкі (45–50 °С), середньо-жаростійкі (50–55 °С) та високожаростійкі (55–60 °С). Порівняльний аналіз урожайності в посушливий 2024 рік засвідчив, що сорти з пізнішим початком некротизації листків характеризувалися меншим зниженням продуктивності. Кореляційний аналіз виявив слабкий позитивний зв'язок між урожайністю та жаростійкістю і середній позитивний зв'язок між урожайністю та показниками водного режиму листків.

За водоутримуючою здатністю найкраще проявили себе сорти: Пікассо, Серпанок, Нагорода, Летана, Тирас, Купава, Санте, Щедрик ($V_u = 0,3\text{--}0,5$ (табл. 2).

Таблиця 2

Коефіцієнт водоутримуючої здатності

Сорт	коефіцієнт
Нагорода	0,5
Ред Скарлет	0,5
Тирас	0,4
Летана	0,4
Санте	0,4
Ажур	0,3
Обрій	0,4
Щедрик	0,3
Алюет	0,3

За здатністю до водовідновлення найвищі показники мали сорти: Луговська, Мирослава, Придеснянська, Хортиця, Солоха, Факел ($V_v > 0,8$).

Жаростійкість варіювала в межах 45–60 °С. Найбільшу терmostійкість виявили сорти: Гатчинська, Обрій, Українська рожева, Фотинія.

Наведено показники водного режиму листків сортів картоплі (табл. 3, табл. 4).

Отримані дані свідчать, що жаростійкість є важливою складовою адаптивного потенціалу сортів картоплі, однак реалізується у тісному взаємозв'язку з водним забезпеченням рослин з результатами досліджень (табл. 4-5).

Обчислення зміни врожайності здійснювали за формулою :

$$\Delta Y(\%) = (Y_{\text{контроль}} - Y_{\text{стрес}}) / Y_{\text{контроль}} \times 100\%$$

де: Y – контроль,

$Y_{\text{контроль}}$ – урожайність у сприятливих умовах,

$Y_{\text{стрес}}$ – урожайність у посушливих умовах.

Таблиця 3

Показники водного режиму листків сортів картоплі (середні значення)

Сорт	Залишковий водний дефіцит, %	Водоутримуюча здатність (Ву)	Водовідновлююча здатність (Вв)	Коефіцієнт посухостійкості
Обрій	28,4	0,48	0,86	0,41
Світанок кийвський	30,1	0,46	0,84	0,39
Бородянська рожева	31,7	0,45	0,82	0,37
Санте	35,2	0,42	0,78	0,33
Українська рожева	34,9	0,44	0,80	0,35
Звіздаль	48,6	0,36	0,63	0,23
Щедрик	50,2	0,35	0,60	0,21

Таблиця 4

Лабораторна оцінка жаростійкості сортів картоплі (45–60 °С)

Сорт	Температура початку некрозу, °С	Ступінь пошкодження при 60 °С, %	Група жаростійкості
Обрій	60	25	Висока
Світанок кийвський	60	28	Висока
Бородянська рожева	55	32	Висока
Українська рожева	55	35	Середня
Санте	50	48	Середня
Славянка	45	65	Низька
Щедрик	45	68	Низька

Таблиця 5

Вплив посушливих умов на врожайність сортів картоплі (2024-2025 р.)

Сорт	Урожайність у сприятливий 2025 рік, т/га	Урожайність у посушливий 2024 рік, т/га	Зміна врожайності, %
Обрій	32,4	29,8	–8,0
Світанок кийвський	30,6	28,9	–5,6
Бородянська рожева	31,2	29,4	–5,8
Санте	29,8	24,3	–18,5
Українська рожева	28,6	23,1	–19,2
Зарево	27,9	18,4	–34,1
Щедрик	28,1	17,9	–36,3

Аналіз даних таблиці свідчить про суттєву сортову диференціацію за реакцією на посушливі умови року. У всіх досліджуваних сортів у 2024 р. зафіксовано зниження врожайності порівняно зі сприятливим 2025 роком, однак ступінь зниження був неоднаковим, що відображає різний рівень адаптивності генотипів до водного стресу.

Сорти з високою адаптивністю (рекомендовані)

Найменше зниження врожайності відмічено у сортів:

Світанок київський – зниження на 5,6%

Бородянська рожева – зниження на 5,8%

Обрій – зниження на 8,0%

Ці сорти характеризуються високою стабільністю продуктивності в умовах посухи, що свідчить про їх підвищену посухостійкість і загальний адаптивний потенціал. Незначні втрати врожайності дозволяють рекомендувати їх:

- для вирощування в регіонах із нестійким зволоженням;
- для використання як батьківські форми у селекційних програмах, спрямованих на підвищення адаптивності;
- як базові сорти для виробництва в умовах кліматичних змін.

Рекомендовані сорти (пріоритет): Світанок київський, Бородянська рожева, Обрій. Сорти з середньою стійкістю (обмежено рекомендовані). Сорти: Санте – зниження врожайності на 18,5%, Українська рожева – зниження на 19,2% характеризуються помірною чутливістю до посушливих умов. Вони можуть забезпечувати задовільний рівень урожайності лише за умови: оптимального зволоження; застосування зрошення; вирощування в регіонах із більш стабільним водним режимом. Рекомендація: доцільні для інтенсивних технологій, або зрошуваних умов, але менш придатні для екстенсивного вирощування у посушливих регіонах.

Сорти з низькою адаптивністю (не рекомендовані для посушливих умов).

Найбільше зниження врожайності зафіксовано у сортів: Зарево -34,1%; Щедрик -36,3%. Таке різке зменшення продуктивності свідчить про високу чутливість до водного стресу та низьку екологічну пластичність цих сортів. Їх вирощування в умовах посухи супроводжується значними втратами врожаю, що робить їх економічно ризикованими (табл. 6).

Таблиця 6

Кореляційні зв'язки між фізіолого-біохімічними показниками та урожайністю

Показник	Коефіцієнт кореляції (r)	Характер зв'язку
Урожайність × водоутримуюча здатність	+0,55	Середній позитивний
Урожайність × водовідновлююча здатність	+0,56	Середній позитивний
Урожайність × жаростійкість	+0,32	Слабкий позитивний
Урожайність × залишковий водний дефіцит	-0,48	Середнє

Отримані результати свідчать про чітку диференціацію сортів картоплі за всіма досліджуваними показниками. За параметрами водного режиму встановлено, що більшість сортів характеризуються відносно близькими значеннями забезпеченості рослин водою, тоді як залишковий водний дефіцит та водовідновлююча здатність мали значно ширший діапазон варіації. Це вказує на різну здатність

сортів підтримувати водний баланс в умовах посухи та швидко відновлювати його після зняття стресового навантаження. Виявлено, що сорти з високими показниками водовідновлюючої здатності, як правило, краще зберігають тургор листків, повільніше втрачають фотосинтетичну активність і характеризуються більшою стабільністю фізіологічних процесів.

Порівняльний аналіз урожайності у 2024-2025 р. з різними гідротермічними умовами показав, що більшість сортів реагує на посуху зниженням продуктивності. Водночас виявлено групу сортів, у яких зменшення врожайності було менш вираженим, або практично відсутнім, що свідчить про їхній вищий адаптивний потенціал. Саме ці сорти, як правило, поєднували підвищену жаростійкість із високими показниками водоутримуючої та водовідновлюючої здатності листків.

Кореляційний аналіз підтвердив наявність позитивного зв'язку між урожайністю та фізіолого-біохімічними показниками водного режиму, а також слабшого, але статистично значущого зв'язку між урожайністю і жаростійкістю.

Досліджена диференціація сортів при визначенні посухостійкості і жаростійкості лабораторними методами. З використанням кореляційної залежності доведена можливість застосування їх при визначенні жаростійкості і особливо водовідновлюючої і водоутримуючої здатності листків картоплі. Виділені окремі сорти, а саме: Ажур, Бородянська рожева, Світанок київський, у яких зафіксован негативний вплив посухи порівняно з іншими факторами відіграє меншу роль.

Лабораторна оцінка жаростійкості сортів картоплі в температурному діапазоні 45–60 °C дозволяє ефективно диференціювати сорти за рівнем тканинної термотолерантності. Найбільш інформативними показниками адаптивності є водоутримуюча та водовідновлююча здатність листків у поєднанні з реакцією на тепловий стрес. Сорти, у яких некротизація листової тканини проявляється лише при 55-60 °C, характеризуються вищою стабільністю врожайності в умовах посухи. Отримані результати доцільно використовувати у селекційних програмах зі створення сортів картоплі, адаптованих до умов підвищеної температури та дефіциту вологи.

Висновки. Отримані результати дають підстави стверджувати, що жаростійкість та посухостійкість сортів картоплі є складними багатокомпонентними ознаками, які формуються в результаті взаємодії різних фізіологічних механізмів. Жаростійкість, оцінена за реакцією листової тканини на короткочасний тепловий стрес, відображає потенційну здатність клітин зберігати структурну цілісність і функціональну активність за підвищеної температури. Водночас, посухостійкість значною мірою визначається ефективністю регуляції водного балансу рослин і здатністю швидко відновлювати фізіологічні процеси після дії стресу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання в селекційних програмах, спрямованих на створення нових сортів картоплі, адаптованих до умов підвищеної температури та дефіциту вологи. Виділені сорти з відносно високою жаро- та посухостійкістю можуть бути рекомендовані, як вихідний матеріал для селекції, а також для вирощування в регіонах із нестабільним зволоженням та підвищеним температурним фоном. У подальшому доцільним є поєднання фізіолого-біохімічних методів оцінки з молекулярно-генетичними підходами, що дозволить поглибити уявлення про механізми адаптації картоплі до абіотичних стресів і підвищити ефективність селекційної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ávila-Valdés A., Quinet M., Lutts S., Martínez J. P., Lizana X. C. Tuber yield and quality responses of potato to moderate temperature increase during Tuber bulking under two water availability scenarios. *Field Crops Research*. 2020. Vol. 251. P. 107786. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107786>.
2. Boguszewska-Mankowska D., Pieczynski M., Wyrzykowska A., Kalaji H.M., Sieczko L., Szweykowska-Kulińska Z., Zagdańska B. Divergent strategies displayed by potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars to cope with soil drought. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2018. Vol. 204, Issue 1. P.13–30. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12245>
3. Chang D. C., Jin Y. I., Nam J. H., Cheon C. G., Cho J. H., Kim S. J. et al. Early drought effect on canopy development and tuber growth of potato cultivars with different maturities. *Field Crops Research*. 2018. Vol. 215. P. 156–162. DOI:10.1016/j.fcr.2017.10.008
4. Литвинов Л. С. Методика визначення посухостійкості рослин у лабораторних умовах. Фізіологія і біохімія культурних рослин. 1987. Т. 19, № 3. С. 245–250.
5. Мацков Ф. Ф. Жаростійкість рослин та методи її визначення. *Вісник аграрної науки*. 1992. № 7. С. 47–51.
6. Chen D., Neumann K., Friedel S., Kilian B., Chen M., Altmann T., Klukas C. Dissecting the phenotypic components of crop plant growth and drought responses based on high-throughput image analysis. *The Plant Cell*. 2014. Vol. 26, Issue 12. P.4636–4655. DOI:10.1105/tpc.114.129601.
7. Monneveux P., Ramírez D. Drought and heat tolerance evaluation in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato Research*. 2014. Vol. 57, № 3-4. P. 225–247.
8. Martínez I. et al. Evaluating the drought tolerance of seven potato varieties. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. P.33-39.
9. Соколова Л. І. Фізіолого-біохімічні основи водного обміну рослин. К.: Урожай, 2002. 184 с.
10. Бабич А. О. Посухостійкість сільськогосподарських культур: методи оцінки та шляхи підвищення. К.: Аграрна наука, 2014. 236 с.
11. Гвоздяк Р. І. Стреси рослин: адаптація, стійкість, продуктивність. Київ: Логос, 2000. 360 с.
12. Клименко С. О., Василенко В. М. Адаптивний потенціал сортів картоплі в умовах змін клімату. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 32–37.
13. Подгаєцький А. А., Бондус Р. О. Оцінка посухо- і жаростійкості сортів картоплі. *Вісник державного аграрного університету*. Агрономія і біологія. Вип. 4. Суми. 2000. С.28-32.
14. FAOSTAT (2020). FAOSTAT crop data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: (дата звернення: 17. 01. 2026).
15. Bach S., Yada R. Y., Bizimungu B., Sullivan J. A. Genotype by environment interaction effects on fibre components in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*. 2012. Vol.187. P. 77–86. doi.org/10.1007/s10681-012-0734-9
16. Верменко Ю.Я., Демкович Я.Б., Остренко М. В. Споживча, лікувальна цінність та придатність до переробки різних сортів картоплі. *Агробіологія*. 2016. 1 (124). С. 66–72.
17. Подгаєцький А.А., Кравченко Н.В., Шаповал Р.М. Енергія проростання та польова схожість насіння картоплі від схрещування та самозапилення. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: Агрономія і біологія. 2021. Вип. 3 (45). С.38-44.
18. Кравченко Н.В., Подгаєцький А.А., Христенко А.О., Задорожний А.Л., Четверик Б.М. Пошук стійкості до м'якої гнилі картоплі в умовах Північно-східного Лісостепу України. *Український журнал природничих наук*. Видавничий дім «Гельветика». 2025. Вип.11. С.152-161.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.358:632.7(477.41)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.9>

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ГОРОХУ ПРОТИ СИСНИХ ШКІДНИКІВ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Кривенко А.І. – д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри захисту, генетики і селекції рослин
Одеський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-2133-3010

Усов Р.М. – аспірант кафедри захисту, генетики і селекції рослин
Одеський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0003-2282-7025

Мета статті – вивчення видового складу сисних шкідників на посівах гороху; оцінки впливу пошкоджень, завданих попелицями на якісні показники; визначенні біологічної (ефективності дії) та господарської ефективності застосування сучасних інсектицидів для обприскування рослин гороху проти попелиці. Застосовано сукупність загальнонаукових методів і підходів емпіричного та теоретичного пізнання: абстрактно-логічний, статистичний, моделювання, узагальнення. Результати досліджень. Обприскування рослин в період вегетації суттєво підвищувало біометричні показники гороху. В порівнянні з контролем, де не проводилося обприскування, на варіантах досліді рослини були краще розвинуті в середньому на 4,0-6,5%. Чисельність особин шкідників визначали до обробки, на 3-й, 7-й дні після обприскування та перед збиранням урожаю. Погодні умови у період досліджень, були не досить сприятливими для розвитку шкідників. Однак, чисельність їх у період стиглості, була на рівні економічного порогу шкодочинності (ЕПШ), і в середньому становила 403,5 екз/100 помахів сачка. Захист посіву гороху інсектицидами Карате Зеон 050 SC, KC з нормою витрати – 0,13 л/га та Коннект 112,5 SC, KC) – 0,5 л/га, був найбільш надійним, ефективність дії у варіантах на 10 добу складала 62,5 та 63,2% відповідно. Обприскування рослин гороху проти попелиці препаратом Енжіо 247 SC, KC нормою витрати 0,18 л/га, забезпечило ефективність дії на 55,4%. У вегетаційні періоди 2023-2025 рр. кількість бобів на рослині, насіння в бобах та його маса в усіх варіантах досліді, була не однаковою. Найменшими, ці показники були на контрольному варіанті. На таких ділянках, де насіння гороху висівали не протруєним, на одній рослині зав'язувалось 3,9-4,2 боби, в яких формувалось 3,2-4,0 насінини, маса 1000 штук не перевищувала 198-203 г. Значно кращими, були показники структури урожайності гороху у варіантах, де проводився інсектицидний захист рослин. На таких варіантах, на кожній рослині нараховувалось в середньому 4,2 боби, які містили 4,1 насінин. Маса 1000 насінин в таких зразках, збільшувалась до 205-213 г. Урожайність сягала від 2,616 до 2,755 ц/га, проти 2,145 т/га зібраних з контрольних ділянок.

Застосування інсектицидів у період вегетації, забезпечувало істотне зниження пошкоженості рослин попелицями. Найвищу біологічну ефективність на 7-10 добу після обприскування, показали препарати на основі імідаклоприду з бета-цифлутрином та лямбда-цигалотрину, де ефективність дії становила 62,5-68,9%, що достовірно перевищувало показники контролю. Обробка посівів інсектицидами, позитивно впливала на біометричні показники рослин та елементи структури врожаю: збільшувалася висота рослин, кількість бобів на рослині, число насінин у бобі та маса 1000 насінин. У результаті урожайність гороху, зростала на 0,44-0,58 т/га порівняно з контролем. Найвищі господарські показники отримано у варіантах із застосуванням препаратів на основі імідаклоприду з бета-цифлутрином та лямбда-цигалотрину, де урожайність становила 2,79-2,80 т/га проти 2,21 т/га на контролі, що свідчить про їх економічну доцільність у виробничих умовах.

Ключові слова: гороху (*Pisum sativum* L.), інсектициди, попелиці, висота рослин, кількість бобів на рослині, число насінин у бобі, маса 1000 насінин.



© Кривенко А.І., Усов Р.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Kryvenko A.I., Usov R.M. Substantiation of the effectiveness of pea protection measures against sucking pests in the conditions of the forest-steppe of Ukraine

The purpose of the article is to study the species composition of sucking pests on pea crops; assess the impact of damage caused by aphids on quality indicators; determine the biological (effectiveness of action) and economic efficiency of using modern insecticides for spraying pea plants against aphids. A set of general scientific methods and approaches of empirical and theoretical knowledge was applied: abstract-logical, statistical, modeling, generalization.

Research results. Spraying plants during the growing season significantly increased the biometric indicators of peas. Compared to the control, where spraying was not carried out, the plants in the experimental variants were better developed by an average of 4.0-6.5%. The number of pest individuals was determined before treatment, on the 3rd, 7th day after spraying and before harvesting. Weather conditions during the research period were not favorable enough for the development of pests. However, their number during the ripening period was at the level of the economic threshold of pest activity (ETI), and on average was 403.5 individuals/100 sweeps of the net. Protection of pea crops with insecticides Karate Zeon 050 CS, KS with a consumption rate of 0.13 l/ha and Connect 112.5 SC, KS) – 0.5 l/ha, was the most reliable, the effectiveness of the action in the 10-day options was 62.5 and 63.2%, respectively. Spraying pea plants against aphids with the drug Engio 247 SC, KS at a consumption rate of 0.18 l/ha, provided an efficiency of 55.4%. In the growing seasons of 2023-2025, the number of beans on the plant, seeds in the beans and their weight in all variants of the experiment were not the same. The lowest, these indicators were in the control variant. In such areas, where pea seeds were sown unprocessed, 3.9-4.2 beans were tied on one plant, in which 3.2-4.0 seeds were formed, the weight of 1000 pieces did not exceed 198-203 g. The indicators of the structure of pea yield were significantly better in the variants where insecticidal plant protection was carried out. In such variants, each plant had an average of 4.2 beans, which contained 4.1 seeds. The weight of 1000 seeds in such samples increased to 205-213 g. The yield ranged from 2.616 to 2.755 c/ha, compared to 2.145 t/ha collected from control plots.

Conclusions. The use of insecticides during the growing season provided a significant reduction in plant damage by aphids. The highest biological efficiency on the 7th–10th day after spraying was shown by preparations based on imidacloprid with beta-cyfluthrin and lambda-cyhalothrin, where the efficiency of action was 62.5–68.9%, which significantly exceeded the control indicators.

Treatment of crops with insecticides had a positive effect on biometric indicators of plants and elements of the crop structure: plant height, the number of beans per plant, the number of seeds in a bean and the weight of 1000 seeds increased. As a result, the yield of peas increased by 0.44–0.58 t/ha compared to the control.

The highest economic indicators were obtained in variants using preparations based on imidacloprid with beta-cyfluthrin and lambda-cyhalothrin, where the yield was 2.79–2.80 t/ha versus 2.21 t/ha in the control, which indicates their economic feasibility in production conditions.

Key words: peas (*Pisum sativum* L.), insecticides, aphids, plant height, number of beans per plant, number of seeds per bean, weight of 1000 seeds

Постановка проблеми. Сучасні трансформаційні процеси в аграрному секторі України, зумовлюють необхідність пошуку ефективних і водночас екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема зернобобових. Горох, як важливе джерело рослинного білка та потужний фітомеліорант відіграє ключову роль у біологізації землеробства, однак останніми роками, спостерігається істотне скорочення площ його посівів, що ускладнює забезпечення потреб населення в якісній білковій продукції.

Одним із головних чинників, що обмежують реалізацію продуктивного потенціалу гороху, залишаються шкідливі комахи, зокрема сисні фітофаги, які пошкоджують вегетативні та генеративні органи рослин, знижують урожайність і погіршують якісні показники зерна. Видове різноманіття шкідників гороху, їхня висока чисельність та адаптивність до різних ґрунтово-кліматичних умов, особливо в зоні Лісостепу України, зумовлюють необхідність постійного удосконалення систем захисту посівів.

Водночас зростає усвідомлення обмеженості традиційних підходів, заснованих переважно на хімічному контролі фітофагів, що актуалізує потребу у науково обґрунтованій оцінці ефективності сучасних інсектицидів і технологічних заходів захисту з урахуванням їх біологічної, господарської та економічної доцільності. Недостатня кількість систематизованих даних, щодо шкодочинності сисних шкідників у сучасних агроценозах гороху та результативності різних заходів захисту, обумовлює необхідність проведення цілеспрямованих досліджень у цьому напрямі.

Таким чином, актуальною є проблема розроблення й обґрунтування ефективних систем захисту гороху від сисних шкідників в умовах Лісостепу України з метою стабілізації врожайності культури, підвищення якості продукції та забезпечення сталого розвитку зернобобового виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток аграрного сектору України характеризується значною різноманітністю організаційних форм, структур землекористування, технологій обробітку ґрунту та систем сівозмін, що зумовлено трансформаційними процесами в економіці й переосмисленням традиційних підходів до землеробства. Дослідники відзначають, що така «строкатість» у розвитку сільського господарства є не лише наслідком змін форм власності та руйнування усталених господарських зв'язків, а й результатом пошуку нових моделей аграрного виробництва, здатних забезпечити стабільну рентабельність і екологічну стійкість агросистем [1].

У наукових публікаціях останніх років, дедалі більше поширюється думка про обмеженість ефективності інтенсифікаційних заходів, зокрема надмірного застосування хімічних засобів захисту рослин і мінеральних добрив або впровадження генетично модифікованих культур. Натомість наголошується на важливості оптимізованих сівозмін, у яких поєднуються високорентабельні культури (соняшник, цукрові буряки) з рослинами-фітомеліорантами, що сприяють відновленню родючості ґрунту, накопиченню біологічного азоту та покращенню його фізико-хімічних властивостей [2].

Особливу увагу, в сучасних дослідженнях приділено зернобобовим культурам, зокрема гороху (*Pisum sativum* L.), який завдяки симбіотичній фіксації атмосферного азоту та здатності мобілізувати важкодоступні форми поживних речовин відіграє ключову роль у біологізації землеробства [3]. Автори підкреслюють, що горох є одним із найкращих попередників для зернових культур, сприяє зростанню їх урожайності та зменшенню потреби в мінеральних добривах [4].

Історичні та агробіологічні дослідження свідчать, що горох є однією з найдавніших культур, батьківщиною якої вважають Південно-Західну Азію, а на території України він вирощується з давніх часів [4]. За сучасними статистичними оцінками, Україна входить до трійки світових лідерів за обсягами виробництва зерна гороху, хоча площі його посівів упродовж останніх років суттєво скоротилися – з 1,2–1,6 млн га до близько 0,5 млн га, що загострює проблему забезпечення населення рослинним білком [5].

Сучасні дослідження підтверджують, що серед факторів, які істотно обмежують реалізацію потенційної врожайності гороху, провідне місце займають шкідливі комахи. За даними новітніх фітосанітарних моніторингів, у посівах гороху в Україні реєструється понад 70 видів фітофагів, серед яких економічно значущими є близько 25–30 видів, здатних формувати осередки масового розмноження та спричиняти істотні втрати врожаю [6–8].

У сучасній ентомологічній літературі шкідників гороху, залежно від кормової спеціалізації, поділяють на поліфагів і спеціалізовані види. Поліфаги

пошкоджують широкий спектр культурних і дикорослих рослин, тоді як спеціалізовані фітофаги трофічно пов'язані переважно з представниками родини *Fabaceae*, зокрема родами *Pisum*, *Vicia* та *Lathyrus* [2, 7]. Такий поділ має важливе значення для прогнозування фітосанітарного стану агроценозів та розроблення адаптованих систем захисту.

Дослідження останніх років, також підтверджують сезонну динаміку появи фітофагів на посівах гороху, що дозволяє виділяти весняну, літню та осінню групи шкідників, які відрізняються спектром видів та ступенем шкодочинності [3, 7, 9]. Водночас кліматичні зміни, сприяють подовженню періоду вегетації окремих видів і зростанню їх чисельності, що підсилює фітосанітарний тиск на посіви зернобобових культур [8]. Залежно від органів рослин, що зазнають ушкодження, сучасні автори виділяють ґрунтоживучих шкідників, фітофагів сходів, листогризучих комах і шкідників генеративних органів гороху [7]. Найбільш небезпечними на початкових етапах органогенезу є бульбочкові довгоносики (*Sitona* spp.), дріт'яники та личинки хрущів, які пошкоджують кореневу систему й азотфіксуючі бульбочки, що негативно впливає не лише на урожайність, а й на біологічну роль культури в агроценозі [6, 7].

Серед сисних шкідників провідне місце належить попелицям, передусім гороховій (*Acyrtosiphon pisi* Kalt.), люцерновій (*Aphis medicaginis* Koch.) та бобовій (*Aphis fabae* Scop.), які здатні не лише безпосередньо знижувати продуктивність рослин, а й виступати переносниками вірусних хвороб [10]. Сучасні експериментальні дані свідчать, що навіть середній рівень заселення посівів попелицями, може призводити до зниження врожайності гороху на 15–30%, а за масового розмноження втрати можуть перевищувати 35% [7, 11].

У період формування генеративних органів, значної шкоди завдають горохова плоджерка (*Cydia nigricana* F.), бобова вогнівка, а також зерноїди роду *Bruchus*, зокрема *Bruchus pisorum* L., які знижують масу, посівні та товарні якості зерна [2]. За даними сучасних досліджень, пошкодженість насіння зерноїдами може сягати 25–40%, що істотно зменшує економічну ефективність вирощування культури [8].

Актуальні публікації, також акцентують увагу на регіональних особливостях поширення та шкодочинності фітофагів. У зоні Лісостепу України домінують попелиці, бульбочкові довгоносики та горохова плоджерка, тоді як у степових регіонах більшу небезпеку становлять зерноїди та бобова вогнівка [6, 8]. Такі особливості, зумовлюють необхідність розроблення зонально адаптованих систем захисту гороху. Отже, аналіз сучасних досліджень свідчить, що комплекс шкідників гороху характеризується високою видовою різноманітністю, сезонною мінливістю та значною шкодочинністю. Це спонукає до необхідності подальших досліджень, щодо вдосконалення інтегрованих систем захисту культури з урахуванням регіональних особливостей, кліматичних змін і сучасного асортименту інсектицидів.

Мета досліджень полягала у вивченні видового складу сисних шкідників на посівах гороху; оцінки впливу пошкоджень, завданих попелицями на якісні показники; визначенні біологічної (ефективності дії) та господарської ефективності застосування сучасних інсектицидів для обприскування рослин гороху проти попелиці.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводилися в умовах польової сівозміни ТОВ «СИЛКАТ-1» Черкаської області протягом 2023-2025 рр., де горох висівали після пшениці озимої.

Для вирішення поставлених завдань, був поставлений польовий дрібноділянковий дослід за наступною схемою: 1) контроль – обробка водою; 2) обприскування

інсектицидом на основі діючої речовини: лямбда-цигалотрин – 5,0% (50 г/л) (Карате Зеон 050 CS, КС) з нормою витрати 0,13 л/га; 3) обприскування інсектицидом на основі діючої речовини: імідаклоприд – 10,0% (100 г/л) та бета-цифлутрин – 1,25% (12,5 г/л) (Коннект 112,5 SC, КС) – 0,5 л/га; 4) обприскування інсектицидом на основі діючої речовини: тіаметоксам – 14,1% (141 г/л) та лямбда-цигалотрин – 10,6% (106 г/л) (Енжіо 247 SC, КС.) – 0,18 л/га.

Польові досліді проводилися на сорті білкового гороху сербської селекції NS Seme підзимнього строку сівби НС Мороз, який призначений для вирощування зерна, його насіння відповідало ДСТУ 2240–93 та мало такі показники: чистота – 100%, енергія проростання – 92%, схожість – 97%, посівна придатність – 97%, вологість – 12,9%, маса 1000 насінин – 190 г.

У польових дослідях, проводили такі обліки та спостереження: встановлювали час появи сходів та контролювали динаміку їх розвитку, фіксували фази розвитку рослин; аналізували рослини на пошкодженість попелицями як безпосередньо в полі, так і в лабораторії після відбору та зважування рослинних проб; оцінювали ефективність інсектицидів для обприскування рослин у контрольованих умовах та визначали урожайність та масу 1000 насінин після збирання.

Ступінь пошкодження рослин попелицями визначали за чотирибальною шкалою:

0 бал – пошкодження відсутнє, рослини без зміни кольору; 1 бал – пошкодження слабке, спостерігається зміна кольору бобів і суцвіть без помітного відставання їх розвитку; 2 бали – пошкодження середнє, заселено близько $\frac{1}{4}$ поверхні суцвіть і бобів з деякою зміною їх величини і форми; 3 бали – пошкодження сильне, заселено $\frac{1}{2}$ поверхні суцвіть і бобів, що супроводжується різною деформацією та втратою кольору у частини суцвіття чи бобів; 4 балів – заселено і пошкоджено $\frac{3}{4}$ поверхні суцвіть і бобів, частина з них повністю загинула, інші – деформовані, відстають у рості.

Середній бал пошкодження рослин визначали, як відношення суми добутоків кількостей рослин, пошкоджених по кожному балу окремо, на показники балів – до загальної кількості пошкоджених рослин.

Відсоток пошкоджених рослин вираховували як співвідношення їх числа до загальної кількості рослин в обліку.

Для біологічної групи вираховували коефіцієнт заселення рослин шкідниками за формулою:

$$R = A \times B / 100,$$

де R – коефіцієнт пошкодження рослин;

A – відсоток пошкоджених рослин;

B – середній бал пошкодження.

Для оцінки шкодочинності користувалися загальноприйнятими економічними порогами.

Оцінку ефективності та дії інсектицидів для обприскування рослин проти попелиці, здійснювали за допомогою польових садків-ізоляторів. Садки встановлювали на дослідній ділянці на рядки із сходами гороху, куди підсаджували, як правило, по 100 особин шкідника.

Ефективність дії інсектицидів при токсикації сходів визначали також і за зниженням пошкодженості рослин. Її розраховували за формулою:

$$E_d = \frac{K_K - K_{\phi}}{K_K} \times 100,$$

де E_d – ефективність дії, %; K_k – коефіцієнт пошкодження у контролі; K_v – коефіцієнт пошкодження у досліджуваному варіанті [12, 27].

Результати дослідів опрацьовано методом дисперсійного аналізу за загальноприйнятими методами та за допомогою комп'ютерних програм „Statistica” версія 8.0.

Виклад основного матеріалу дослідження. За результатами проведених досліджень протягом 2023-2025 рр. в агробіоценозі гороху, було виявлено 51 види багатодітних та спеціалізованих фітофагів. Серед них, потенційними шкідниками гороху є 28 видів. З ряду *Homoptera*, частка якого складала 29,7%, на горосі було виявлено представників родин *Cercopidae*, *Psyllodea*, *Aleyrododea*, *Coccidea*, які були поодинокими і ні господарського, ні економічного значення для гороху не мали. Серед наведених груп найважливіше значення мали попелиці з родини *Aphididae*.

Нижче, наведено визначені види комах ряду рівнокрилих на посівах різних бобових культур (табл. 1).

Таблиця 1

Видовий склад шкідників ряду *Homoptera* на посівах бобових культур, ТОВ «СИЛКАТ-1» Черкаської області, (середнє за 2023–2025 рр.)

Родина, вид	Наявність фітофагів на посівах бобових культур		
	Горох	Конюшина	Люцерна
1	2	3	4
<i>Cercopidae</i>	+	+	+
<i>Philaenus spumarius</i> L.	+	±	-
<i>Aphrophora almi</i> Fall.	+	-	+
<i>Membracidae</i>	+	+	+
<i>Centrotus cornutus</i> L.	-	+	+
<i>Cicadula sexnotata</i> Fll.	+	-	+
<i>Aphididae</i>	+	+	+
<i>Trifidaphis phaseoli</i> Pass.	-	+	-
<i>Trama radialis</i> Kalt.	-	+	-
<i>Tlierioaphis ononidis</i> Kalt.	-	+	-
<i>Acyrtosiphon pisi</i> Kalt.	+	+	-
<i>Medonra visia</i> Kalt.	-	-	+
<i>Aphis medicaginis</i> Kach.	+	+	+
<i>Aphis fabae</i> Scop.	+	+	-
<i>Aphis craccae</i> L.	-	-	+

Умовні позначення: + – виявлений як шкідник культури;

± – виявлений як другорядний вид (можливо випадковий);

– – вид не є шкідником даної культури.

Проблема високої чисельності цих фітофагів є актуальною постійно, оскільки горох пошкоджується ними кожного року. Без її вирішення, неможливо створювати системи заходів захисту культури, а також визначати їх економічну ефективність.

Нами встановлено, що на горосі було виявлено п'ять видів попелиць (*Acyrtosiphon pisi* Kalt., *Medonra visia* Kalt., *Aphis medicaginis* Kach., *Aphis fabae* Scop. та *Aphis craccae* L.). Найбільш чисельною була *Acyrtosiphon pisi* Kalt. (горохова попелиця), частка якої становила 93,7% (рис. 1).

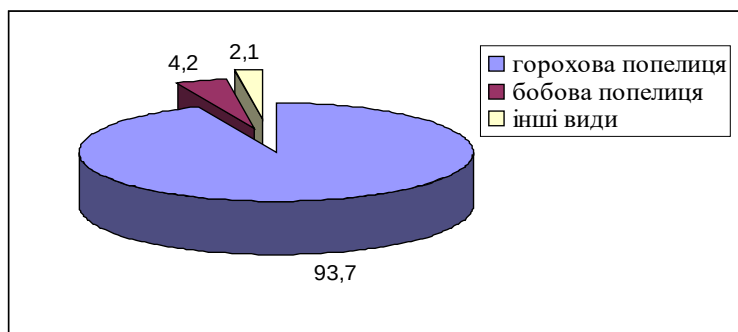


Рис. 1. Співвідношення видів з ряду Homoptera, ТОВ «СИЛІКАТ-1» Черкаської області, (середнє за 2023–2025 рр.)

Нами виявлено, що горохова попелиця – *Acyrtosiphon pisi* Kalt. була найбільш чисельною, було вирішено, проводити дослід по вивченню її біологічних особливостей та динаміки розвитку протягом всіх років досліджень.

Встановлено, що поява горохової попелиці (*Acyrtosiphon pisi* Kalt.) на посівах гороху, була тісно пов'язана з погодними умовами конкретних вегетаційних періодів, зокрема температурою повітря та кількістю опадів.

Появу попелиці у 2023 році, фіксували вже починаючи з кінця квітня, але її розвиток на горосі у травні-червні стримувався нестабільними опадами. Сильні дощі та грози у червні, часто змивали шкідника, що заважало утворенню щільних колоній. Так, протягом травня-червня її чисельність не перевищувала 568 екз. на 100 помахів сачка, даний показник був максимальним у третій декаді травня, на яку і припадав спалах чисельності шкідника в цей сезон.

М'які зимові умови 2023–2024 рр., сприяли високому відсотку виживання зимуючих стадій шкідника (яєць на багаторічних бобових). Помірно теплі весняні умови, забезпечували швидку зміну поколінь. На відміну від 2023 р., коли сильні зливи та град механічно змивали попелиць починаючи з кінця третьої декади травня, у 2024 році погодні умови сприяли розвитку цього фітофага. Розвиток шкідника, був прискореним завдяки теплій погоді травня, тому спостерігалася динаміка щодо зростання його чисельності, порівняно з 2023 та 2025 роками. Спостерігалися рекордні спалахи розмноження попелиці, які тривали з другої декади травня по другу червня, цьому сприяла тепла погода і незначні опади. Максимальна чисельність попелиць цього року, досягала 1484 екз. на 100 помахів сачка у першій декаді червня. У подальшому нестача рослин для живлення на початку липня, негативно вплинула на розвиток попелиці, знижуючи щільність її популяції до рівня нижчого за ЕПШ.

У 2025 році погодні умови, відзначалися аномально високими температурами та нерівномірним розподілом опадів. За даними метеорологічних спостережень, даний рік в Україні став одним із найтепліших, з температурами, що перевищували багаторічні кліматичні норми у всіх регіонах, та нерівномірним випаданням опадів, зокрема дефіцитом в травні та вересні (опад становили лише 23–36% від норми) при загальній сумі, близькій до кліматичної норми. У цих умовах, попелиця почала активно заселяти посіви, а вже в третій декаді травня, коли середньодобові температури, були вищими за середньобагаторічні (понад +18...+20 °C), а кількість опадів була недостатньою для пригнічення її розвитку, досягала максимуму

чисельності 876 особин на 100 помахів сачка. За умов спекотного бездошового літа усі багаторічні бобові трави в ТОВ «СИЛКАТ-1» Черкаської області були скошені, що стало причиною подальшої значної чисельності попелиці на горосі у першій і другій декадах червня, коли щільність її популяції досягала від 568 до 670 особин на 100 помахів сачка (рис. 2).

Проводячи аналіз років досліджень, можна стверджувати, що 2024 рік був найбільш сприятливим для розвитку попелиці, так як він поєднав у собі вдалу перезимівлю та оптимальний температурний режим для розмноження шкідника, без критичного абіотичного фактору (змивних опадів або вбивчої спеки). Щільність популяції фітофага цього року, були рекордно високими з другої декади травня по другу декаду червня, досягаючи у середньому 729 екз. на 100 помахів сачка.

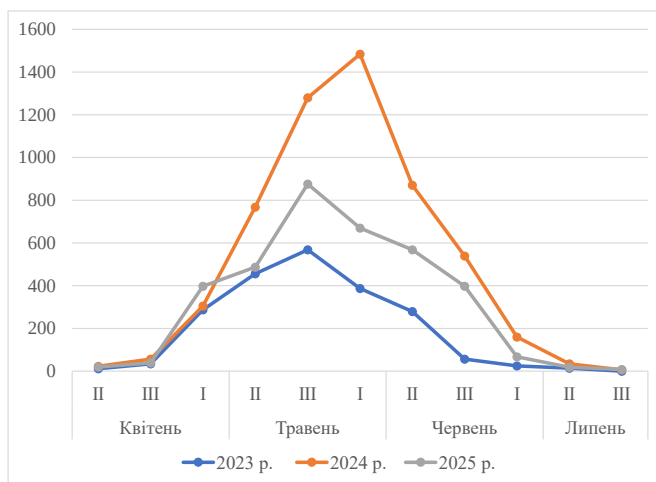


Рис. 2. Сезонна динаміка чисельності горохової попелиці в умовах ТОВ «СИЛКАТ-1» Черкаської області, 2023–2025 рр.

Таким чином, систематичні обліки та спостереження показали, що чисельність попелиці на посівах гороху протягом вегетаційних періодів 2023–2025 рр. стабільно перевищувала економічний поріг шкодочинності. Це свідчить, про високий рівень заселення рослин даними фітофагами та потенційну загрозу для врожайності та якісних показників насіння.

З огляду на значну щільність популяції попелиць, виникла нагальна потреба у комплексному дослідженні ефективності застосування сучасних інсектицидів для обприскування рослин гороху з метою контролю чисельності цих шкідників. Такі дослідження, дозволяють оцінити не лише біологічну ефективність препаратів, але й їх господарську та економічну доцільність у конкретних польових умовах.

З наведених даних видно, що серед комплексу фітофагів гороху значних втрат посівам завдають сисні шкідники, зокрема попелиці. При живленні комахи виділяють слину всередину тканини рослин або їх органів, а потім висмоктують підготовлені ферментами продукти гідролізу (поза кишкове травлення). Як наслідок – у рослинах порушуються процеси обміну речовин. Цим і пояснюються не тільки кількості, але і якісні втрати врожаю зерна. При захисті гороху від цих

небезпечних фітофагів основним методом залишається хімічний. Для раціонального й ефективного захисту культури, нами наведені відповідні дані щодо особливостей розвитку та шкідливості цих видів.

Дані досліджень свідчать: у Лісостеповій зоні з родини Рівнокрилих домінує горохова попелиця. Горох пошкоджується попелицями у різні фенологічні фази його розвитку, проте великої шкоди вони завдають протягом періоду формування зернівки (імаго, личинки молодших віків), під час наливання (личинки) та дозрівання зерна (личинки, імаго нової генерації). Внаслідок пошкодження рослин, утворюється значна частина деформованих та шуплих зерен, що призводить до погіршення технологічних якостей зерна. Головним чинником втрат посівних якостей є пошкодження рослин, особливо за літньої посухи. За прохолодної погоди у квітні – травні проведення навіть ефективного захисту посівів інсектицидами короткої токсичної дії, не забезпечує зниження чисельності личинок до господарськи невідчутного рівня. Отже, для збереження якості зерна і ентомофагів (сонечок, мух-дзюрчалок, паразитичних перетинчастокрилих та інш.) акцент захисту гороху від попелиць переноситься на стадію вегетації культури.

При захисті посівів від попелиць (горохової, люцернової, бобової, бурякової та інші) слід враховувати деякі їх особливості. Так, горохова і люцернова попелиці найбільш шкідливі у фазі "сходи". Вони живляться переважно на листках, які потім жовтіють та в'януть. Бурякова попелиця живиться переважно на стеблі до фази молочної стиглості зерна. Токсична дія слини попелиць пригнічує розвиток рослин, до того ж ця слина може бути носієм вірусних захворювань (мозаїка і т. п.).

Сучасна концепція хімічного захисту рослин передбачає застосування інсектицидів проти комплексу шкідників. У даному разі такий захист цілком реальний у період вегетації, оскільки одночасно з попелицями, горох пошкоджують зерноїди, горохова плоджерка, тріпси, бульбочкові довгоносики.

Дуже важливо провести своєчасно хімічні заходи захисту. Більше того, запізнення із захисними заходами проти сисних шкідників на кілька днів і навіть добу призводить до значних кількісних втрат урожаю та якісних показників зерна гороху.

Спостереження за рослинами гороху і відповідні обліки на дослідних ділянках показали, що вже на ранніх стадіях росту і розвитку рослин мали місце відмінності між варіантами дослідів. Про це свідчать дані таблиці 2.

Як свідчать приведені дані, обприскування рослин в період вегетації суттєво підвищувало біометричні показники гороху. В порівнянні з контролем, де не проводилося обприскування, на варіантах дослідів рослини були краще розвинуті в середньому на 4,0-6,5%.

Чисельність особин шкідників визначали до обробки, на 3-й, 7-й дні після обприскування та перед збиранням урожаю.

Погодні умови у період досліджень, були не досить сприятливими для розвитку шкідників. Однак, чисельність їх у період стиглості, була на рівні економічного порогу шкодочинності (ЕПШ), і в середньому становила 403,5 екз/100 помехів сачка.

Захист посіву гороху інсектицидами Карате Зеон 050 CS, КС з нормою витрати – 0,13 л/га та Коннект 112,5 SC, КС – 0,5 л/га, був найбільш надійним, ефективність дії у варіантах на 10 добу складала 62,5 та 63,2% відповідно. Обприскування рослин гороху проти попелиці препаратом Енжіо 247 SC, КС нормою витрати 0,18 л/га, забезпечило ефективність дії на 55,4% (табл. 2).

Таблиця 2

**Ефективність дії інсектицидів проти попелиці на посівах гороху
в умовах ТОВ «СИЛКАТ-1» Черкаської області, (середнє за 2023–2025 рр.)**

Варіант досліджу	Ефективність обприскування					
	на 7-у добу			на 10-у добу		
	пошкод- жено рослин, %	коєфіці- єнт пошко- дження	ефекти- вність дії	пошкод- жено рослин, %	коєфіці- єнт пошкод- ження	ефекти- вність дії
Контроль – обробка водою	63,2	1,3	0	76,1	1,6	0
лямбда-цигалотрин – 5,0% (50 г/л) (Карате Зеон 050 SC, КС). Норма: 0,13 л/га	39,6	0,40	62,7	45,2	0,7	63,2
імідаклоприд – 10,0% (100 г/л) та бета-цифлутрин – 1,25% (12,5 г/л) (Коннект 112,5 SC, КС) Норма: 0,5 л/га	37,3	0,54	68,9	39,4	0,6	62,5
тіаметоксам – 14,1% (141 г/л) та лямбда-цигалотрин – 10,6% (106 г/л) (Енжіо 247 SC, КС.) Норма: 0,18 л/га.	40,3	0,8	54,8	49,0	1,0	55,4
НІР ₀₅	-	0,12		-	0,14	

Як видно із даних таблиці 2, на варіантах, де рослини оброблялися інсектицидами пошкодженість рослин попелицями не перевищувала 49,0%, з коефіцієнтами пошкодження 1,0. Рослини на даних варіантах, були надійно захищені у порівнянні з контролем, де показник сягав 76,1% з коефіцієнтом 1,6.

Обґрунтовані заходи захисту гороху від комплексу шкідників, що ґрунтуються на моніторингу динаміки чисельності домінуючих видів, раціональному використанні інсектицидів способом обприскування в оптимальні строки дозволяє значно підвищити урожайність насіння.

Дані про вплив інтоксикації рослин на формування елементів структури урожайності гороху приведені в таблиці 3.

Як видно з таблиці 3, у вегетаційні періоди 2023-2025 рр. кількість бобів на рослині, насіння в бобах та його маса в усіх варіантах досліджу, була не однаковою. Найменшими, ці показники були на контрольному варіанті. На таких ділянках, де насіння гороху висівали не протруєним, на одній рослині зав'язувалось 3,9-4,2 боби, в яких формувалось 3,2-4,0 насінини, маса 1000 штук не перевищувала 198-203 г. Значно кращими, були показники структури урожайності гороху у варіантах, де проводився інсектицидний захист рослин. На таких варіантах, на кожній рослині нараховувалось в середньому 4,2 боби, які містили 4,1 насінин. Маса 1000 насінин в таких зразках, збільшувалась до 205-213 г. Урожайність сягала від 2,616 до 2,755 ц/га, проти 2,145 т/га зібраних з контрольних ділянок.

Таблиця 3

Вплив інтоксикації на формування елементів структури урожайності гороху, ТОВ «СИЛКАТ-1» Черкаської області, середнє за 2023–2025 рр.

Варіанти дослідів	Висота рослин, см	Кількість, шт.			Маса 1000 насінин, г	Урожайність, т/га
		бобів на рослині	насінин в бобі	насінин з рослини		
Контроль – обробка водою	87	3,9	3,2	13,0	198	2,215
лямбда-цигалотрин – 5,0% (50 г/л) (Карате Зеон 050 SC, КС), норма: 0,13 л/га	96	4,2	3,5	14,7	205	2,793
імідаклоприд – 10,0% (100 г/л) та бета-цифлутрин – 1,25% (12,5 г/л) (Коннект 112,5 SC, КС), норма: 0,5 л/га	101	4,6	3,7	14,2	213	2,798
тіаметоксам – 14,1% (141 г/л) та лямбда-цигалотрин – 10,6% (106 г/л) (Енжіо 247 SC, КС.), норма: 0,18 л/га.	93	4,1	3,5	14,0	200	2,657
НІР _{0,5}						0,8

Таким чином, кращі показники структури урожайності в дослідних варіантах і, особливо, у варіанті, де рослини були інтоксикованими, забезпечили достовірний приріст урожаю у порівнянні з контрольним варіантом.

Висновки. На посівах гороху в умовах Лісостепу України, протягом 2023–2025 рр. виявлено 51 вид фітофагів, з яких 28 мали потенційне господарське значення. Домінуюче місце серед сисних шкідників належало попелицям родини *Aphididae*, зокрема гороховій попелиці (*Acyrtosiphon pisi* Kalt.), частка якої становила 93,7% у структурі комплексу рівнокрих. Чисельність горохової попелиці в усі роки досліджень, перевищувала економічний поріг шкодочинності у фазах бутонізації – наливання зерна, що підтверджує її провідну роль у формуванні втрат урожаю та погіршенні якісних показників.

Погодні умови істотно, впливали на динаміку чисельності попелиць: найбільш сприятливим для їх розвитку виявився 2024 рік, що поєднував м'яку зиму та помірно теплу весну з обмеженою кількістю змивних опадів, внаслідок цього, чисельність популяції досягала максимальних значень.

Застосування інсектицидів у період вегетації, забезпечувало істотне зниження пошкодженості рослин попелицями. Найвищу біологічну ефективність на 7–10 добу після обприскування, показали препарати на основі імідаклоприду з бета-цифлутрином та лямбда-цигалотрину, де ефективність дії становила 62,5–68,9%, що достовірно перевищувало показники контролю.

Обробка посівів інсектицидами, позитивно впливала на біометричні показники рослин та елементи структури врожаю: збільшувалася висота рослин, кількість бобів на рослині, число насінин у бобі та маса 1000 насінин. У результаті урожайність гороху, зростала на 0,44–0,58 т/га порівняно з контролем.

Найвищі господарські показники отримано у варіантах із застосуванням препаратів на основі імідаклоприду з бета-цифлутрином та лямбда-цигалотрину, де урожайність становила 2,79–2,80 т/га проти 2,21 т/га на контролі, що свідчить про їх економічну доцільність у виробничих умовах.

Отримані результати підтверджують, що науково обґрунтоване застосування сучасних інсектицидів у системі інтегрованого захисту гороху, з урахуванням моніторингу чисельності попелиць і оптимальних строків обробки, є ефективним заходом стабілізації врожайності та підвищення якості зерна в умовах Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Devi M., Karam N., Singh K.I., Haldhar S.M., Singh T.R., Reddy G.N. Varietal screening of pea against pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* Harris (Homoptera: Aphididae) under Manipur Valley conditions. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*. 2026. Vol. 29(1). P. 602–608. <https://doi.org/10.9734/jabb/2026/v29i13561>.
2. Bhargav P., Sonwanee O.P. Bio-efficacy of selected insecticides against aphid population in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *International Journal of Research in Agronomy*. 2025. Vol. 8, Vol. 3. P. 723–726. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2025.v8.i3i.2916>.
3. Devi M., Sharma P.L., Verma G., Kumari R. Studies on population dynamics of major insect pests of pea (*Pisum sativum*). *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 2024. SP-8(2). P. 428–431. <https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i2Sf.633>.
4. Міллер М. О. Методи боротьби з гороховим зерноїдом (*Pisum sativum* L.) Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво. 2024. № 137. С. 20. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.20>.
5. Zhang H. Integrated agronomy of pea (*Pisum sativum* L.): a review on cultivation and pest management. *PMC*. 2025. Online resource. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12541591>. (дата звернення: 07.02. 2026)
6. Кривенко А. І., Трандафір І. В., Шушківська Н. І. Фітофаги гороху в умовах Одеської област. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 15–24. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.30.15>.
7. Кривенко А. І., Шушківська Н. І. Видовий склад комах агробіоценозу пшеничного поля та контроль їх чисельності. Білоцерківський нац. аграр. ун-т, 2015. 48 с.
8. Fedorenko V., Borzykh O., Fedorenko V., Chaika V., Yushchenko L. Scientific basis for predicting the spread of pests. *Quarantine and Plant Protection*. 2023. Том 66. С. 205–215. <https://doi.org/10.36495/ipp.2023.66.205>.
9. Шевченко Л.А. Регіональні особливості поширення шкідників гороху в Україні. *Захист рослин*. 2015. № 2. С. 21–25.
10. Усов Р. М., Кривенко А. І., Соломонов Р. В. Господарська цінність сортів гороху в умовах степової зони України. *Аграрні інновації*. 2024. № 27. С. 124–128. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.27>
11. Voitovyk M. V., Gentosh D. T., Krasiuk L. M., Tsyuk O. A. Root rot of winter wheat and peas in short-rotation crop rotations. *Agriculture and plant sciences: theory and practice*. 2023. № 3. С. 92–105. <https://doi.org/10.54651/agri.2023.03.02>.
12. Сидоренко Н.П. Вплив мінерів на продуктивність зернобобових культур. *Вісник захисту рослин*. 2016. № 1. С. 66–70.

13. Шкатула Ю. М., Ящук Т. О. Система агротехнічного захисту агроценозів гороху від бур'янів. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 17–29. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.25.17>.

14. Кириченко Ю., Логвиненко В. В. Вплив кліматичних змін на поширення та шкодочинність шкідників гороху. Актуальні проблеми сучасної науки: матеріали III всеукр. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 14–15 квіт. 2025 р.). Полтава: ПДАУ, 2025. С. 40–41.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.358:631.527

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.10>

ОЦІНКА МОРФОТИПІВ ГОРОХУ ПОСІВНОГО

Криворучко Л.М. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри селекції, насінництва і генетики,

Полтавський державний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-8263-0481

Рибальченко А.М. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри селекції, насінництва і генетики,

Полтавський державний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-2308-7853

Важливою зернобобовою культурою для України є горох посівний (*Pisum Sativum* L.). Горох – один з найкращих попередників для зернових та багатьох інших культур у системі сівозмін. Під *Pisum* належить до родини бобових (*Fabaceae*). Сучасна систематика, спираючись на дані про схрещування різних диких і культурних форм гороху визнає існування двох видів гороху: *P. fulvum* (горох червоно-жовтий) та *P. sativum*, який поділяється на кілька підвидів (*subsp.*): *sativum* – посівний, *asiaticum* – азіатський, *transcaucasicum* – закавказький, *abyssinicum* – абісинський, *elatius* – високий і *syriacum* – сирійський. З цих видів у культурі представлений лише один – *P. sativum*. Його походження пов'язують із регіонами Давнього Середземномор'я та Передньої Азії. Еволюція гороху відбувалася на диплоїдному рівні з каріотипом ($2n=14$).

Генетичне різноманіття форм *Pisum sativum* досить велике, але, значна кількість сучасних сортів мають однаковий морфотип, а відмінність проявляється лише в адаптивній властивості до навколишнього середовища.

За останні роки до селекційної практики були залучені нові морфотипи гороху, що суттєво вплинуло як на підвищення насінневої продуктивності рослин, так і на зміцнення їх стійкості до вилягання стебел та осипання насіння.

Метою статті було дослідити генетичне різноманіття сучасних сортів гороху посівного, а також закономірності успадкування і мінливості морфобіологічних та кількісних ознак.

Отримані нові мутантні морфотипи листка та стебла гороху (хамелеон, люпиноїди, детери), але їх генетична природа та зв'язок із господарсько-цінними ознаками малодосліджені.

Перспективним напрямом селекції гороху посівного є залучення нових мутантних генів в створення нових сортів для покращення технологічності його вирощування та підвищення продуктивності.

Ключові слова: горох, генетичне різноманіття, морфотип, мутантні гени.

Kryvoruchko L.M., Rybalchenko A.M. Evaluation of peas morphotypes

Peas (*Pisum Sativum* L.) are an important legume crop for Ukraine. Peas are one of the best predecessors for cereals and many other crops in the crop rotation system. The genus *Pisum* belongs to the legume family (*Fabaceae*). Modern taxonomy, based on data on the crossing of various wild and cultivated forms of peas, recognizes the existence of two species of peas: *P. fulvum* (red-yellow pea) and *P. sativum*, which is divided into several subspecies (*subsp.*): *sativum* – sown, *asiaticum* – Asian, *transcaucasicum* – Transcaucasian, *abyssinicum* – Abyssinian, *elatius* – tall and *syriacum* – Syrian. Of these species, only one is represented in culture – *P. sativum*. Its origin is associated with the regions of the Ancient Mediterranean and Asia Minor. The evolution of peas occurred at the diploid level with a karyotype ($2n = 14$).



© Криворучко Л.М., Рибальченко А.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

*Genetic diversity of *Pisum sativum* is great but almost recent varieties have the same morphotype and their differences appear only in adaptive ability to environment.*

In recent years, new pea morphotypes have been introduced into breeding practice, which has significantly influenced both the increase in plant seed productivity and the strengthening of their resistance to stem lodging and seed shedding.

The aim of the study was to investigate the genetic diversity of modern varieties of field peas, as well as the patterns of inheritance and variability of morphobiological and quantitative traits.

New mutant morphotypes of pea leaves and stems (chameleon, lupinoids, deters) have been obtained, but their genetic nature and relationship with economically valuable traits are poorly studied.

A promising direction in pea breeding is the involvement of new mutant genes in the creation of new varieties to improve the manufacturability of its cultivation and increase productivity.

Key words: *pea, genetic diversity, morphotype, mutant genes.*

Постановка проблеми. Значна кількість сортів гороху, що вирощуються в Україні, характеризуються двома морфотипами: листочкові та безлисточкові. Відомо, що, на сьогоднішній час створено нові морфотипи стебла і листка такі як хамелеон, детери та люпиноід. Але, їх генетична природа та взаємозв'язок з господарсько-корисними ознаками досліджені досить мало. Введення мутантних генів в селекційний процес є новітнім напрямом для створення удосконалених сортів гороху з високою продуктивністю. Що в подальшому дозволить поліпшити технологію його вирощування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мінливість погодних умов змушує селекціонерів ретельно вивчати селекційний матеріал гороху посівного. Важливими напрямками створення новітніх сортів гороху є: висока насіннева продуктивність, стійкість насіння до осипання, високий вміст білку, скоростиглість та стійкість рослин проти вилягання за рахунок короткого стебла і вусатого типу листка [1, 2].

Значна кількість сучасних сортів характеризується подібним морфотипом. Безлисточковий тип листка (афільний), міжвузля вкорочені та потовщені (це надає рослині стійкості до вилягання), збільшена кількість бобів, насіння, насінневих зачатків, стійкість до хвороб і шкідників, високий вміст білку [3, 4].

Досліджено, що ознака безлисточковості контролюється рецесивним геном *afila*, який розміщений на 1 хромосомі. Ген має вплив на листочки, перетворюючи їх на вусики. Безлисточкові форми мають високу стійкість до вилягання [5, 6]. У сучасних сортів редукція листочків у вусики компенсується збільшеним розміром прилистків та вусиків, а також підвищенням фотосинтетичної функції [7].

Отримана форма гороху хамелеон, якій притаманна ярусна гетерофілія. Рослини такого морфотипу перевищують безлисточкові форми за вмістом хлорофілу в листках. Цінність цього морфотипу в тому, що він має високі фізіологічні показники та біологічний потенціал [8, 9].

Досліджено також, що морфотип хамелеон за вмістом протеїну переважає листочкові та вусаті форми [10].

Морфотип люпиноід характеризується наявністю апікального потовщеного квітконоса, як продовження стебла. Розташування бобів сприяє одночасному їх дозріванню, але цей морфотип має схильність до вилягання через слабе стебло в нижній частині. Формування даної ознаки формують два рецесивні гени *det* та *fa* [11, 12].

Постановка завдання. В аналіз дослідження входило дослідити генетичне різноманіття сучасних сортів гороху посівного, а також закономірності успадкування і мінливості морфобіологічних та кількісних ознак.

Виклад основного матеріалу досліджень. Головні господарсько-цінні ознаки гороху такі як: вусатий тип листка (ген af), стійкість до осипання насіння (ген def), детермінантний тип росту стебла (ген det) та інші мають рецесивний характер успадкування. Тож, для їх поєднання в одному генотипі важливо провести великі обсяги схрещувань і тривале опрацювання отриманого селекційного матеріалу.

Таблиця 1

Основні мутантні рецесивні гени в генотипах сучасних сортів гороху

Гени та їх комбінації	Назва	Хромосоми	Фенотип
af	Aflia	1	Вусатий (безлисточковий) тип листка
det	Determinante-type	5	Детермінантний тип росту стебла
def	Development funiculus	7	Стійкість до обсіпання насіння (зростання сім'янки зі стулкою)
le	Brevi internodium	4	Вкорочене міжвузля
af, tac ^B	Circle heterofilia		Хамелеон. Ярусна гетерофілія
fa (fas)	Fasciata	3, (4)	Люпиноїд (фасціація стебла)

Ген af (aflia) гороху посівного – це рецесивний ген, що контролює безлисточковість, перетворюючи листочки в складні розгалужені вусика. Ця морфологічна зміна підвищує стійкість рослин до вилягання, спрощує механізоване збирання врожаю при цьому не знижуючи врожайність зерна, що робить його вкрай важливим для селекції. Сорти гороху з таким типом листка мають ряд переваг: стійкість масиву до вилягання за рахунок зчеплення вусиків між собою; краща аерація рослин; зниження випрівання та гниття листостеблової маси.

Серед поширених сортів в Україні виділені такі: Мазепа, Зіньківський, Білий ангел. Це вусаті (безлисточкові) форми гороху посівного, які характеризуються високою стійкістю до вилягання, осипання та посухи. Це робить їх придатними до прямого комбайнування. Сорти вирізняються високою врожайністю та придатні до вирощування у всіх кліматичних зонах України.

Ген det (determinante-type) – контролює детермінантний тип розвитку стебла, воно закінчується суцвіттям, обмежується висота рослини. Це сприяє одночасному цвітінню та дозріванню бобів, що має важливе значення для збирання врожаю. Сорти детермінантного типу зазвичай є ранньостиглими.

Поширені в Україні сорти детермінантного типу це Оплот, Козачок, Царевич. Переваги цих сортів в тому, що вони короткостеблові, стійкі до вилягання, відбувається одночасне дозрівання, а це ідеально підходить до механізованого збирання. Сорти такого типу мають високу цінність для селекції, оскільки забезпечують високу продуктивність маючи вкорочене стебло.

Ген def (development funiculus) – відповідає за розвиток насіннєвої ніжки (фунікула). Зумовлює міцне кріплення насінини до ступок бобу і відповідно утримання насінини. Це важливий ген для селекції, він має вплив на утримання насіння та загальну структуру бобу, запобігає передчасному осипанню насіння.

Ген le (brevi internodium) – має здатність вкорочувати стебло, утворюючи зигзагоподібну форму, при цьому прилистки перекривають міжвузля. Ген блокує синтез гормонів росту (гіберелінів), кущ виростає компактним. Використовують в селекції для отримання короткостеблових форм інтенсивного типу.

Сорти Остінато, Оркестра, Симбіоз – це низькорослі, напівкарликові сорти які мають високу стійкість до вилягання.

Ген *af*, *tac*^B (circle heterofilia) – ярусна гетерофілія. Поєднання цих генів в генотипі утворює фенотип хамелеон, що характеризується частковим утворенням листочків при цьому форма листка змінюється залежно від розташування на стеблі.

Селекційна цінність фенотипу хамелеон в тому що вони мають значно більшу поверхню листків порівняно з безлисточковими формами при цьому не знижуючи стійкість до вилягання.

Ген *fa* (*fasciata*) – фасціяція стебла (люпиноїд). Ген відповідає за мутацію, яка викликає сплюскування або розширення стебла, що стимулює утворення великої кількості квіток і бобів на верхівці.

Селекційна цінність таких морфотипів полягає в тому, що утворюється велика кількість бобів на одній рослині, за рахунок чого підвищується потенціал врожайності.

На даний час, генетична природа морфотипів ще вивчається, в тому числі їх кореляційні зв'язки з кількісними ознаками, які визначатимуть продуктивність рослин.

Таблиця 2

Характеристика кількісних ознак гороху з різним морфотипом стебла

Ознаки	Морфотипи		
	Листочковий	Безлисточковий	Хамелеон
Висота рослини, см	43,9±1,2	39,5±0,6	48,7±1,3
Висота кріплення нижнього бобу, см	33,1±1,0	29,9±0,5	42,7±0,8
К-ть фертильних вузлів, шт	3,1±0,1	3,6±0,1	2,7±0,2
К-ть бобів з рослини, шт	6,8±0,3	6,4±0,3	4,2±0,2
К-ть насінин в бобі, шт	3,8±0,1	3,6±0,1	5,0±0,1
К-ть насінин з рослини, шт	25,0±1,4	22,9±1,1	20,0±1,3
Маса рослини, г	13,3±0,7	13,5±0,6	11,3±0,8
Маса насіння, г	7,2±0,5	7,9±0,3	6,6±0,4
Маса 1000 насінин, г	286±3	308±4	290±5

Аналізуючи таблицю 2, можна зробити висновки, що серед кількісних ознак, вплив на продуктивність рослин різних морфотипів найбільше має маса бобів з рослини. Менший вплив має маса рослини та кількість насіння з рослини.

Безлисточковий морфотип мав перевагу над листочковим за такими ознаками як маса насіння з рослини, маса 1000 насінин, кількість фертильних вузлів.

Морфотип хамелеон за певними морфологічними ознаками мав нижчі показники ніж листочкові та безлисточкові форми, попре те, така ознака як кількість насіння в бобі виявилась вищою саме в морфотипу хамелеон.

Висновки і пропозиції. Для вивчення змін морфобіологічних та господарсько-корисних ознак гороху посівного проведено аналіз його сортименту.

За результатами опрацьованих джерел можна зробити висновок, що проведена селекційна робота на вкорочення стебла рослин гороху дала вагомні результати. При творенні напівкарликових сортів гороху надається перевага вусатому морфотипу рослин. Поєднуючи в одному генотипі ознаки вусатість та короткостебловість вдається підвищити стійкість до вилягання.

Така ознака як хамелеон контролюється взаємодією неалельних рецесивних генів *af* (I хромосома) і *tac* (III хромосома). Цінність морфотипу хамелеон полягає

у високому біологічному потенціалі, він має високі фізіологічні показники. Доведено, що морфотип хамелеон переважає морфотипи вусаті та листочкові за вмістом білку в насінні.

Включені в селекційні програми нові мутантні форми гороху – люпиноїди, які відрізняються наявністю апікального потовщеного квітконоса широко використовуються як цінний генетико-селекційний матеріал.

Отримані нові мутантні морфотипи листка та стебла гороху (хамелеон, люпиноїди, детери), але їх генетична природа та зв'язок із господарсько-цінними ознаками малодосліджені.

Перспективним напрямом селекції гороху посівного є залучення нових мутантних генів в створення нових сортів для покращення технологічності його вирощування та підвищення продуктивності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шевченко А.М., Чекригін П.М. Напрями вдосконалення селекції гороху. Вісник аграрної науки. 2000. 12. С.31-32.

2. Глибокий О. М., Авраменко С. В., Попов С. І. Формування продуктивності сортів гороху залежно від умов вирощування в східному лісостепу України. Генетичні ресурси рослин. 2021. № 29. С. 113-122.

3. Рибальченко А. М., Косенко В. Ю. Вплив норм висіву гороху на формування елементів структури та урожайності зерна. Таврійський науковий вісник. 2023. Вип. 132. С. 204-209.

DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.25>

4. Рибальченко А. М., Іваненко Р. С. Оцінка сортових ресурсів гороху за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах Лісостепу України. Таврійський науковий вісник. 2024. Вип. 139. Ч. 2. С. 31-40.

DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.5>

5. Коблай С. В. Адаптивний потенціал різних за морфотипом сортів гороху в умовах Півдня України. Селекція і насінництво. 2016. № 110. С. 82-90.

6. Баташова М.Є. Вплив різних морфотипів листка на продуктивність рослини гороху. Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету "Біологічні науки і проблеми рослинництва". Спец. Вип. 2003. С. 414-418.

7. Козев В. І. Успадкування типу листя і продуктивності в різних генотипів гороху. Селекція і насінництво. 2014. № 106. С. 57-63.

8. Баташова М.Є. Генетична природа ознаки "хамелеон" та її вплив на продуктивність рослин гороху в порівнянні з іншими морфотипами листка. Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Сер.: Біологія. 2005. № 1,2 (25). С. 63-68.

9. Коблай С. В., Рабічук А. В., Мурсокаєв Е. Ш., Нові сорти гороху (*Pisum sativum*) Одеської селекції. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 100-річчя формування національних сортових рослинних ресурсів України. Київ. 2023. 133 с. С.48-49.

10. Бугайов В. Д., Кондратенко М. І. Оцінка генетичних компонентів при успадкуванні кількісних ознак сортів гороху різних морфотипів. Корми і кормовиробництво. 2008. Вип. 62. 315 с. С. 15-16.

11. Баташова М.Є. Генетична природа ознаки люпиноїдності та її взаємозв'язки із кількісними ознаками гороху. Фізіологія і біохімія культурних рослин. 2004. №1. С.72-78.

12. Баташова М.Є. Характер успадкування ознаки "люпиноїд" та її вплив на господарсько цінні ознаки гороху. Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер.: Біологія. 2005. 1 (6). С. 89-95.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.34:632.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.11>

ВИДОВЕ РІЗНОМАНІТТЯ ТА ПОШИРЕННЯ ГРИБІВ РОДУ *DIAPORTHE NITSCHKE* – ЗБУДНИКІВ ХВОРОБ СОЇ

Круковський Р.Д. – аспірант кафедри фітопатології ім. акад. В. Ф. Пересипкіна,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0009-0006-6455-2658

Піковський М.Й. – д.с.-г.н.,
професор кафедри фітопатології ім. акад. В. Ф. Пересипкіна,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-0689-604X

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є стратегічною культурою у світовому землеробстві та відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки завдяки високому вмісту білка та олії. В умовах інтенсифікації виробництва та глобалізації насіннєвого ринку зростає фітосанітарний ризик поширення інфекцій, зокрема грибів роду *Diaporthe* (анаморфа – *Phomopsis*). Дані патогени спричиняють комплекс хвороб сої: фомопсисну гниль насіння, опік бобів і стебел та рак стебла. Сучасні молекулярно-генетичні дослідження довели, що зазначені патології викликаються не одним видом, а групою споріднених, але біологічно відмінних видів роду *Diaporthe*, які характеризуються різним рівнем патогенності, екологічною адаптивністю та географічним поширенням. Метою роботи було узагальнити сучасні наукові дані щодо видового складу та поширення представників роду *Diaporthe*, які уражують сою, а також аналіз їх шкідливості в різних країнах світу. Дослідження здійснювали шляхом аналізу наукових публікацій, що містять результати вивчення морфологічної, ідентифікації та мультилокусного філогенетичного аналізу ізолятів з різних регіонів. Акцентували увагу на роботі з описаними критеріями розмежування видів на основі морфологічних ознак і ПЛР-аналізу. Установлено, що в країнах Європи, Північної та Південної Америки, а також Азії поширеними є різні види роду *Diaporthe*, серед яких найбільш часто ідентифікують *D. longicolla*, *D. caulivora*, *D. aspalathi*, *D. novae*, *D. eres* та *D. sojae*. В окремих регіонах підтверджено появу нових для сої видів мікроміцетів, зокрема *D. goulteri* та *D. tectonigena*. Шкідливість хвороб проявляється як у прямому недоборі врожаю внаслідок ураження стебел і передчасного відмирання рослин, так і в істотному погіршенні посівних якостей насіння. У низці досліджень показано високу частоту ураження насіння, що свідчить про значний фітосанітарний ризик прихованого поширення інфекції. Таким чином, комплекс *Diaporthe/Phomopsis* є важливим чинником формування продуктивності та якості врожаю сої, а його ефективне управління можливе лише за умови поєднання морфологічних і молекулярно-генетичних методів ідентифікації. Отримані узагальнення можуть бути використані для вдосконалення систем моніторингу, діагностики хвороб та ідентифікації патогенів.

Ключові слова: зернобобові культури, грибні хвороби, *Diaporthe/Phomopsis*, ідентифікація, симптоми, поширення фомопсису, шкідливість.

Krukovskiy R.D., Pikovskiy M.Y. Species diversity and distribution of fungi of the genus *Diaporthe Nitschke* – pathogens of soybean diseases

Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is a strategic crop in world agriculture, which plays a key role in ensuring food security due to its high protein and oil content. In the context of intensification of production and globalization of the seed market, the phytosanitary risk of the spread of infection is increasing, in particular, fungi of the genus *Diaporthe* (anamorph – *Phomopsis*), which cause



© Круковський Р.Д., Піковський М.Й., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

a complex of soybean diseases: *Phomopsis* seed rot, bean and stem blight, and stem canker. Modern molecular genetic studies have proven that these pathologies are caused not by a single species, but by a group of related but biologically distinct *Diaporthe* species, characterized by different levels of pathogenicity, ecological adaptability, and geographical distribution. The aim of the work was to summarize modern scientific data on the species composition and distribution of representatives of the genus *Diaporthe* that infect soybean, as well as an analysis of their harmfulness in different countries of the world. The research was carried out through a systematic analysis of scientific publications containing the results of morphological identification and multilocus phylogenetic analysis of isolates from different regions. Only works with clearly described criteria for species differentiation based on morphological characters and PCR analysis were included in the review. It was established that various species of *Diaporthe* are widespread in Europe, North and South America, and Asia, among which *D. longicolla*, *D. caulivora*, *D. aspalathi*, *D. novem*, *D. eres*, and *D. sojae* are most often identified. In some regions, the appearance of new species of micromycetes for soybeans, in particular *D. goulteri* and *D. tectonigena*, was confirmed. The harmfulness of diseases is manifested both in direct crop failure due to stem damage and premature plant death, and in a significant deterioration in seed quality. A number of studies have shown a high frequency of seed damage, which indicates a significant phytosanitary risk of latent infection transmission. Thus, the *Diaporthe/Phomopsis* complex is an important factor in shaping the productivity and quality of soybean crops, and its effective management is possible only if morphological and molecular genetic diagnostic methods are combined. The obtained generalizations can be used to improve monitoring systems, disease diagnostics, and pathogen identification.

Key words: legumes, fungal diseases, *Diaporthe/Phomopsis*, identification, symptoms, spread of *Phomopsis*, harmfulness.

Актуальність теми дослідження. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є стратегічною сільськогосподарською культурою у світі та важливим джерелом рослинного білка й олії [1]. Інтенсифікація виробництва, розширення посівних площ і активізація міжнародної торгівлі насіннєвим матеріалом зумовлюють ризики поширення хвороб та їх негативного впливу на врожайність. Серед найбільш економічно значущих захворювань сої виокремлюють комплекс грибів роду *Diaporthe/Phomopsis*, які викликають різні патології – фомопсисну гнилі насіння, опік бобів і стебел, а також рак стебел [2]. Зазначений патокомплекс призводить до суттєвого зниження врожайності, погіршення посівних характеристик і втрату товарної якості зерна.

Сучасними молекулярно-філогенетичними дослідженнями встановлено, що різні типи хвороб сої викликає комплекс видів роду *Diaporthe* із мінливою патогенністю та агресивністю, специфічною екологічною адаптацією й географічним поширенням, що ускладнює їх моніторинг і контроль [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У регіонах культивування сої рослини уражуються різними патогенами грибної етіології [4, 5], серед котрих небезпечним є паразитування грибів роду *Diaporthe* Nitschke [6, 7, 8]. Дані мікроорганізми є поліфагами, котрі, окрім сої, здатні уражувати інші культури, зокрема деякі представники родини бобових. Так, під час проведення філогенетичного аналізу видів з комплексу *Diaporthe*, було доведено, що збудник плямистості стебла і листків *Diaporthe phaseolorum* інфікує квасоллю лімську (*Phaseolus lunatus* L.). Також ідентифіковано вид *D. ueckerae* на дині (*Cucumis melo* L.) [9].

Вченими встановлено, що ізоляти гриба *D. aspalathi*, виділені зі стебел нуту, були високопатогенними для сої, вігні китайської та вігні променистої, слабопатогенними – для квасолі. Однак, вони не викликали патології гороху посівного [10]. Варто зазначити, що гриб *Diaporthe toxica* інфікує боби люпину і водночас виділяє мікотоксини (фомопсин-А), тобто шкідливість проявляється у недоборі врожаю, а також й появі ризиків безпечності продукції [11]. Автори

повідомляють, що гриби з роду *Diaporthe* належать до групи збудників, які можуть тривалий час зберігатися в насінні, забезпечуючи приховану передачу інфекції широкому колу рослин-господарів, які належать до родини бобових. При цьому важливою є діагностика, як складова частина процесу сертифікації насіння [12].

В умовах Австралії, використовуючи генетичний аналіз та морфологічний опис культур, вилучених з рослин арахісу (*Arachis hypogaea* L.), були ідентифіковані гриби *Diaporthe kongii*, *D. masirevicii* та *D. ueckerae* (син. *D. miriciae*). Дані збудники викликали відмирання стебел і гінофору, потенційно обмежуючи врожайність культури [13].

Тому, вивчення збудників фомопсису сої (грибів роду *Diaporthe*) є важливим через їхню здатність спричиняти загибель рослин, суттєво знижувати якість насіння, а також через ризик поширення хвороби через заражений посівний матеріал.

Постановка завдання. Узагальнити сучасні наукові дослідження щодо поширення та ідентифікації видів роду *Diaporthe*, які викликають хвороби сої, охарактеризувати їх шкідливість.

Методика досліджень. Аналіз поширення та шкідливості фомопсису сої проводили на основі огляду наукових публікацій, що містять результати мультилокусної ідентифікації видів роду *Diaporthe* та філогенетичного аналізу ізолятів із різних регіонів світу [14]. Для забезпечення достовірності враховували роботи, де чітко описані критерії розмежування видів за допомогою вивчення морфології та полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) [15]. Загалом використовували теоретичні методи дослідження, такі як аналіз, синтез, порівняння, систематизація та узагальнення даних для розуміння сучасних тенденцій і результатів моніторингу видів роду *Diaporthe* на сої.

Результати досліджень. Шкідливість збудників хвороб сої з роду *Diaporthe* проявляється як у прямому недоборі врожаю, так і в суттєвому погіршенні його якості. В умовах Бразилії, у випадку ураження рослин сої грибом *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*, втрати могли сягати до 80%. У деяких регіонах країни оціночні втрати перевищили 4 млн доларів США [16]. У таблиці 1 наведено узагальнені дані щодо шкідливості основних видів роду *Diaporthe* на сої в різних країнах світу.

Гриби роду *Diaporthe* поширені у багатьох країнах світу [20]. На території Сербії вченими підтверджено, що гниль бобів сої викликається декількома видами (рис. 1), зокрема *D. novem*, *D. foeniculina* та *D. rudis* [21]. Результати досліджень

Таблиця 1

**Шкідливість хвороб сої, спричинених грибами комплексу
*Diaporthe/Phomopsis***

Недобір врожаю, %	Вплив на якість	Країна	Джерело
до 50	зменшення розміру насіння, часткова загибель рослин	США	[17]
до 25	ураження стебла та листків, неповне наливання бобів	США	[18]
до 80	масове ураження стебел, відмирання рослин, зрідження посівів	Бразилія	[16]
>82	в'янення стебел, гниль насіння	Сербія	[19]

показали, що *D. novem* був патогенним, спричиняючи гниль насіння з частотою виникнення від 82 до 92%. Гриб *D. rudis* інфікував 62% протестованого насіння, тоді як *D. foeniculina* спричинив гниль насіння на рівні від 30 до 42%. Також гриб *D. eres* було вперше ідентифіковано на сої. Його ізоляти зумовлювали ураження 72% насіння [22].

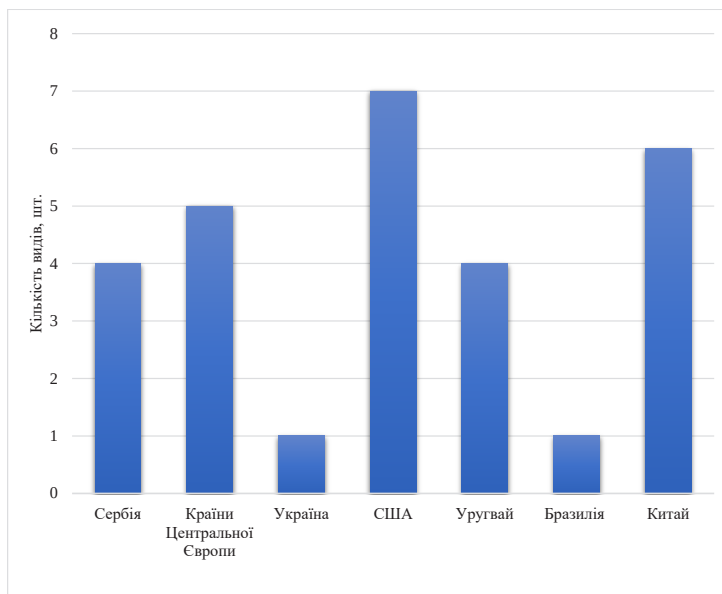


Рис. 1. Кількість видів грибів роду *Diaporthe*, ідентифікованих у різних країнах світу на рослинах сої

Подальші дослідження демонструють, що у центральноєвропейських країнах ізоляти грибів з ураженого насіння сої належать щонайменше до чотирьох видів (*D. longicolla*, *D. caulivora*, *D. eres*, *D. novem*) [6]. У Німеччині на сої був описаний *Diaporthe goulteri* [23]. Даний патоген викликав некроз і знебарвлення стебел. Донедавна повідомлялось лише про ураження збудником рослин соняшника (*Helianthus annuus* L.) [24].

В умовах України опубліковано перші верифіковані знахідки мікроміцета *D. caulivora* на сої [25].

Дослідженнями встановлено, що з 45-ти ізолятів, виділених з різних регіонів США, лише близько 60% належали до виду *Diaporthe longicolla*, решта – інші види роду *Diaporthe*, включно з *D. caulivora*, *D. ueckerae*, *D. kongii*, *D. sojae* та *D. unshiuensis* [26]. Патогенність різних ізолятів значно варіювала – деякі викликали масове загивання насіння, інші – некроз проростків насіння або прояв незначних симптомів, які ускладнюють діагностику хвороби.

На території Уругваю підтверджено три найпоширеніші види роду *Diaporthe*, що уражують рослини сої: *D. caulivora*, *D. longicolla* та *D. miriciae*. Вперше за допомогою методу мультиплексної кількісної ПЛР ідентифіковано *D. aspalathi*, який викликає стебловий рак [27]. У Бразилії був виявлений гриб *D. phaseolorum* var. *caulivora* (син. *D. caulivora*), який зумовлює некрози стебел сої і призводить до масового вилягання рослин [28].

Таблиця 2

Морфологічна характеристика грибів роду *Diaporthe* – збудників хвороб сої [6, 10, 31, 32, 33]

Вид гриба	Морфологія	
	анаморфа	телеоморфа
<i>Diaporthe aspalathi</i> Jansen et al.	пікніди діаметром 120–300 мкм α -конідії розміром 5,8–7,9 × 2,1–3,8 мкм	перитеції чорні, кулясті, діаметром 230–390 × 175–380 мкм, з шийками завдовжки 210–360 мкм
<i>Diaporthe caulivora</i> (Athow & Caldwell) J.M. Santos, Vrandečić & A.J.L. Phillips	пікніди кулясті, α -конідії овальні, гіалінові, β -конідії ниткоподібні	перитеції довжиною 230–3560 мкм, аски розміром 30,6–43,0 × 7,0–9,5 мкм, містять 8 аскоспор еліпсоїдної форми; аскоспори розміром 8,3–11,0 × 1,7–2,9 мкм, напівпрозорі, еліпсоїдні або веретеноподібні
<i>Diaporthe eres</i> Nitschke	α -конідії овальні, розміром 5,7–8,2 × 1,3–2,5 мкм; β -конідії одноклітинні, гіалінові, ниткоподібні, вигнуті з одного кінця, розміром 22,4–31,6 × 1,4–1,7 мкм	
<i>Diaporthe foeniculina</i> Udayanga & Castl	α -конідії овальні, видовжені, асептовані, розміром 8,65 × 2,73 мкм; β -конідії ниткоподібні, прямі або вигнуті, розміром 22,63 × 1,46 мкм	
<i>Diaporthe goulteri</i> R.G. Shivas, S.M. Thomps. & Y.P. Tan	α -конідії розміром 5–8 × 2–3 мкм, веретеноподібні або циліндричні, округлі, гіалінові, гладкостінні; β -конідії, 15–20 × 1–2 мкм, нечисленні, ниткоподібні, гачкуваті, асептовані	аски розміром 30–50 × 5–10 мкм; аскоспори 7–10 × 2–4 мкм, від веретеноподібні до еліптичних, прямі, гладкостінні, без придатків
<i>Diaporthe longicolla</i> (Hobbs) J.M. Santos, Vrandečić & A.J.L. Phillips	на уражених бобах формуються численні пікніди; α -конідії видовжено-еліпсоїдні, 5,5–7,4 × 2,0–2,4 мкм, β -конідії рідкісні або відсутні	у природі майже не спостерігається, перитеції формуються рідко
<i>Diaporthe novem</i> J.M. Santos, Vrandečić & A.J.L. Phillips	пікніди з рясними гіаліновими, одноклітинними, часто двокутними, еліпсоїдними та довгими α -конідіями, розміром 5,8–7,9 × 1,8–2,3 мкм	не виявлена
<i>Diaporthe rudis</i> (Fries) Nitschke	α -конідії, від 4,6 до 7,8 × 1,7 до 3,5 мкм, численні, асептовані, гіалінові, звужені до одного кінця; β -конідії, в середньому 27,8 × 3,6 мкм, асептовані, тонкі або злегка вигнуті; γ -конідії розміром 15,1 × 1,8 мкм	—
<i>Diaporthe sojae</i> Lehman	пікніди численні, α -конідії асептовані, від яйцеподібної до еліпсоїдної форми, часто двогорбоподібні, розміром від 5,33–7,26 × 1,65–2,53 мкм; β -конідії гіалінові, ниткоподібні, розміром 12,60–17,91 × 0,81–1,38 мкм	аскоспори овальної або веретеноподібної форми, двоклітинні, розміром 9–11 × 2–4 мкм
<i>Diaporthe tectonigena</i> Doilom	пікніди дрібні, α -конідії еліпсоїдні	не виявлена
<i>Diaporthe ueckeri</i> Udayanga & Castl.	пікніди кулясті, α -конідії овальні, β -конідії ниткоподібні	не виявлена

В умовах Китаю на основі морфологічного та філогенетичного аналізів, ідентифіковано шість видів роду *Diaporthe*: *D. longicolla*, *D. unshuiensis*, *D. sojae*, *D. caulivora*, *D. tectonigena* та невстановлений вид *Diaporthe* sp. [7].

Гриби роду *Diaporthe* (анаморфа – *Phomopsis*) належать до родини Diaporthaceae, порядку Diaporthales, підкласу Diaporthomycetidae, класу Sordariomycetes, відділу Ascomycota. Вони характеризуються специфічною морфологією, значною мінливістю репродуктивних структур, що зумовлює необхідність поєднання класичних морфологічних і сучасних молекулярних підходів до їх ідентифікації. Типовою анаморфною структурою є пікніди – кулясті або субкулясті, темнозабарвлені утворення, що формуються в тканинах рослини-господаря або в культурі на поживних середовищах [29]. Усередині пікнід розвиваються α - та β -конідії, які відрізняються за формою та функціональним значенням. У низки видів встановлена статева стадія (телеоморфа), представлена перитеціями з двоклітинними аскоспорами [30]. Водночас в окремих представників роду *Diaporthe* статева стадія відсутня або не спостерігається в природних умовах, що ускладнює морфологічну ідентифікацію. Узагальнені відомості про морфологію анаморфи та наявність статевої стадії у грибів роду *Diaporthe*, що уражують сою, наведено в таблиці 2.

Таким чином, вивчення видового різноманіття грибів роду *Diaporthe*, асоційованих із культурою сої, проводиться із застосуванням комплексних методів ідентифікації – від класичного морфологічного опису до молекулярно-генетичних підходів. Отримані результати є фундаментальною базою для точної ідентифікації збудників і діагностики хвороб, що є важливим для селекції генетично стійких сортів, скринінгу ефективності фунгіцидів та побудови інтегрованих стратегій контролю хвороб у конкретних агрокліматичних умовах.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Гриби з роду *Diaporthe* є небезпечними патогенами сої та характеризуються значним видовим різноманіттям і широкою географічною поширеністю. Сучасні молекулярно-філогенетичні дослідження підтвердили, що патології спричинюються комплексом біологічно відмінних видів, які різняться рівнем агресивності та екологічною адаптивністю. Найбільш поширеними на посівах сої є гриби *D. longicolla*, *D. caulivora*, *D. aspalathi*, *D. novae* та *D. eres*, проте в окремих країнах виявляють і нові для культури види. Шкідливість патогенів проявляється як у прямому недоборі врожаю, так і в істотному погіршенні посівних і товарних якостей насіння, що створює ризик масового поширення інфекції. Ефективний контроль хвороб сої, спричинених представниками роду *Diaporthe*, можливий за умови ідентифікації патогенів, точної діагностики хвороб і розуміння регіональних особливостей поширення патогенів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Львовський О. Сучасний стан та перспективи вирощування сої в світі та Україні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 4 (39). С. 177–184. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-4-15>.
2. Zhao X. et al. *Diaporthe* diversity and pathogenicity revealed from a broad survey of soybean stem blight in China. *Plant Disease*. 2022. Vol. 106, № 11. P. 2892–2903. <https://doi.org/10.1094/pdis-12-21-2785-re>.
3. Dissanayake A. J. et al. The current status of species in *Diaporthe*. *Mycosphere*. 2017. Vol. 8, № 5. P. 1106–1156. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/8/5/5>.
4. Hosseini B., Voegelé R. T., Link T. I. Diagnosis of Soybean Diseases Caused by Fungal and Oomycete Pathogens: Existing Methods and New Developments. *Journal of Fungi*. 2023. Vol. 9, № 5. 587. <https://doi.org/10.3390/jof9050587>.

5. Піковський М. Й., Кирик М. М., Конуп Л. О. Патологія насіння сільсько-господарських культур. Київ: РВВ НУБІП України, 2023. 343 с.
6. Hosseini B. et al. Analysis of the species spectrum of the *Diaporthe/Phomopsis* complex in European soybean seeds. *Mycological Progress*. 2020. Vol. 19, № 5. P. 455–469. <https://doi.org/10.1007/s11557-020-01570-y>.
7. Zhao X. et al. *Diaporthe* diversity and pathogenicity revealed from a broad survey of soybean stem blight in China. *Plant Disease*. 2022. Vol. 106, № 11. P. 2892–2903. <https://doi.org/10.1094/pdis-12-21-2785-re>.
8. Pikovskiy M., Solomiichuk M. Identification of mycobiota and diagnosis of soybean seed diseases. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13, № 1. P. 44–50. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.44-50](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.44-50).
9. Udayanga D. et al. The *Diaporthe sojae* species complex: Phylogenetic re-assessment of pathogens associated with soybean, cucurbits and other field crops. *Fungal Biology*. 2015. Vol. 119, № 5. P. 383–407. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2014.10.009>.
10. Wang D. et al. An Emerging Disease of Chickpea, Basal Stem Rot Caused by *Diaporthe aspalathi* in China. *Plants*. 2024. Vol. 13, № 14. 1950. <https://doi.org/10.3390/plants13141950>.
11. Buccioni F. et al. Characterization of a *Diaporthe toxica* Strain: Growth, Spore Formation, Phomopsin-A, and Alkaloids Production on Lupins. *Toxins*. 2024. Vol. 16, № 11. 481. <https://doi.org/10.3390/toxins16110481>.
12. Dell’Olmo E., Tiberini A., Sigillo L. Leguminous Seedborne Pathogens: Seed Health and Sustainable Crop Management. *Plants*. 2023. Vol. 12, № 10. 2040. <https://doi.org/10.3390/plants12102040>.
13. Thompson S. M. et al. First Reports of *Diaporthe kongii*, *D. masirevicii*, and *D. ueckerae* Associated with Stem and Peg Dieback on Peanut in Australia. *Plant Disease*. 2018. Vol. 102, № 7. P. 1459. <https://doi.org/10.1094/pdis-12-17-1930-pdn>.
14. Santos L., Alves A., Alves R. Evaluating multi-locus phylogenies for species boundaries determination in the genus *Diaporthe*. *PeerJ*. 2017. Vol. 5. e3120. <https://doi.org/10.7717/peerj.3120>.
15. Gao Y. et al. *Diaporthe* is paraphyletic. *IMA Fungus*. 2017. Vol. 8, № 1. P. 153–187. <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2017.08.01.11>.
16. *Diaporthe phaseolorum* f.sp. *meridionalis* causing extensive soybean losses in Brazil. *EPPO Global Database*. URL: <https://gd.eppo.int/reporting/article-4551> (дата звернення: 26.02.2026).
17. Northern stem canker. *Cornell CALS – College of Agriculture and Life Sciences*. URL: <https://cals.cornell.edu/field-crops/soybeans/diseases-of-soybeans/northern-stem-canker> (дата звернення: 23.02.2025).
18. Li S. et al. Occurrence of Soybean Stem Canker (*Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*) in Wisconsin. *Plant Disease*. 2004. Vol. 88, № 5. P. 576. <https://doi.org/10.1094/pdis.2004.88.5.576b>.
19. Petrović K. et al. *Diaporthe pseudolongicolla*: The new pathogen on soybean seed in Serbia. *Ratarstvo i povrtarstvo*. 2018. Vol. 55, № 2. P. 103–109. <https://doi.org/10.5937/ratpov55-18582>.
20. Bai Y. et al. Studies of *Diaporthe* (Diaporthaceae, Diaporthales) species associated with plant cankers in Beijing, China, with three new species described. *MycoKeys*. 2023. Vol. 98. P. 59–86. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.98.104156>.
21. Petrović K. et al. First Report of *Diaporthe novem*, *D. foeniculina*, and *D. rudis*. Associated With Soybean Seed Decay in Serbia. *Plant Disease*. 2016. Vol. 100, № 11. P. 2324. <https://doi.org/10.1094/pdis-03-16-0353-pdn>.
22. Petrović K. et al. First Report of *Diaporthe eres* Species Complex Causing Seed Decay of Soybean in Serbia. *Plant Disease*. 2015. Vol. 99, № 8. P. 1186–1186. <https://doi.org/10.1094/pdis-01-15-0056-pdn>.

23. Hosseini B., Gröbner M. G., Link T. I. First Report of *Diaporthe goulteri* on Soybean in Germany. *Journal of Fungi*. 2024. Vol. 10, № 11. 803. <https://doi.org/10.3390/jof10110803>.
24. Thompson S. M. et al. Green and brown bridges between weeds and crops reveal novel *Diaporthe* species in Australia. *Persoonia – Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*. 2015. Vol. 35, № 1. P. 39–49. <https://doi.org/10.3767/003158515x687506>.
25. Краснопірка В. А., Заболотня А. С., Акулов О. Ю. Перші верифіковані знахідки в Україні гриба *Diaporthe caulivora* (Diaporthales, Ascomycota) – збудника північного раку стебла сої. *Український ботанічний журнал*. 2025. Вип. 82, № 1. С. 50–59. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj82.01.050>.
26. Petrovic K. et al. *Diaporthe* seed decay of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] is endemic in the United States, but new fungi are involved. *Plant Disease*. 2020. Vol. 105, № 6. P. 1621–1629. <https://doi.org/10.1094/pdis-03-20-0604-re>.
27. Mena E. et al. Multiplex qPCR Assay for Detection and Relative Quantification of *Diaporthe aspalathi*, *D. caulivora*, *D. longicolla* and *D. miriciae* in Soybean Tissues. *Plant Pathology*. 2025. Vol. 74, № 5. P. 1347–1355. <https://doi.org/10.1111/ppa.14096>.
28. Costamilan L. M. et al. First report of *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* infecting soybean plants in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. 2008. Vol. 33, № 5. P. 381–385. <https://doi.org/10.1590/s1982-56762008000500007>.
29. Gomes R. R. et al. *Diaporthe*: a genus of endophytic, saprobic and plant pathogenic fungi. *Persoonia – Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*. 2013. Vol. 31, № 1. P. 1–41. <https://doi.org/10.3767/003158513x666844>.
30. Norphanphoun C. et al. *Diaporthe*: formalizing the species-group concept. *Mycosphere*. 2022. Vol. 13, № 1. P. 752–819. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/13/1/9>.
31. Hongsanan S. et al. Annotated notes on *Diaporthe* species. *Mycosphere*. 2023. Vol. 14, № 1. P. 918–1189. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/14/1/12>.
32. Carrillo Portillo V. L. et al. First report of *Diaporthe foeniculina* causing necrotic leaf spot of *Hoya carnosa* in Australia. *Plant Disease*. 2025. Vol. 110, № 2. <https://doi.org/10.1094/pdis-08-25-1810-pdn>.
33. Bundhun D. et al. First reports of the sexual morphs of *Diaporthe forlicesenica* nom. nov. and *Diaporthe goulteri* (Diaporthaceae, Diaporthales) revealed by molecular phylogenetics. *Phytotaxa*. 2021. Vol. 516, № 1. P. 1–27. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.516.1.1>.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 632.911: 633.15:635.67

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.12>

ПОШИРЕННЯ ГРИБНИХ ХВОРОБ КУКУРУДЗИ ЦУКРОВОЇ

Куликов С.В. – аспірант кафедри фітопатології ім. акад. В. Ф. Пересипкіна,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0009-0001-1231-0300

У статті представлено результати комплексного фітопатологічного моніторингу посівів кукурудзи цукрової (*Zea mays* L. ssp. *saccharata* Sturt.), проведеного впродовж вегетаційних періодів 2024–2025 рр. Актуальність дослідження зумовлена високою харчовою та промисловою цінністю культури, її багатим вітамінно-мінеральним складом, а також недостатньою вивченістю видового складу патогенів в умовах України, що суттєво ускладнює розробку ефективних інтегрованих систем захисту. Протягом останніх десятиліть світовий попит на кукурудзу цукрову неухильно збільшується. Дані процеси призвели до активізації дослідницьких зусиль, зосереджених на селекції, агрономії та сталому розвитку.

Метою роботи було встановити видовий склад мікроміцетів, здійснити моніторинг поширення та інтенсивності розвитку основних грибних хвороб кукурудзи цукрової. У результаті досліджень ідентифіковано паразитування широкого спектру патогенів – збудників мікозів, зокрема: *Ustilago maydis* (DC.) Corda (пухирчаста сажка), *Sporisorium reilianum* (J.G. Kühn) Langdon & Full. (летюча сажка), *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg та *Fusarium* spp. (фузаріоз качанів і стеблова гниль), *Exserohilum turcicum* (Pass.) K.J. Leonard & Suggs (північний гелмінтоспоріоз або бугра плямистість), *Puccinia sorghi* Schw. (іржа), *Nigrospora oryzae* (Berk. & Broome) Peich (нігроспорооз), *Cephalosporium acremonium* Corda (цефалоспоріоз) та *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (біла стеблова гниль). Встановлено, що загальний діапазон поширення хвороб у 2024 році становив 1,1–14,8%, а у 2025 році зріс до 1,6–18,0%. Найбільш масовим захворюванням виявилася бугра плямистість (північний гелмінтоспоріоз), розповсюдження якої досягало 18,0%, а інтенсивність розвитку – 9,4%. Значну загрозу фотосинтетичному апарату також становила іржа (поширення до 6,5%). Окрему увагу приділено сажковим хворобам: пухирчаста сажка уражувала до 7,2% рослин, призводячи до їх пригнічення, тоді як летюча сажка спричиняла повне руйнування генеративних органів. Отримані дані є науковим підґрунтям для вдосконалення превентивних заходів захисту кукурудзи цукрової в Лісостепу України.

Ключові слова: кукурудза, фітосанітарний стан, грибні хвороби, моніторинг, інтенсивність ураження, ідентифікація.

Kulykov S.V. Spread of fungal diseases of sweet corn

The article presents the results of a comprehensive phytopathological monitoring of sweet corn crops (*Zea mays* L. ssp. *saccharata* Sturt.), conducted during the growing seasons of 2024–2025. The relevance of the study is due to the high nutritional and industrial value of the crop, its rich vitamin and mineral composition, as well as insufficient knowledge of the species composition of pathogens in the conditions of Ukraine, which significantly complicates the development of effective integrated protection systems. Over the past decades, global demand for sweet corn has been steadily increasing.

These processes have led to increased research efforts focused on breeding, agronomy and sustainable development. The aim of the work was to establish the species composition of micromycetes, monitor the spread and intensity of the development of the main fungal diseases of sweet corn. As a result of the research, parasitism of a wide range of pathogens – causative agents of mycoses, including: *Ustilago maydis* (DC.) Corda (common smut), *Sporisorium reilianum* (J.G. Kühn) Langdon & Full. (head smut), *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg and



© Куликов С.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Fusarium spp. (fusarium head blight and stalk rot), Exserohilum turcicum (Pass.) K.J. Leonard & Suggs (northern leaf blight), Puccinia sorghi Schw. (rust), Nigrospora oryzae (Berk. & Broome) Petch (nigrosporiasis), Cephalosporium acremonium Corda (cephalosporiosis) and Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary (white stem mold). It was found that the overall range of disease prevalence in 2024 was 1.1–14.8%, and in 2025 it increased to 1.6–18.0%. The most widespread disease was brown spot (northern leaf blight), the prevalence of which reached 18.0%, and the intensity of development was 9.4%. Rust also posed a significant threat to the photosynthetic apparatus (prevalence up to 6.5%). Special attention was paid to sooty diseases: common smut affected up to 7.2% of plants, leading to their suppression, while flying soot caused complete destruction of generative organs. The data obtained are a scientific basis for improving preventive measures for the protection of sweet corn in the Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: corn, phytosanitary condition, fungal diseases, monitoring, intensity of damage, identification.

Постановка проблеми. Кукурудза цукрова (*Zea mays* L. ssp. *saccharata* Sturt.) – це високоцінна культура, яка характеризується адаптивністю до різних агрокліматичних умов і вирощується в усьому світі [1]. Вона має високий попит як продукт харчування, а також використовується в якості сировини для промисловості, на корм для тварин. Містить у своєму складі багато поживних речовин, зокрема вітаміни А, В, Е та К мінерали (Mg, P та K), фенольні кислоти, каротиноїди та флавоноїди, а також харчові волокна [2].

Протягом останніх десятиліть світовий попит на кукурудзу цукрову неухильно збільшується, що зумовлено зміною харчових уподобань, урбанізацією та зростанням свідомості щодо здоров'я. Дані процеси призвели до активізації дослідницьких зусиль, зосереджених на селекції, агрономії та сталому розвитку. Сучасні виклики в сільському господарстві вимагають постійного вдосконалення технологій вирощування кукурудзи для підвищення продуктивності культури та уникнення різних фітосанітарних ризиків [3, 4, 5]. При цьому біотичні чинники, зокрема інфекційні хвороби кукурудзи цукрової в умовах України вивченні недостатньо, хоча на кукурудзі звичайній (*Zea mays* L.) патології є шкідливими та призводять до зниження продуктивності рослин і погіршення якості врожаю [6, 7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах США (Флорида) інтенсивність розвитку плямистості кукурудзи цукрової, викликаній грибом *Exserohilum turcicum* становила від 0 до 66% на досліджуваних гібридах [8]. В Індонезії (Південна Суматра) *E. turcicum* зумовлював максимальний розвиток хвороби на рівні 7,07-16,90% [9]. Також дана хвороба є завдає значних економічних збитків у Таїланді [10].

Патакі Дж. К. із співавторами [5] акцентують увагу на важливість досліджень хвороб, викликаних грибами *Puccinia sorghi*, *Exserohilum turcicum*, *Bipolaris maydis* та іншими мікроорганізмами. За результатами аналізу наукових джерел Браун А. Ф. та ін. [11] вказують, що бактеріальне в'янення або вілт (*Erwina stewartii* (Smith) Dye, син. *Pantoea stewartii*), північний гельмінтоспоріоз кукурудзи (*Exserohilum turcicum*) та іржа (*Puccinia sorghi*) є небезпечними хворобами з якими стикаються виробники кукурудзи цукрової на Середньому Заході США. Їх епіфітотії почастишали за сприятливих погодних умов і сприйнятливості деяких гібридів.

Гриб *Cochliobolus heterostrophus* (анаморфа *Bipolaris maydis*) є збудником південного гельмінтоспоріозу кукурудзи, який поширений в регіонах вирощування кукурудзи по всьому світу, може призводити до зниження врожайності та якості врожаю [12].

Ustilago maydis (DC.) Corda. – збудник пухирчастої сажки кукурудзи може спричинити великі економічні втрати у сприйнятливих гібридів цукрової кукурудзи

[13]. Рідаут М.Е. та ін. [14] зазначають, що в умовах напівпосушливого, континентального клімату та лужних ґрунтах (США, Айдахо) мікроміцети *Fusarium verticillioides* та *F. proliferatum* колонізують насіння кукурудзи цукрової.

Також у різних країнах вирощування кукурудзи цукрової, у науковій літературі з'являються повідомлення про виявлення, раніше не відмічених на певних території збудників хвороб [15, 16, 17].

Отже, проблему ураження рослин кукурудзи цукрової збудниками різних хвороб вивчали багато дослідників. Однак в умовах України відсутні дослідження видового складу патогенів, що ускладнює розробку інтегрованої системи захисту та проведення превентивних заходів для попередження ураження рослин.

Мета дослідження – провести моніторинг фітосанітарного стану посівів кукурудзи цукрової в умовах Київської області, встановити видовий склад збудників грибних хвороб та інтенсивність розвитку мікозів.

Постановка завдання. Польові дослідження проводили в умовах Обухівського району Київської області. Ґрунт чорнозем типовий опідзолений. Вміст гумусу: 5,5%, рН 6,5-7,3. Технологія вирощування кукурудзи загальноприйнята для ґрунтово-кліматичної зони.

Облік хвороб проводили у фазу молочно-воскової стиглості кукурудзи. Ступінь ураження листя, стебел і качанів здійснювали з використанням шкал, наведених у наукових джерелах [18, 19, 20, 21], при цьому визначали поширення та розвиток захворювань [22]. За потреби відбирали зразки рослинного матеріалу та в умовах проблемної науково-дослідної лабораторії Мікології і фітопатології із застосуванням біологічного методу та мікроскопічного аналізу ідентифікували патогенів [23, 24, 25].

Статистичну обробку результатів досліджень проводили із використанням пакету програм аналізу даних Microsoft Excel.

Виклад основного матеріалу дослідження. За результатами проведеного фітопатологічного моніторингу кукурудзи цукрової під час вегетаційних періодів 2024 та 2025 рр. (табл. 1) було виявлено паразитування на рослинах мікроміцетів *Ustilago maydis* (DC.) Corda, *Sporisorium reilianum* (J.G. Kühn) Langdon & Full., *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, *Nigrospora oryzae* (Berk. & Broome) Petch, *Exserohilum turcicum* (Pass.) K.J. Leonard & Suggs, *Puccinia sorghi* Schw., *Cephalosporium acremonium* Corda, *Fusarium spp.* і *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.

Загальний діапазон поширення хвороб у 2024 році становив від 1,1% (біла стеблова гниль) до 14,8% (бура плямистість), тоді як у 2025 році він дещо змістився в бік зростання – від 1,6% до 18,0% (табл. 1). Найбільш масовим захворюванням у роки проведення досліджень виявилася бура плямистість (північний гельмінтоспоріоз), розповсюдження котрої становило 14,8-18,0%. Розповсюдження інших хвороб було наступним: летючої сажки 2,5-3,3%, фузаріозу качанів 3,2-4,5%, фузаріозної стеблової гнилі 2,2-3,9%, іржі 4,6– 6,5%, нігроспорозу качанів 1,6-2,1%, цефалоспоріозу – 1,6-2,0%. Пухирчаста сажка у 2024 році проявлялася на 7,2% обстежених рослин кукурудзи цукрової, тоді як у 2025 році на 4,1%.

У період проведення досліджень найбільшим розвитком характеризувалася бура плямистість – 7,2-9,4% (рис. 1). Інтенсивність ураження іржею становила 3,2-4,1%. Водночас ступінь розвитку пухирчастої сажки у 2024 році складав 3,2%, а під час вегетації рослин у 2025 р. – 4,1%.

Таблиця 1

Поширення грибних хвороб кукурудзи цукрової

Збудник	Хвороба	Поширення хвороби, рік, %	
		2024	2025
<i>Ustilago maydis</i> (DC.) Corda	Пухирчаста сажка	7,2±0,6	4,1±0,4
<i>Sporisorium reilianum</i> (J.G. Kühn) Langdon & Full.	Летюча сажка	2,5±0,3	3,3±0,3
<i>Fusarium verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg	Фузаріоз качанів	3,2±0,4	4,5±0,5
<i>Nigrospora oryzae</i> (Berk. & Broome) Petch	Нігроспороз качанів	1,6±0,2	2,1±0,2
<i>Exserohilum turcicum</i> (Pass.) K.J. Leonard & Suggs	Бура плямистість (північний гельмінтоспоріоз)	14,8±1,1	18,0±1,4
<i>Puccinia sorghi</i> Schw.	Іржа	4,6±0,5	6,5±0,6
<i>Cephalosporium acremonium</i> Corda	Почорніння судинних пучків (цефалоспоріоз)	2,0±0,2	1,6±0,2
<i>Fusarium spp.</i>	Фузаріозна стеблова гниль	2,2±0,3	3,9±0,4
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	Біла стеблова гниль	1,1±0,1	2,1±0,2

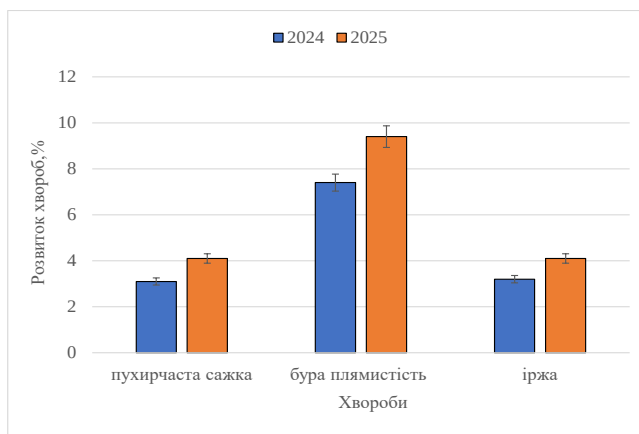


Рис. 1. Інтенсивність розвитку найбільш поширених хвороб кукурудзи цукрової

Аналіз поширення та розвитку хвороб кукурудзи цукрової підтверджує, що основний негативний вплив на фотосинтетичний апарат культури спричиняли бура плямистість та іржа. Пухирчаста сажка формуючи на різних органах рослини різної форми та розмірів нарости, призводила до пригнічення рослин. У випадку ураження качанів – втрата продуктивності. Летюча сажка кукурудзи повністю руйнувала генеративні органи рослини – качани та волоті, перетворюючи їх на чорну масу спор. Фузаріоз і нігроспороз качанів викликали погіршення та втрату посівних якостей насіння. Стеблові гнилі спричиняли передчасне всихання рослин. Розвиток почорніння судинних пучків або цефалоспоріозу зумовлювало зниження продуктивності кукурудзи.

Висновки і пропозиції. Дослідження фітосанітарного стану посівів кукурудзи цукрової протягом 2024–2025 рр. дозволило виявити широкий спектр патогенів: *Ustilago maydis*, *Sporisorium reilianum*, *Fusarium verticillioides*, *Nigrospora oryzae*, *Exserohilum turcicum*, *Puccinia sorghi*, *Cephalosporium acremonium*, *Fusarium spp.* і *Sclerotinia sclerotiorum*. Серед діагностованих грибних хвороб домінували північний гельмінтоспоріоз (бура плямистість), пухирчаста сажка та іржа. Інтенсивність розвитку бурої плямистості була в діапазоні 7,2-9,4%, іржі – становила 3,2-4,1%, пухирчастої сажки 3,2-4,1%. Отримані результати є підґрунтям для розробки систем фунгіцидного захисту насінницьких посівів кукурудзи цукрової.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sidahmed H., Vad A., Nagy J. Advances in Sweet Corn (*Zea mays* L. *saccharata*) Research from 2010 to 2025: Genetics, Agronomy, and Sustainable Production. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, № 5. 1260. <https://doi.org/10.3390/agronomy15051260>.
2. Siyuan S., Tong Li., RuiHai Liu. Corn phytochemicals and their health benefits. *Food Science and Human Wellness*. 2018. Vol.7, Issue 3. P. 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.09.003>.
3. Simić M. *et al.* Sweet maize (*Zea mays* L. *saccharata*) weeds infestation, yield and yield quality affected by different crop densities. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2012. Vol. 18, № 5. P. 668–674.
4. Li X. *et al.* The Efficiency of Pest Control Options against Two Major Sweet Corn Ear Pests in China. *Insects*. 2023. Vol. 14, № 12. 929. <https://doi.org/10.3390/insects14120929>.
5. Pataky J.K., du Toit L.J., Revilla P., Tracy W.F. Reactions of open-pollinated sweet corn cultivars to Stewart's wilt, common rust, northern leaf blight, and southern leaf blight. *Plant Dis*. 1998. Vol. 82, № 8. P. 939–944. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.8.939>.
6. Pikovskyi M., Dudchenko V., Melnyk V. Fungal diseases of corn seeds. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 2025. Vol. 21, № 1. P. 121–131. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/1.2025.121>.
7. Markovska O.Ye., Dudchenko V.V., Pikovskyi M.Y., Mechet A.O. Phytosanitary condition of maize agrocoenosis depending on measures to regulate pest organisms in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 140. С. 165–175. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.22>.
8. Pataky J. K., Raid R. N., du Toit L.J., Schueneman T.J. Disease severity and yield of sweet corn hybrids with resistance to northern leaf blight. *Plant Dis*. 1998. Vol. 82, № 1. P. 57–63.
9. Oktarida R., Hamidson H. Response of Three Sweet Maize Varieties to Leaf Blight (*Exserohilum turcicum*) Planted in Freshwater Swamps of South Sumatra. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*. 2021. Vol. 10, № 2. P. 225–232. <https://doi.org/10.36706/jlso.10.2.2021.541>.
10. Wathaneeyawech S., Sirithunya P., Smitamana P. Study of the host range of northern corn leaf blight disease and effect of *Exserohilum turcicum* toxin on sweet corn. *International Journal of Agricultural Technology*. 2015. Vol. 11, № 4. P. 953–963.
11. Brown A.F., Juvik J.A., Pataky J.K. Quantitative trait loci in sweet corn associated with partial resistance to stewart's wilt, northern corn leaf blight and common rust. *Phytopathol*. 2001. Vol. 91, № 3. P. 293–300. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.3.293>.
12. Xiong C. *et al.* Physiological and Molecular Characteristics of Southern Leaf Blight Resistance in Sweet Corn Inbred Lines. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022. Vol. 23, № 18. 10236. <https://doi.org/10.3390/ijms231810236>.
13. Frommer D., Veres S., Radocz L. Susceptibility of stem infected sweet corn hybrids to common smut disease. *Acta Agraria Debreceniensis*. 2018. № 74. P. 55–57. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/74/1664>.

14. Ridout M.E., Godfrey B., Newcombe G. Effects of Antagonists on Mycotoxins of Seedborne *Fusarium* spp. in Sweet Corn. *Toxins*. 2019. Vol. 11. № 8. 438. <https://doi.org/10.3390/toxins11080438>.
15. Deng T.C. et al. First Report of Maize chlorotic mottle virus on Sweet Corn in Taiwan. *Plant Dis*. 2014. Vol. 98, № 12. 1748. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-14-0568-PDN>. PMID: 30703919.
16. Ridout M., Newcombe G., Godfrey B. First Report of *Fusarium temperatum* in Diseased Sweet Corn Ears in the Western United States. *Plant Disease*. 2016. Vol. 100, № 12. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-16-0518-PDN>.
17. Guan Y., Chen W., Wu Y. et al. First report of corn stalk rot caused by *Dickeya zeae* on sweet corn in Shanghai, China. *J. Plant. Pathol.* 2020. Vol. 102. P. 557–558. <https://doi.org/10.1007/s42161-019-00447-8>.
18. Razzaq T., Khan M.F., Awan S.I. Study of northern corn leaf blight (NCLB) on maize (*Zea mays* L.) genotypes and its effect on yield. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2019. Vol. 35, № 4. P. 1166–1174. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2019/35.4.1166.1174>.
19. Camera J. et al. Reaction of maize hybrids to Northern corn leaf blight and common rust, and chemical control of Northern corn leaf blight. *Arq. Inst. Biol.* 2019. Vol. 86. P. 1–10. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000082018>.
20. Yang J.W. et al. Identification and evaluation of resistance of maize hybrids to *Fusarium graminearum* ear rot. *J. Hebei Agric. Sci.* 2020. 24. P. 47–49.
21. Mirsam Hishar et al. Resistance Assessment of Hybrid Corn Genotypes to Major Corn Diseases and Its Effects on Disease Epidemic Components in South Sulawesi, Indonesia. *BIO Web of Conferences*. 2023. Vol. 69. 01029. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236901029/>
22. Методика випробування і застосування пестицидів / С. О. Трибель та ін.; За ред. С.О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.
23. Warham E.J., Butler L.D., Sutton, B.C. Seed testing of maize and wheat – a laboratory guide. Mexico: Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT), 1996. 84 p.
24. Піковський М.Й., Кирик М.М., Конуп Л.О. Патологія насіння сільськогосподарських культур. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2023. 343 с.
25. Solórzano José et al. Tar Spot of Corn: A Diagnostic and Methods Guide. *Plant Health Progress*. 2022. Vol. 24. P.117122. <https://doi.org/10.1094/php-04-22-0033-dg>.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.352.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.13>

ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСЬКИХ ТА МОРФОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НОВИХ СОРТІВ ГОРОШКУ ПОСІВНОГО ЯРОГО (*VICIA SATIVA* L.) ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ У 2025 РОЦІ

Курочка Н.В. – науковий співробітник відділу експертизи на відмінність,
однорідність та стабільність сортів рослин,
Український інститут експертизи сортів рослин
orcid.org/0000-0001-6745-7740

Смутьська І.В. – науковий співробітник відділу експертизи на придатність до
поширення сортів рослин,
Український інститут експертизи сортів рослин
<https://orcid.org/0000-0001-9675-0620>

Хоменко Т.М. – к.с-г.н.,
завідувач відділу експертизи на придатність до поширення сортів рослин,
Український інститут експертизи сортів рослин
orcid.org/0000-0001-9199-6664

У статті проаналізовано тенденції формування сортового складу горошку посівного ярого (*Vicia sativa* L.) в Україні за даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Визначено загальну кількість зареєстрованих сортів станом на березень 2026 року, співвідношення сортів вітчизняної та іноземної селекції, прослідковано, як міняється їх кількісний склад за останні п'ять років. Перший сорт горошку посівного ярого зареєстровано у 2001 році під назвою 'Білоцерківська 96', заявниками якого є Синьогуб Сергій Васильович, Білоцерківська дослідно-селекційна станція ім. О. К. Коломієць Інституту цукрових буряків НААН, Сидорчук Валерій Іванович. Сучасний ринок усіх сортів горошку посівного ярого представлений більшістю сортами вітчизняної селекції. З 2001 по 2010 рр. та з 2010 по 2020 рр. до Реєстру сортів внесено по п'ять сортів горошку ярого. З 2021 по 2025 рр. кількість зареєстрованих сортів – десять. За останні п'ять років їх кількість варіювала від 1 до 5 кожного року, крім 2022 року, коли реєстрація сортів була відсутня. Найбільше сортів зареєстровано у 2023 році – 5 сортів, з них три сорти вітчизняної селекції і два іноземної.

Наведено результати комплексного вивчення та оцінювання нових сортів горошку посівного ярого 'Віриня' та 'Тасмунія' за урожайністю сухої речовини, урожайністю насіння, залистяністю, вмістом сирого протеїну в умовах Лісостепу та Полісся України. Дослідження проводили упродовж 2024 та 2025 років у філіях Українського інституту експертизи сортів рослин у чотирьох пунктах дослідження зони Лісостепу та п'яти – зони Полісся. Площа облікової ділянки становила 25 м², повторність чотириразова. За результатами кваліфікаційної експертизи сорти є відмінними, однорідними та стабільними, кращу урожайність сухої речовини отримали сорти 'Віриня' та 'Тасмунія' у зоні Полісся. Сорти мають високий вміст сирого протеїну. За напрямом використання сорти кормового типу.

Ключові слова: сорт; горошок посівний; урожайність сухої речовини; залистяність; вміст сирого протеїну.



Kurochka N.V., Smulskia I.V., Khomenko T.M. Characteristics of economic and morphological properties of spring peas (*Vicia sativa* L.) according to the results of the qualification examination in 2025

The article analyzes the trends in the formation of the varietal composition of spring pea (*Vicia sativa* L.) in Ukraine according to the data of the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine. The total number of registered varieties as of March 2026, the ratio of varieties of domestic and foreign selection, and the changes in their quantitative composition over the past five years are determined. The first variety of spring pea was registered in 2001 under the name 'Bilotserkivska 96', the applicants of which are Synyohub Serhiy Vasilyevich, Bilotserkivska Experimental Breeding Station named after O.K. Kolomiyets of the Sugar Beet Institute of the National Academy of Sciences of the Russian Academy of Sciences, and Sydorukhuk Valeriy Ivanovych. The current market for all varieties of spring pea is represented by the majority of domestic varieties. From 2001 to 2010 and from 2010 to 2020, five varieties of spring pea were entered into the Register of Varieties. From 2021 to 2025, the number of registered varieties is ten. Over the past five years, their number has varied from 1 to 5 each year, except for 2022, when there was no registration of varieties. The largest number of varieties was registered in 2023 – 5 varieties, of which three varieties are domestic and two are foreign.

The results of a comprehensive study and evaluation of new varieties of spring pea 'Virineya' and 'Tayemnytsia' for dry matter yield, seed yield, foliage, and crude protein content in the conditions of the Forest-Steppe and Polissya regions of Ukraine are presented. The research was conducted during 2024 and 2025 at the branches of the Ukrainian Institute of Plant Variety Examination in four research points in the Forest-Steppe zone and five in the Polissya zone. The area of the accounting plot was 25 m², fourfold repetition. According to the results of the qualification examination, the varieties are excellent, uniform and stable, the best dry matter yield was obtained by the varieties 'Virineya' and 'Tayemnytsia' in the Polissya zone. The varieties have a high crude protein content. By the direction of use, the variety is of the fodder type.

Key words: variety; field pea; dry matter yield; leafiness; crude protein content.

Постановка проблеми. Збільшення виробництва зернобобових культур в Україні набуває все більшого народногосподарського значення. Горошок посівний ярий – це однорічна, добре залистяна, високобілкова культура, яка як бобовий компонент входить до складу багатьох травосумішок. Корми на його основі вирізняються збалансованим амінокислотним складом та високою енергетичною цінністю. Вирощування цієї культури дозволяє підвищувати родючість ґрунтів за мінімальних витрат завдяки біологічній фіксації азоту [1–6].

У вирішенні проблеми кормового білка серед традиційних кормових зернобобових культур важлива роль належить горошку посівному ярому [7].

Горошок посівний – бобова трава, яка займає найбільші площі. Вирощують її у лісостеповій та поліській зонах України та країнах Балтії у чистому вигляді та в сумішках на зелений корм. Значне поширення горошку посівного ярого пояснюється його високою кормовою цінністю, різноманітним використанням (на зелений корм, сіно, зерно, силос), малою вибагливістю до родючості ґрунтів та коротким вегетаційним періодом, що дає змогу вирощувати його в зайнятих парах. За кормовою цінністю горошок не поступається багаторічним бобовим травам: 100 кг його повітряносухої маси відповідає 46 корм. од. і містять 123 г перетравного протеїну на кожну кормову одиницю. Проте насіння горошку також є цінним концентрованим білковим кормом для птиці, а як борошно і дерть – для великої рогатої худоби та свиней. Горошок посівний належить до високопродуктивних кормових культур, багатих на легкозасвоювані поживні речовини та біологічно повноцінний білок, оскільки містить усі незамінні амінокислоти. Зерно горошку за вмістом незамінних амінокислот не поступається сої культурній і використовується для виробництва комбікормів [8, 9].

Широке використання горошку посівного ярого як кормової, післяжнивної, післяукісної та сидеральної культури вимагає виробництва достатньої кількості

її насіння. Як правило, насінництвом займаються дослідні станції, а виробничі господарства вирощують горошок ярий лише для кормових потреб. Причиною цього є акцент на підбір сортів, які забезпечують одержання великої кількості поживного зеленого корму без урахування їхньої насінневої продуктивності [10].

Посіви горошку посівного ярого можуть забезпечувати урожайність насіння до 3 т/га. Проте недостатня вивченість цієї культури та неоптимізована технологія вирощування на насіння не дають змоги одержати такі врожаї, враховуючи першочергове вирощування її для кормових потреб [11, 12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для задоволення потреб сьогодення сільського господарства у світі необхідне використання зернобобових культур як харчового, так і кормового напрямку [13–16]. Адже ця група культур суттєво підвищує родючість ґрунтів без значних затрат та при впровадженні інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур створюється можливість нарощування урожайності зерна. У вирішенні проблеми кормового білка серед традиційних кормових зернобобових культур важлива роль належить саме горошку посівному ярому [17].

Вирощування бобових трав, як компонентів бобово-злакових травосумішок, не тільки дає можливість істотно (у 1,5–2 рази) підвищити продуктивність сіяних лучних ценозів, а й обумовлює поліпшення якості корму та родючості ґрунту. Горошок ярий – залістяна, високобілкова зернобобова культура. [18]. Корми, до складу якого він входить, вирізняються збалансованістю за амінокислотним складом, за поживністю і енергетичною цінністю не поступаються кормам, що випускає промисловість. Його вирощування підвищує ефективність однорічних агрофітоценозів, а симбіотичний азот сприяє економії азотних добрив [19–22].

Виклад основного матеріалу дослідження. Метою дослідження передбачалось комплексне вивчення та оцінювання нових сортів горошку посівного ярого (*Vicia sativa* L.), внесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2025 році за основними господарсько-цінними показниками: урожайністю сухої речовини, урожайністю насіння, стійкістю до хвороб, залістяністю, вмістом сирого протеїну.

Матеріали та методика досліджень. Науково-технічну кваліфікаційну експертизу сортів горошку посівного ярого здійснювали в межах ґрунтово-кліматичних зон: Лісостеп, Полісся упродовж 2024–2025 років. Достовірність результатів з експертизи сортів рослин забезпечували проведення досліджень у щонайменше трьох пунктах дослідження в межах однієї ґрунтово-кліматичної зони. Експертизу проводили у наступних пунктах досліджень: Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька, Житомирська, Волинська, Івано-Франківська, Львівська, Чернігівська. Проведення досліджень кваліфікаційної експертизи здійснювали відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (Загальна частина)» та «Методики визначення відповідності сортів горошку посівного (вики) (*Vicia sativa* L.) критеріям відмінності, однорідності та стабільності» [23, 24], «Методики проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні» [25].

Ґрунти дослідних ділянок характерні для відповідної зони вирощування (Лісостеп, Полісся). Схема дослідів передбачала вивчення біологічних особливостей та продуктивності сортів горошку посівного ярого. Агротехнічні операції були загальноприйнятими для кожної ґрунтово-кліматичної зони України.

Для визначення вмісту сирого протеїну в горошку посівному ярому використовували «Методику проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на

придатність до поширення. Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [26]. Дослідження проводили в лабораторії показників якості сортів рослин Українського інституту експертизи сортів рослин.

Результати досліджень. Для досягнення поставленої мети було проаналізовано Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні (далі – Реєстр сортів), станом на березень 2026 року, який є важливим елементом державного регулювання в галузі насінництва та розсадництва, що забезпечує законність, якість та стабільний розвиток ринку насіння в Україні. Реєстр сортів налічує 20 сортів горошку посівного ярого з яких 14 (70%) вітчизняної та 6 сортів (30%) іноземної селекції (рис. 1).



Рис. 1. Розподіл горошку посівного ярого у Реєстрі сортів

Сортова політика горошку посівного ярого в основному базується на вітчизняному асортименті. Сучасний ринок усіх сортів горошку посівного ярого представлений більшістю сортами вітчизняної селекції. Таку кількість сортів цього ботанічного таксону можна вважати достатньою для забезпечення розвитку відповідної галузі – тваринництва і не зовсім, якщо врахувати різні кліматичні регіони і широкий напрям використання продуктів переробки рослин горошку посівного ярого.

Першим зареєстрованим сортом горошку посівного ярого, що внесено до Реєстру сортів – ‘Білоцерківська 96’, заявниками якого є Синьогуб Сергій Васильович, Білоцерківська дослідно-селекційна станція ім. О. К. Коломієць Інституту цукрових буряків НААН, Сидорчук Валерій Іванович. Сорт зареєстрований у 2001 році. З 2001 по 2010 рр. та з 2010 по 2020 рр. до Реєстру сортів внесено по п’ять сортів горошку ярого. З 2021 по 2025 рр. кількість зареєстрованих сортів збільшилась до десяти. За останні п’ять років їх кількість варіювала від 1 до 5 кожного року, крім 2022 року, коли реєстрація сортів була відсутня. Найбільше сортів зареєстровано у 2023 році – 5 сортів, з них три сорти вітчизняної селекції і два іноземної [27].

З метою забезпечення подальшої інтенсифікації тваринницької галузі, особливо молочного скотарства, вітчизняні науково-дослідні установи, незважаючи на несприятливі умови матеріального та фінансового забезпечення, продовжують дослідження зі створення високопродуктивних сортів горошку посівного ярого з підвищеним рівнем біологічної азотфіксації, стійких до основних несприятливих факторів довкілля, хвороб і шкідників, з покращеною якістю кормової маси. Ознайомлення з результатами таких досліджень на кінцевому етапі – кваліфікаційної експертизи, є основною метою даного повідомлення.

За 2025 рік Реєстр сортів поповнився двома сортами горошку посівного ярого. За результатами кваліфікаційної експертизи цих сортів зроблено характеристику за морфологічними та господарськими ознаками (табл. 1).

Таблиця 1

Показники продуктивності сортів горошку посівного ярого в різних ґрунтово-кліматичних зонах України (середнє за 2024-2025 рр.)

Сорт	Урожайність сухої речовини, т/га		Урожайність насіння, т/га		Залистяність, %		Вміст сирого протеїну, %	
	ЛС	П	ЛС	П	ЛС	П	ЛС	П
‘Віриня’	4,36	6,1	2,17	2,04	61,4	57,3	23,4	20,3
‘Таємниця’	4,49	5,85	2,11	1,99	60,8	55,7	21,4	20,5

Показник врожайності заявлених сортів порівнюють з усередненим показником урожайності сортів рослин, що пройшли державну реєстрацію за попередніх п’ять років, величина якого є умовним стандартом, що розраховується щороку для різних ґрунтово-кліматичних зон України та блоків дослідження за групами стиглості [23, 25].

Залистяність важлива ознака, що характеризує якість кормової маси. Листки горошку посівного ярого є найціннішим компонентом у біомасі кормових культур, оскільки містять в 2–3 рази більше протеїну, ніж стебла. Рослини найбільш залистяні в ранні фази вегетації. Залистяність сортів горошку обліковують за першого укосу першого року використання (рис. 2) [25].

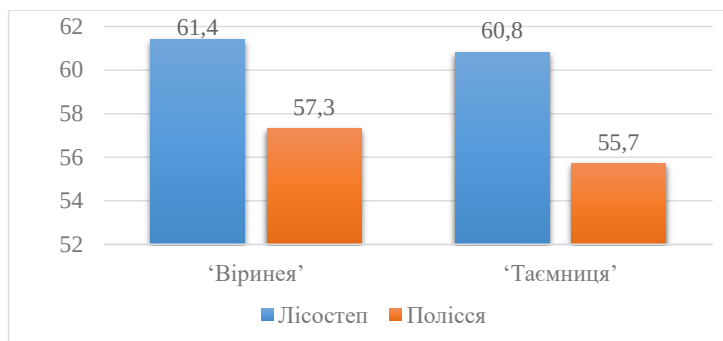


Рис. 2. Залистяність сортів горошку посівного ярого, %

Уміст сирого протеїну в сухій речовині горошку посівного ярого визначали на приладі Kjeltac 8200 FOSS в основу якого покладено класичний метод аналізу за Кьельдалем з подальшим перерахунком на білок (рис. 3) [26].

Сорт горошку посівного ярого – ‘Віриня’, заявник – Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. За результатами експертизи сорт рекомендований до поширення в зоні Полісся.

Сорт характеризується середнім терміном початку цвітіння. На верхньому міжвузлі стебла наявне опушення. Антоціанове забарвлення пазух листків на стеблі відсутнє або дуже слабке. За шириною листочки середні (до 8,5 мм), мають

пряму форму верхівки. Парус квітки світло-фіолетового забарвлення. Біб має середню довжину (без дзьобика) – 57 мм, та ширину – 7-8 мм, дзьобик – 2 мм. Опушення бобу майже відсутнє. Кількість насінневих зачатків – середня (від 6 до 8). Насіннина кулястої форми з коричневим забарвленням насінневої оболонки. Забарвлення сім'ядолей – оранжеве. Маса 1000 насінин становить 72-76 г.

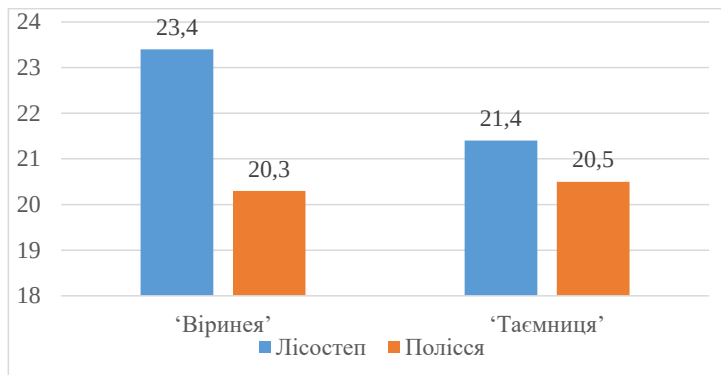


Рис. 3 Вміст сирого протеїну в горошку посівного ярого, % (середнє 2024–2025 рр.)

Сорт рекомендований в зоні Полісся. За роки експертизи сорт стійкий проти хвороб аскохитозу, бурої іржі, пероноспорозу. Залистяність – 57,3%. Середня врожайність сухої речовини в зоні Полісся – 6,1 т/га, насіння – 2,04 т/га. Має високий вміст сирого протеїну в сухій речовині у зоні Полісся – 23,4%. Напрям використання – кормовий.

Сорт горошку посівного ярого – ‘Тасмниця’ створений науковцями Тернопільської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. За результатами експертизи сорт рекомендований до поширення в зоні Полісся.

Сорт середнього часу цвітіння. Наявне опушення на верхньому міжвузлі стебла, антоціанове забарвлення пазух листків – слабе. Листочки середньої ширини, форма верхівки – увігнута. Парус квітки має світло-фіолетове забарвлення. Середня довжина бобу 56 мм, ширина – 8–9, опушення відсутнє або дуже слабе. Дзьобик бобу – короткий (2 мм). Біб має середню кількість насінневих зачатків (від 6 до 7). Насіннина кулястої форми з сіро-коричневим забарвленням насінневої оболонки. Забарвлення сім'ядолей – сірувато-коричнєве. Маса 1000 насінин – 84-86 г.

Сорт рекомендований до поширення в зоні Полісся. За роки експертизи він виявив стійкість до таких хвороб, як аскохитоз, бура іржа та пероноспороз. Залистяність становить 55,7%. Середня врожайність сухої речовини в зоні Полісся склала 5,85 т/га, насіння – 1,99 т/га. Сорт характеризується високим вмістом сирого протеїну в сухій речовині (20,5% для умов Полісся). Напрям використання – кормовий.

Висновки. Нові сорти горошку посівного ярого ‘Віриня’ та ‘Тасмниця’ за результатами кваліфікаційної експертизи відповідають критеріям відмінності, однорідності та стабільності. Завдяки високим показникам урожайності сухої речовини (до 6,1 т/га) та вмісту сирого протеїну (понад 20%) вони рекомендовані для поширення в зоні Полісся як сорти кормового напрямку використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Січкач В. І. Стан і перспективи розвитку виробництва зернобобових культур у світі та Україні. *Збірник наукових праць СГП-НЦНС*. 2015. № 26 (66). С. 9–20. <https://sgi.in.ua/data/documents/Zbirnik-naukovih-prac-SGI-NCNS-no-2666.pdf>
2. Векленко Ю. А., Сенік І. І., Сидорук Г. П., Пиріг Г. І. Формування продуктивності однорічних кормових травосумішок залежно від технологічних заходів вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2022. № 93. С. 76–83. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202293-07
3. Коханюк Н. В., Темченко І. В., Штуць Т. М., Лехман А. А., Барвінченко С. В., Аралов В. І. Основні напрямки селекції зернобобових культур в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН. *Корми і кормовиробництво*. 2022. № 93. С. 31–42. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202293-03
4. Гетман Н. Я. Наукове обґрунтування і розробка технологічних заходів підвищення продуктивності та кормові цінності сумішок однорічних культур у системі зеленого конвеєру центрального лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2003. Спецвипуск. С. 27–29.
5. Петриченко В. Ф., Гетман Н. Я. Ефективність використання агрометеорологічних ресурсів різночасно досягаючими сумішками ранніх ярих культур при конвеєрному виробництві зелених кормів у лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 56. С. 3–7.
6. Гетман Н. Я., Кифорук В. В. Формування кормової продуктивності агрофітоценозів однорічних культур для виробництва високобілкових кормів у Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2010. Вип. 66. С. 73–77.
7. Han S, Sebastian R, Chung J.W. (2021) Identification of Vicia Species Native to South Korea Using Molecular and Morphological Characteristics. *Frontiers in Plant Science*. 12. doi:10.3389/fpls.2021.6085598. Сенік І. І. (2020). Кормова продуктивність озимих кормових агрофітоценозів залежно від елементів технології вирощування. *Подільський вісник*. Вип. 32. С. 68–72. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-1-8>
9. Puyu V., Bakhmat M., Pantysyryeva H., Khmelianchyshyn Y., Stepanchenko V., Bakhmat O. (2021). Social-and-Ecological Aspects of Forage Production Reform in Ukraine in the Early 21st Century. *European Journal of Sustainable Development*. 10(1). 221–228. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n1p221>
10. Аралов В. І., Гуменна Н. І. (2004). Вплив строків і норм висіву на насіннєву продуктивність сортів ярої віки. *Збірник наукових праць Центру наукового забезпечення АПВ*. Вінниця. С. 52–56.
11. Корнійчук О. В., Коваль С. С., Аралов В. І., Мандрик М. О. (2008). Насіння ярої віки збільшує надой і прирости. *Збірник наукових праць ВДАУ*. Вип. 34. Т. 3. С. 296–297.
12. Zajac T. et al. Vertical distribution of Pea (*Pisum sativum* L.) seed yield depending on the applied bacterial inoculants. *Journal of Agricultural Science*. 2013. Vol. 5, № 1. P. 260–268. DOI: 10.5539/jas.v5n1p260
13. Zajac T., Klimek-Kopyra A., Oleksy A. Effect of Rhizobium inoculation of seeds and foliar fertilization on productivity of *Pisum sativum* L. *Acta Agrobotanica*. 2013. Vol. 66, № 2. P. 71–78. DOI: 10.5586/aa.2013.024
14. 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>
15. Ткачук О. П., Овчарук В. В. Екологічний потенціал зернобобових культур у сучасній інтенсивній сівоzmіні. *Сільське господарство та лісівництво*, 2020. № 18. С. 161–171. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-3-14>
16. Векленко Ю. А., Сенік І. І., Сидорук Г. П., Пиріг Г. І. Формування продуктивності однорічних кормових травосумішок залежно від технологічних заходів вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2022. № 93. С. 76–83. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202293-07

17. Abozeid A., Liu J., Tang Z.H. Seed metabolite profiling of *Vicia* species from China via GC-MS. *Natural Product Research*. 2018. 32(15). pp. 1863-1866 DOI: 10.1080/14786419.2017.1405399.

18. Демидась Г. І., Коваленко В. П., Демцюра Ю. В. Вплив способів створення травостою на формування видового складу та вихід сухої речовини з посівів люцерно – злакових сумішей: матеріали XI Всеукраїнської конференції молодих учених та спеціалістів. «Історія освіти, науки і техніки в Україні», (Київ, 16 трав. 2016 р.) Вінниця: ТОВ «Нілан – ЛТД», 2016. С. 92 – 94.

19. Демидась Г. І., Вейлер С. С. Кормова продуктивність біомаси сумісних посівів тритикале ярого з горошком посівним залежно від елементів технології вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2022. № 94. С. 57–66. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202294-06

20. Дзюбайло А. Г., Марцінко Т. І., Головчук М. І. Формування продуктивності бобово-злакових травосумішей залежно від удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (1). С. 39–53. DOI: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-1-3](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-3)

21. Борова В. П., Матіяш Н. О. Продуктивність вівсяно-бобових сумішок залежно від рівня мінерального живлення в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2013. № 75. С. 57–61. <https://fri-journal.com/index.php/journal/article/view/645>

22. Сенік І. І. Техніко-економічна оцінка способів сівби бобово-злакових агрофітоценозів. *Зрошуване землеробство*. 2020. № 74. С. 72–75. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.74.12>

23. Мельник С. І., Присяжнюк Л. М., Гринів С. М. (2024). Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (загальна частина). Вінниця: «ТВОРИ», 83 с. <https://sops.gov.ua/uploads/page/metodiki/metodZagChapter.pdf>

24. Методика визначення відповідності сортів горошку посівного (вики) (*Vicia sativa* L.) критеріям відмінності, однорідності та стабільності. https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth_DUS/2024/method_goroh_2024_07.pdf

25. Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні (ПСП) / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2017. – 7 с. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f41539f40a.pdf>

26. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення. Методи визначення показників якості продукції рослинництва, 3-тє вид. випр. і доп. / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2016. – 159 с. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f41997447d.pdf>

27. Мін-во економіки, довкілля та сільського госп-ва України. (2026). Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2026 рік. Взято 16 лютого 2026 з <https://me.gov.ua/view/dc085951-a4fd-4517-8ca5-2b50823c88db>.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 664.314-047.44:633.9]:631.816

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.14>

ЕЛЕМЕНТИ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

Любич В.В. – д.с.-г.н.,
професор кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0003-4100-9063

Невлад В.І. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-3889-6792

Встановлено, що врожайність стебел соняшнику найбільше збільшується від застосування азотної складової повного мінерального добрива. Так, за застосування $P_{60}K_{60}$ забезпечувало збільшення врожайності стебел на 5% порівняно з контролем. Варіанти із внесенням 60 кг/га д. р. азотних добрив у різних комбінаціях з фосфорними і калійними підвищували її на 8–25%. При цьому ефективним було внесення N_{60} . Так, збільшення дози азотних добрив до N_{90-120} забезпечувало збільшення врожайності лише на 1–3% порівняно з N_{60} . Внесення $N_{90}P_{60}K_{90}$ не мало достовірного впливу на врожайність стебел порівняно з варіантом $N_{90}P_{60}K_{60}$. Необхідно відзначити, що застосування позакореневого підживлення борною кислотою в різні фази росту рослин також достовірно не збільшувало врожайності стебел соняшнику.

Відношення врожаю стебел до врожаю насіння соняшнику змінювалось від 2,20 до 2,90 залежно від варіанту дослідів. При цьому в 2024 і 2025 рр. цей показник знижувався від застосування добрив, а в 2023 р. змінювався параболічно з піком при внесенні найбільшої дози азотних добрив. Зниження відношення маси стебел до маси насіння свідчить про збільшення частки товарної продукції в надземній масі соняшнику.

Дослідженнями встановлено, що частка насіння в надземній масі соняшнику зростала, особливо, від застосування азотної складової повного мінерального добрива. У середньому за три роки досліджень цей показник зростав від 26,7% у варіанті без добрив до 27,5–30,2% за внесення добрив.

Урожайність стебел соняшнику значно змінювалась залежно від погодних умов року дослідження. Результати досліджень свідчать, що в 2023 р. найбільше на врожайність стебел соняшнику впливало застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 15,60 т/га. Збільшення дози азотних добрив у складі повного мінерального добрива достовірно не впливало на врожайність стебел. Застосування борних добрив збільшували цей показник до 15,76–16,12 т/га залежно від строку обприскування.

У 2024 р. найбільшу врожайність стебел отримано за вирощування соняшнику при внесенні $N_{120}P_{60}K_{60}$ – 11,65 т/га або на 2,54 т/га більше порівняно з контролем. Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило отримання 10,10 т/га врожаю стебел, що на 15% менше порівняно з внесенням найбільшої дози азотних добрив.

У 2025 р. отримано найнижчу врожайність стебел соняшнику. При цьому цей показник збільшувався від 7,62 т/га у варіанті без добрив до 8,19 т/га за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Застосування найбільшої дози азотних добрив забезпечувало отримання 8,76 т/га стебел, що лише на 7% більше порівняно з варіантом $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Ключові слова: удобрення, соняшник, продуктивність, погодні умови, частка насіння.



Liubych V.V., Nevlad V.I. Elements of sunflower productivity depending on fertilizer

It was established that the yield of sunflower stems increases most from the application of the nitrogen component of a complete mineral fertilizer. Thus, the application of $P_{60}K_{60}$ provided an increase in stem yield by 5% compared to the control. Variants with the application of 60 kg/ha d. r. of nitrogen fertilizers in various combinations with phosphorus and potassium increased it by 8–25%. In this case, the application of N_{60} was effective. Thus, an increase in the dose of nitrogen fertilizers to N_{90-120} provided an increase in yield by only 1–3% compared to N_{60} . The application of $N_{90}P_{60}K_{90}$ did not have a significant effect on the yield of stems compared to the $N_{90}P_{60}K_{90}$ variant. It should be noted that the use of foliar feeding with boric acid in different phases of plant growth also did not significantly increase the yield of sunflower stems.

The ratio of stem yield to sunflower seed yield varied from 2.20 to 2.90 depending on the experimental variant. At the same time, in 2024 and 2025, this indicator decreased due to the application of fertilizers, and in 2023, it changed parabolically with a peak when the largest dose of nitrogen fertilizers was applied. A decrease in the ratio of stem mass to seed mass indicates an increase in the share of marketable products in the above-ground mass of sunflower.

Studies have shown that the share of seeds in the above-ground mass of sunflower increased, especially from the application of the nitrogen component of complete mineral fertilizer. On average, over three years of research, this indicator increased from 26.7% in the variant without fertilizers to 27.5–30.2% with fertilizers.

The yield of sunflower stalks varied significantly depending on the weather conditions of the study year. The results of the studies show that in 2023, the yield of sunflower stalks was most affected by the application of $N_{60}P_{60}K_{90}$ – 15.60 t/ha. An increase in the dose of nitrogen fertilizers in the composition of complete mineral fertilizer did not significantly affect the yield of stalks. The use of boron fertilizers increased this indicator to 15.76–16.12 t/ha depending on the spraying period. In 2024, the highest yield of stalks was obtained when growing sunflower with the application of $N_{120}P_{60}K_{90}$ – 11.65 t/ha or 2.54 t/ha more compared to the control. The use of $N_{60}P_{60}K_{90}$ ensured the production of 10.10 t/ha of stalks, which is 15% less compared to the application of the highest dose of nitrogen fertilizers.

In 2025, the lowest yield of sunflower stalks was obtained. At the same time, this indicator increased from 7.62 t/ha in the variant without fertilizers to 8.19 t/ha with the application of $N_{60}P_{60}K_{90}$. The use of the highest dose of nitrogen fertilizers ensured the production of 8.76 t/ha of stalks, which is only 7% more compared to the variant $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Key words: fertilizers, sunflower, productivity, weather conditions, seed fraction.

Актуальність теми дослідження. Очікується, що до середини XXI століття населення світу наблизиться до 9,7 мільярда, що створює величезні виклики для сільськогосподарських систем у всьому світі. Ці виклики виходять за рамки задоволення зростаючого попиту на продукти харчування та вирішують питання екологічної стійкості в умовах обмежених земельних ресурсів та зростаючого впливу зміни клімату [1]. Прогнози показують, що попит на продукти харчування зростає на 30–62% протягом того ж періоду, що ще більше посилить тиск на сільськогосподарське виробництво [2].

Соняшник (*Helianthus annuus*) – це економічно та сільськогосподарськи важлива культура, яку широко культивують у багатьох регіонах світу. Його основні переваги полягають у високій посухостійкості та широкій адаптивності, що дозволяє йому вирощуватися в різних кліматичних умовах, особливо в посушливих або напівпосушливих регіонах, придатних для сільськогосподарського виробництва [3]. Крім цього, соняшник є однією з основних олійних культур у світі, насіння якої багате на олію, що зазвичай використовується для виробництва харчової олії, кормів для тварин та біоенергії, що має широкий ринковий попит [4]. З економічної точки зору, вирощування соняшнику не лише забезпечує фермерів стабільним джерелом доходу, але й сприяє диверсифікації ланцюга поставок сільськогосподарської продукції [5].

Постановка проблеми. Залежність сільського господарства від природних ресурсів значно збільшує його вплив на навколишнє середовище, причому азотні

добрива є основним фактором [6]. Хоча азотні добрива є незамінними для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, їх неефективне використання призводить до значних економічних втрат та серйозних екологічних проблем [7].

Взаємодія ґрунту з рослиною є одним з ключових факторів, що впливають на продуктивність сільськогосподарських культур, включаючи складні взаємодії між корінням рослин, вологою ґрунту, поживними речовинами та мікробними спільнотами [8]. У сільськогосподарському виробництві взаємодія між ґрунтом і рослинами відіграє значну роль у врожайності та якості сільськогосподарських культур [9]. Правильне управління поживними речовинами може сприяти розвитку коренів, підвищувати ефективність поглинання води та поживних речовин, тим самим покращуючи ріст та врожайність культур [10]. Здатність культур ефективно отримувати доступ до ґрунтової води та поживних речовин значною мірою визначається морфологією коренів та їх просторовим і часовим розподілом, що є критично важливим для стимулювання росту та досягнення вищих урожаїв [11, 12]. Було показано, що модифікація внесення азотних добрив позитивно впливає на щільність коренів та структурний розвиток [13].

Отже, внесення добрив, покращуючи розвиток кореневої системи рослин соняшнику, сприяє збільшенню врожайності насіння. При цьому постійне впровадження нових гібридів цієї культури зумовлює проведення додаткових досліджень щодо внесення добрив.

Методика досліджень. Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у короткотривалому польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи. Повторення дослідів триразове. Площа облікової ділянки 72 м². Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8%, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, рН_{KCl} – 5,7. Добрива застосували відповідно до схеми дослідів, яка представлена в таблицях.

Закладання польових дослідів, проведення спостережень і досліджень проводили у відповідності з рекомендаціями, методичними вказівками і довідниками останніх років. Агротехніка вирощування соняшнику загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу України.

У досліді вирощували гібрид соняшнику НК Неома (NK NEOMA CRU CLEARFIELD) «Сингента»). Гібрид середньостиглий інтенсивного типу з середньою енергією початкового росту і дуже високим потенціалом урожайності. Кращу віддачу забезпечує на родючих ґрунтах, добре реагує на внесення добрив і підживлення. Один з найкращих і найпопулярніших гібридів для технології Clearfield® (під Євролайтинг).

Урожайність насіння та стебел визначали методом прямого комбайнування з кожної ділянки окремо.

Статистичне оброблення цифрового матеріалу здійснювали методом польового однофакторного дисперсійного аналізу польового дослідів. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA).

Результати досліджень. Встановлено, що врожайність стебел соняшнику найбільше збільшується від застосування азотної складової повного мінерального добрива (табл. 1). Так, за застосування P₆₀K₆₀ забезпечувало збільшення врожайності стебел на 5% порівняно з контролем. Варіанти із внесенням 60 кг/га д. р. азотних добрив у різних комбінаціях з фосфорними і калійними підвищували її на

8–25%. При цьому ефективним було внесення N_{60} . Так, збільшення дози азотних добрив до N_{90-120} забезпечувало збільшення врожайності лише на 1–3% порівняно з N_{60} . Внесення $N_{90}P_{60}K_{90}$ не мало достовірного впливу на врожайність стебел порівняно з варіантом $N_{90}P_{60}K_{60}$. Необхідно відзначити, що застосування позакореневого підживлення борною кислотою в різні фази росту рослин також достовірно не збільшувало врожайності стебел сояшнику.

Таблиця 1
Урожайність стебел сояшнику залежно від удобрення, т/га

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	11,48	9,11	7,62	9,40
$P_{60}K_{60}$	13,00	8,67	7,82	9,83
$N_{60}K_{60}$	12,60	9,20	8,31	10,04
$N_{60}P_{60}$	13,66	9,96	7,87	10,50
$N_{60}P_{60}K_{60}$	15,60	10,10	8,19	11,30
$N_{90}P_{60}K_{60}$	14,51	11,04	8,71	11,42
$N_{120}P_{60}K_{60}$	14,54	11,65	8,76	11,65
$N_{90}P_{60}K_{90}$	14,32	11,04	8,83	11,40
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	15,76	10,74	8,34	11,61
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	15,99	10,48	8,42	11,63
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	16,12	10,82	8,32	11,76
HP_{05}	0,72	0,61	0,55	–

Урожайність стебел сояшнику значно змінювалась залежно від погодних умов року дослідження. Результати досліджень свідчать, що в 2023 р. найбільше на врожайність стебел сояшнику впливало застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 15,60 т/га. Збільшення дози азотних добрив у складі повного мінерального добрива достовірно не впливало на врожайність стебел. Застосування борних добрив збільшували цей показник до 15,76–16,12 т/га залежно від строку обприскування.

У 2024 р. найбільшу врожайність стебел отримано за вирощування сояшнику при внесенні $N_{120}P_{60}K_{60}$ – 11,65 т/га або на 2,54 т/га більше порівняно з контролем. Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило отримання 10,10 т/га врожаю насіння, що на 15% менше порівняно з внесенням найбільшої дози азотних добрив.

У 2025 р. отримано найнижчу врожайність стебел сояшнику. При цьому цей показник збільшувався від 7,62 т/га у варіанті без добрив до 8,19 т/га за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Застосування найбільшої дози азотних добрив забезпечувало отримання 8,76 т/га стебел, що лише на 7% більше порівняно з варіантом $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Відношення врожаю стебел до врожаю насіння сояшнику не мало чіткої тенденції впродовж років досліджень (табл. 2).

Відношення врожаю стебел до врожаю насіння сояшнику змінювалось від 2,20 до 2,90 залежно від варіанту досліду. При цьому в 2024 і 2025 рр. цей показник знижувався від застосування добрив, а в 2023 р. змінювався параболічно з піком при внесенні найбільшої дози азотних добрив. Зниження відношення маси стебел до маси насіння свідчить про збільшення частки товарної продукції в надземній масі сояшнику.

Дослідженнями встановлено, що частка насіння в надземній масі сояшнику зростала, особливо, від застосування азотної складової повного мінерального

Таблиця 2

Відношення врожаю стебел до насіння соняшнику залежно від удобрення

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	2,58	2,90	2,77	2,75
P ₆₀ K ₆₀	2,61	2,62	2,67	2,63
N ₆₀ K ₆₀	2,48	2,13	2,34	2,32
N ₆₀ P ₆₀	2,52	2,28	2,30	2,37
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,81	2,20	2,27	2,43
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,60	2,36	2,31	2,42
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	2,61	2,34	2,30	2,42
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	2,59	2,32	2,30	2,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + B ₁₂₋₁₄	2,80	2,26	2,29	2,45
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + B ₅₃₋₅₅	2,80	2,22	2,30	2,44
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + B ₁₂₋₁₄ + B ₅₃₋₅₅	2,78	2,25	2,28	2,44

добрива (табл. 3). У середньому за три роки досліджень цей показник зростав від 26,7% у варіанті без добрив до 27,5–30,2% за внесення добрив.

Необхідно відзначити, що найвищим частка насіння соняшнику була в 2024 і 2025 рр. – 25,6–31,3%, а в 2023 р. – 27,7–28,7% залежно від варіанту досліджу.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, елементи продуктивності соняшнику значно покращуються від застосування добрив. При цьому найвищу ефективність має внесення азотного компоненту в складі повного мінерального добрива. Експериментально доведено, що за вирощування гібриду соняшнику Неома ефективним було внесення N₆₀. Частка насіння в надземній масі соняшнику зростала, особливо, від застосування азотної складової повного мінерального добрива. У середньому за три роки досліджень цей показник зростав від 26,7% у варіанті без добрив до 27,5–30,2% за внесення добрив. Перспективним напрямком у дослідженні є визначення ефективності застосування добрив під різні гібриди соняшнику та пошук культиварів з високою реакцією на внесення добрив.

Таблиця 3

Частка насіння в урожаю стебел соняшнику залежно від удобрення, %

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	27,9	25,6	26,5	26,7
P ₆₀ K ₆₀	27,7	27,6	27,2	27,5
N ₆₀ K ₆₀	28,7	31,9	29,9	30,2
N ₆₀ P ₆₀	28,4	30,5	30,3	29,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	26,2	31,3	30,6	29,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	27,8	29,8	30,2	29,3
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	27,7	29,9	30,3	29,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	27,9	30,1	30,3	29,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + B ₁₂₋₁₄	26,3	30,7	30,4	29,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + B ₅₃₋₅₅	26,3	31,1	30,3	29,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + B ₁₂₋₁₄ + B ₅₃₋₅₅	26,5	30,8	30,5	29,2

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ECONOMIC, U.N.D.F., AFFAIRS., S., 2023. World population prospects 2022: Summary of results. UN.
2. Eddarai E.M., Mouzahim M. El, Ragaoui B., Eladaoui S., Bourd Y., Bellaouchou A., Boussen R. Review of current trends in chitosan based controlled and slow-release fertilizer: from green chemistry to circular economy. *Int J. Biol. Macromol.* 2024. Vol. 278. Article 134982.
3. Любич В. В., Стоцький О. В. Господарське та відносне винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 146. Ч. 1. С. 43–48.
4. Chen J., Fan X., Zhang L., Chen X., Sun S., Sun R.C. Research progress in lignin-based slow/controlled release fertilizer. *ChemSusChem.* 2020. Vol. 13. P. 4356–4366.
5. Galliano D., Magrini M.-B., Tardy C., Triboulet P. Eco-innovation in plant breeding: insights from the sunflower industry. *J. Clean. Prod.* 2018. Vol. 172. P. 2225–2233.
6. Han J., Shi J., Zeng L., Xu J., Wu L. Effects of nitrogen fertilization on the acidity and salinity of greenhouse soils *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2015. Vol. 22. P. 2976–2986.
7. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету.* 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 126–133.
8. Albornoz F. Crop responses to nitrogen overfertilization: a review. *Sci. Hortic.* 2016. Vol. 205. P. 79–83.
9. Любич В. В., Стратуца Я. С. Вміст азоту в зерні тритикале озимого та його параметри залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 145. С. 218–225.
10. Adeleke B.S., Babalola O.O. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Sci. Nutr.* 2020. Vol. 8. P. 4666–4684.
11. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. *Збірник наукових праць Уманського національного університету.* 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 554–553.
12. Ali M.F., Han R., Lin X., Wang D. Controlled-release nitrogen combined with ordinary nitrogen fertilizer improved nitrogen uptake and productivity of winter wheat. *Front. Plant Sci.* 2025. Vol. 15. Article 1504083.
13. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування індивідуальної продуктивності рослин соняшнику за різних доз добрив і їх поєднання. *Збірник наукових праць Уманського національного університету.* 2025. Вип. 107. Ч. 1. С. 559–565.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.15:631.5:632.95(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.15>

УРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГЕРБІЦИДНОГО ЗАХИСТУ ТА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Марковська О.Є. – д.с.-г.н., професор,

завідувач кафедри-професор кафедри ботаніки та захисту рослин,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-4810-7443

Мечет А.О. – аспірант кафедри ботаніки та захисту рослин,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0009-0009-9747-1768

У статті наведено результати дослідження впливу способів основного обробітку ґрунту та систем гербіцидного захисту на забур'яненість агроценозу та урожайність гібридів кукурудзи в умовах Північного Степу України. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на чорноземі звичайному середньогумусному в умовах Кіровоградської області. Метою роботи було встановити ефективність поєднання агротехнічних і хімічних заходів у системі управління забур'яненістю посівів кукурудзи.

Встановлено, що інтенсивність обробітку ґрунту суттєво впливала на рівень забур'яненості. За використання безпліцевого обробітку (дискування) чисельність злакових бур'янів становила 109,0–113,1 шт./м², що на 26–30% більше порівняно з оранкою (82,6–84,3 шт./м²). Аналогічна тенденція відмічена і для дводольних бур'янів, чисельність яких зростала з 39,5–44,9 до 71,2–76,9 шт./м². У структурі бур'янів домінували мишій зелений (35,4–37,6%) та просо півняче (28,7–31,4%), що визначало характер конкурентних відносин у агроценозі.

Застосування гербіцидів забезпечувало істотне зниження чисельності та маси бур'янів. Найвищу технічну ефективність (95,8–97,3%) отримано за комбінованого застосування препаратів Фортендо КС (4,0 л/га) та Мезотрекс Ультра МД (2,0 л/га), тоді як за окремого внесення ефективність становила 76,7–84,4% і 92,8–93,7% відповідно.

Повітряно-суха маса бур'янів у контрольних варіантах досягала 645,3–935,2 г/м², тоді як за застосування гербіцидів знижувалась до 19,4–36,5 г/м², що свідчить про високий рівень контролю сегетальної рослинності.

Встановлено, що рівень урожайності кукурудзи прямо залежав від ефективності контролю бур'янів. Найвищу врожайність (до 9,13 т/га) отримано за інтегрованого застосування гербіцидів на фоні оранки, тоді як у контрольних варіантах вона становила лише 2,72–3,97 т/га. Доведено, що визначальний вплив на формування продуктивності мав фактор системи захисту, тоді як вплив гібриду був менш вираженим.

Отримані результати підтверджують доцільність поєднання агротехнічних і хімічних заходів як ефективної стратегії управління забур'яненістю та підвищення продуктивності кукурудзи в умовах Північного Степу України.

Ключові слова: урожайність, оранка, чисельний обробіток ґрунту, бур'яни, технічна ефективність, повітряно-суха маса.

Markovska O.Ye., Mechet A.O. Yield of maize hybrids as affected by herbicide protection systems and tillage in Southern Ukraine

The article presents the results of a study on the effect of primary tillage methods and herbicide protection systems on weed infestation of the agrocenosis and the yield of maize



© Марковська О.Є., Мечет А.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

hybrids under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. The research was conducted in 2024–2025 on typical medium-humus chernozem soils in the Kirovohrad region. The aim of the study was to determine the effectiveness of combining agronomic and chemical measures in weed management systems in maize crops.

It was established that tillage intensity significantly affected the level of weed infestation. Under non-moldboard tillage (disking), the density of grassy weeds reached 109.0–113.1 plants/m², which was 26–30% higher compared to plowing (82.6–84.3 plants/m²). A similar trend was observed for broadleaf weeds, whose density increased from 39.5–44.9 to 71.2–76.9 plants/m². The weed community was dominated by *Setaria viridis* (35.4–37.6%) and *Echinochloa crus-galli* (28.7–31.4%), which determined the competitive interactions within the agrocenosis.

Herbicide application ensured a significant reduction in both weed density and biomass. The highest technical efficiency (95.8–97.3%) was achieved with the combined use of Fortendo CS (4.0 L/ha) applied pre-sowing and Mezotrex Ultra MD (2.0 L/ha) applied post-emergence, whereas separate applications resulted in efficiencies of 76.7–84.4% and 92.8–93.7%, respectively.

The air-dry biomass of weeds in control treatments reached 645.3–935.2 g/m², while under herbicide application it decreased to 19.4–36.5 g/m², indicating a high level of weed control.

It was determined that maize yield directly depended on the effectiveness of weed control. The highest yield (up to 9.13 t/ha) was obtained under integrated herbicide application combined with plowing, whereas in the control treatments it ranged from 2.72 to 3.97 t/ha. It was proven that the herbicide protection system had the greatest influence on yield formation, while the effect of the hybrid factor was less pronounced.

The obtained results confirm the effectiveness of integrating agronomic and chemical measures as a strategy for efficient weed management and increasing maize productivity under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine.

Key words: maize yield, plowing, disking, chisel tillage, weeds, technical efficiency, air-dry biomass.

Постановка проблеми. Урожайність гібридів кукурудзи значною мірою визначається фітосанітарним станом агроценозу, в якому провідну роль відіграє рівень забур'яненості посівів. В умовах Північного Степу України за високих температур повітря, нерівномірного розподілу опадів та частих періодів ґрунтової посухи конкуренція між культурними рослинами і бур'янами суттєво посилюється, що може призводити до значного зниження урожаю культури [1].

Сучасні інтегровані системи захисту кукурудзи передбачають застосування гербіцидів як основного інструменту контролю забур'яненості. Водночас ефективність гербіцидного захисту суттєво залежить не лише від спектра видів, що контролюються препаратами, але й від застосування агротехнічних заходів, зокрема способів основного обробітку ґрунту, які впливають на рівномірність розподілу насіння бур'янів у ґрунтовому профілі, умови їх проростання та формування видового складу сегетального компоненту агрофітоценозу [2].

У практиці землеробства часто розглядають гербіцидний захист і обробіток ґрунту як окремі елементи технології вирощування культури, що може призводити до зниження загальної ефективності системи контролю бур'янів. Разом з тим взаємодія цих факторів є складною і недостатньо вивченою, особливо в умовах Північного Степу України, де кліматичні чинники суттєво впливають на дію як гербіцидів, так і агротехнічних заходів [3, 4].

У зв'язку з цим виникає необхідність комплексної оцінки впливу систем гербіцидного захисту у поєднанні з різними способами основного обробітку ґрунту на формування урожайності гібридів кукурудзи, що дозволить обґрунтувати ефективні технологічні рішення для умов Північного Степу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасному землеробстві значна увага приділяється оптимізації систем контролю забур'яненості посівів кукурудзи, оскільки бур'яни є одним із основних факторів, що обмежують реалізацію потенціалу продуктивності гібридів. За даними досліджень втрати урожаю

кукурудзи внаслідок конкуренції з рослинами бур'янів можуть досягати 30–50% і більше залежно від їх видового складу та умов вегетації [5].

Більшість сучасних наукових робіт присвячена оцінці ефективності гербіцидів та їх поєднань. Встановлено, що застосування гербіцидів забезпечує достовірне підвищення урожайності кукурудзи порівняно з необробленими варіантами, тоді як різниця між нормами внесення або їх модифікаціями не завжди є істотною [6]. При цьому використання комбінованих або інтегрованих систем контролю дозволяє не лише підвищити ефективність управління бур'янами, а й зменшити гербіцидне навантаження без втрати продуктивності [7, 8].

Водночас підкреслюється, що хімічний контроль, незважаючи на домінуючу роль, має низку обмежень, зокрема пов'язаних із формуванням резистентності бур'янів та екологічними ризиками [9].

У зв'язку з цим дедалі більшого значення набуває розроблення інтегрованих систем управління забур'яненістю, які передбачають поєднання хімічних і агротехнічних заходів [10, 11].

Серед агротехнічних факторів важливе місце займає спосіб основного обробітку ґрунту, який визначає розподіл насіння бур'янів у ґрунтовому профілі та умови їх проростання [12].

Обробіток ґрунту є одним із найбільш вагомих чинників, що впливає на чисельність бур'янів у посівах кукурудзи, інколи навіть більше, ніж застосування гербіцидів [13]. Крім того, сучасні агроекологічні підходи доводять можливість підтримання стабільної урожайності кукурудзи за рахунок оптимізації систем обробітку ґрунту та зменшення хімічного навантаження.

Разом із тим, у науковій літературі недостатньо висвітлено питання взаємодії систем гербіцидного захисту та способів основного обробітку ґрунту в умовах конкретних ґрунтово-кліматичних зон. Найвні дослідження здебільшого розглядають ці фактори ізольовано, що не дозволяє повною мірою оцінити їх комбінований вплив на формування урожайності гібридів кукурудзи [14, 15].

Особливо це актуально для умов Північного Степу України, де поєднання високих температур, дефіциту вологи та специфіки ґрунтів істотно модифікує як розвиток бур'янів, так і ефективність заходів їх контролю [16].

У зв'язку з цим виникає необхідність комплексних досліджень, спрямованих на встановлення закономірностей взаємодії гербіцидного захисту та способів обробітку ґрунту з метою підвищення урожайності кукурудзи.

Постановка завдання. Метою дослідження було встановити урожайність гібридів кукурудзи залежно від способів основного обробітку ґрунту в сівозміні та систем застосування гербіцидів в умовах Північного Степу України. Дослідження проведено в умовах фермерського господарства «Алоей», розташованого в Новоукраїнському районі Кіровоградської області.

Ґрунтовий покрив місця проведення дослідження представлений чорноземом звичайним середньогумусним глибоким важкосуглинковим. Потужність гумусного горизонту – 35–45 см, вміст гумусу – 4,6%. Вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 110 мг/кг ґрунту, рухомих сполук фосфору та калію (за Чириковим) – відповідно 129 і 126 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину – нейтральна (рН 7,1), попередник соя.

Під час виконання дослідження застосовували такі методи: польовий – для проведення спостережень за ростом і розвитком рослин, формуванням елементів продуктивності та умовами вегетації, оцінки фенологічних фаз розвитку кукурудзи та рівня забур'яненості посівів; вимірювально-ваговий – для визначення

біометричних показників рослин, обліку чисельності бур'янів та їх повітряно-сухої маси, структури врожаю та урожайності; лабораторний – для визначення агрохімічних показників ґрунту; математично-статистичний – для проведення дисперсійного аналізу з метою оцінки достовірності впливу досліджуваних факторів і їх взаємодії.

Дослід трифакторний, закладений у чотириразовій повторності методом розщеплених ділянок із систематичним розміщенням варіантів. Загальна площа дослідної ділянки – 80 м², облікової – 50 м².

Схема досліду передбачала дослідження таких факторів: А – гібриди кукурудзи; В – спосіб основного обробітку ґрунту; С – система захисту від бур'янів. Схему досліду наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Схема досліду

Гібрид (фактор А)	Спосіб основного обробітку ґрунту (Фактор В)	Система хімічного захисту від бур'янів (Фактор С)
Вархол	Полицевий обробіток (плуг ПОН-5-40+1, 30-32 см)	Контроль (без застосування гербіцидів)
	Безполицевий обробіток-1 (чизель-глибокорозпушувач, PTS – 7, 30-32 см)	Фортендо КС, 4,0 л/га (а) Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (б)*
	Безполицевий обробіток-2 (БПД – 4,2 «Фрегат», 22-25 см)	Фортендо КС, 4,0 л/га (а)*, Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (б)*
Блекрок	Полицевий обробіток (плуг ПОН-5-40+1, 30-32 см)	Контроль (без застосування гербіцидів)
	Безполицевий обробіток-1 (чизель-глибокорозпушувач, PTS – 7, 30-32 см)	Фортендо КС, 4,0 л/га (а) Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (б)*
	Безполицевий обробіток-2 (БПД – 4,2 «Фрегат», 22– 25 см)	Фортендо КС, 4,0 л/га (а)*, Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (б)*
Мітинг	Полицевий обробіток (плуг ПОН-5-40+1, 30-32 см)	Контроль (без застосування гербіцидів)
	Безполицевий обробіток-1 (чизель-глибокорозпушувач, PTS – 7, 30-32 см)	Фортендо КС, 4,0 л/га (а) Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (б)*
	Безполицевий обробіток-2 (БПД – 4,2 «Фрегат», 22-25 см)	Фортендо КС, 4,0 л/га (а)*, Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (б)*

* Примітка: а – допосівне внесення; б – післясходове внесення.

Визначення технічної ефективності гербіцидів виконували відповідно методики випробування пестицидів [17]. Статистичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу (ANOVA) згідно з класичними підходами польового досліду, з використанням критерію F_{05} для оцінки достовірності різниць між варіантами [18].

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим чинником формування продуктивності кукурудзи та рівня забур'яненості агроценозу є погодні умови

в період вегетації культури. Гідротермічний режим визначає інтенсивність проростання насіння бур'янів, їх конкурентну здатність, а також ефективність дії гербіцидів, зокрема ґрунтових і післясходових препаратів. Умови зволоження та температурний режим у роки проведення дослідження істотно відрізнялися від середньобагаторічних показників, що створювало різні передумови для росту і розвитку як кукурудзи, так і сегетальної рослинності (табл. 2).

Таблиця 2
Гідротермічні умови місяця проведення дослідження (2024–2025 рр.)

Місяць	2024 р.		2025 р.		Середньобагаторічні	
	t, °C	опад, мм	t, °C	опад, мм	t, °C	опад, мм
Березень	6,5	21,0	8,1	15,0	2,3	37,0
Квітень	12,6	15,0	12,9	32,0	12,6	38,0
Травень	17,4	40,0	13,8	109,0	15,7	51,0
Червень	22,3	42,0	19,7	18,0	19,6	72,0
Липень	27,1	10,0	21,6	56,0	23,9	59,0
Серпень	25,5	15,0	21,2	14,0	21,3	48,0
Вересень	19,2	22,0	16,9	23,0	14,7	38,0
Жовтень	10,3	55,0	9,4	77,0	8,1	27,0
Σ/x̄	17,6	220,0	15,5	344,0	14,8	370,0
ГТК	0,48		0,78		0,93	

Аналіз погодних умов свідчить, що 2024 рік характеризувався підвищеними температурами у літні місяці за одночасного дефіциту вологи, особливо в критичні періоди росту кукурудзи. Сума опадів за вегетаційний період становила 220,0 мм, що істотно нижче середньобагаторічного рівня (370,0 мм), а значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК – 0,48) вказує на вкрай посушливі умови. Це стримувало розвиток як рослин кукурудзи, так і частини видів бур'янів. У 2025 році спостерігалось більш рівномірне забезпечення вологою, особливо в травні та липні, що зумовило збільшення загальної суми опадів до 344,0 мм.

Значення ГТК становило 0,78, що свідчить про близьке до оптимального зволоження для формування врожаю кукурудзи. Одночасно створювалися більш сприятливі передумови для розвитку бур'янів.

Таким чином, контрастні погодні умови років дослідження дозволили більш об'єктивно оцінити ефективність способів основного обробітку ґрунту і систем гербіцидного захисту в різних гідротермічних умовах.

Структура забур'яненості агроценозу кукурудзи істотно залежала від способів основного обробітку ґрунту. У складі сегетальної рослинності переважали злакові бур'яни, частка яких у загальній чисельності становила 60,0–67,0% залежно від варіанту обробітку ґрунту та року дослідження.

За оранки кількість злакових бур'янів становила 82,6–84,3 шт./м², що відповідало їх частці на рівні 65,0–67,0%. Водночас чисельність дводольних бур'янів була нижчою і становила 39,5–44,9 шт./м² або 33,0–35,0% (табл. 3).

За чизельного обробітку ґрунту спостерігалось зростання загальної чисельності бур'янів, зокрема злакових до 89,4–98,2 шт./м², за відносно стабільної їх частки (66,0%). Кількість дводольних бур'янів у цьому варіанті зростала до 48,7–52,3 шт./м², що свідчить про менш ефективне загортання насіння бур'янів у ґрунт. Найвищий рівень забур'яненості відзначено за дискування, де чисельність злакових бур'янів

досягала 109,0–113,1 шт./м², а дводольних – 71,2–76,9 шт./м². При цьому частка злакових бур'янів дещо знижувалася (60,0–61,0%) за рахунок зростання питомої ваги дводольних видів (39,0–40,0%).

Таблиця 3

Структура сегетальної рослинності агроценозу кукурудзи (2024–2025 рр.)

Спосіб основного обробітку ґрунту	Злакові бур'яни				Дводольні бур'яни			
	шт./м ²		частка, %		шт./м ²		частка, %	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025
Полицевий обробіток ґрунту (оранка)	82,6	84,3	67,0	65,0	39,5	44,9	33,0	35,0
Безполицевий обробіток ґрунту (чизелювання)	89,4	98,2	66,0	66,0	48,7	52,3	34,0	34,0
Безполицевий обробіток ґрунту (дискування)	109,0	113,1	61,0	60,0	71,2	76,9	39,0	40,0

Отже, зменшення інтенсивності обробітку ґрунту призвело до підвищення загального рівня забур'яненості посівів кукурудзи, а також зміни співвідношення між біологічними групами бур'янів у напрямі збільшення частки дводольних видів.

В агроценозі кукурудзи домінували злакові види, зокрема мишій зелений та просо півняче, частка яких становила відповідно 35,4–37,6% і 28,7–31,4% залежно від року дослідження. Серед дводольних бур'янів найбільш поширеними були щиряця звичайна (12,4–13,7%) та лобода біла (8,7–10,3%). Частка багаторічних коренепаросткових видів (осоти рожевий та жовтий) була найменшою – 7,0–7,5% (рис. 1).

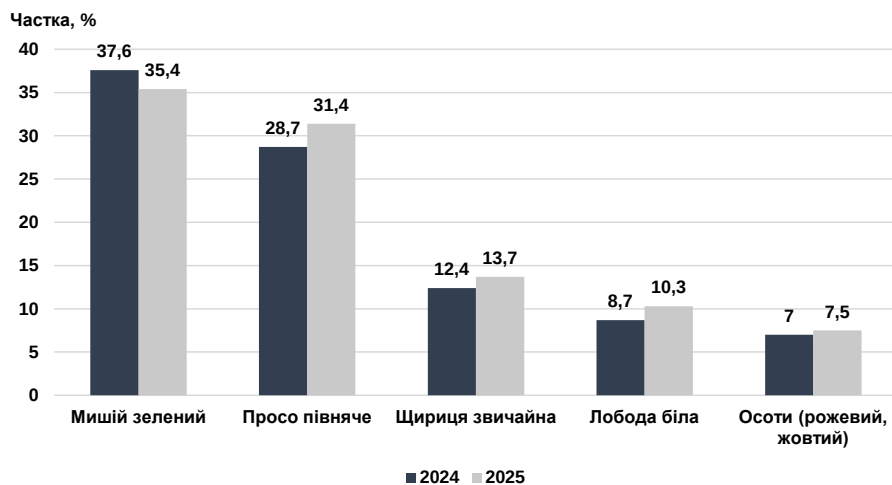


Рис. 1. Структура комплексу домінуючих видів бур'янів в агроценозі кукурудзи (2024–2025 рр.)

У цілому видовий склад бур'янів був відносно стабільним за роками дослідження, однак у 2025 році спостерігалася тенденція до незначного зростання частки дводольних видів, що можна пояснити більш сприятливими умовами зволоження.

Рівень забур'яненості посівів кукурудзи визначався насамперед системою гербіцидного захисту та способом основного обробітку ґрунту, істотного впливу гібридів на кількість бур'янів не встановлено.

Найвищі показники чисельності як злакових, так і дводольних бур'янів відзначено у контрольних варіантах без застосування гербіцидів (табл. 4).

Таблиця 4

Кількість бур'янів у агроценозі кукурудзи залежно від способів основного обробітку ґрунту та схем застосування гербіцидів

Спосіб основного обробітку ґрунту (Фактор В)	Система хімічного захисту від бур'янів (Фактор С)	Злакові бур'яни, шт./м ²		Дводольні бур'яни, шт./м ²	
		2024 р.	2025 р.	2024 р.	2025 р.
Полицевий обробіток ґрунту (оранка)	Контроль (без обробки)	82,60±1,56 е	84,30±0,80 е	39,35±0,85 е	44,75±1,29 d
	Фортендо КС, 4,0 л/га, (а)*	15,53±0,32 с	16,88±0,31 d	8,55±0,35 с	11,92±0,61 с
	Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (b)	4,45±0,28 а	5,10±0,27 b	2,98±0,21 а	3,75±0,13 а
	Фортендо КС, 4,0 л/га, Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (а, b)	1,98±0,21 а	1,55±0,09 а	1,20±0,15 а	1,60±0,19 а
Безполицевий обробіток ґрунту (чизелювання)	Контроль (без обробки)	89,40±1,96 f	98,20±0,85 f	48,70±0,75 f	52,30±1,17 е
	Фортендо КС, 4,0 л/га, (а)*	13,30±0,44 с	15,15±0,62 d	11,90±0,65 d	13,75±0,80 с
	Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (b)	5,10±0,16 b	5,38±0,35 b	3,83±0,14 b	4,57±0,19 b
	Фортендо КС, 4,0 л/га, Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (а, b)	2,98±0,21 а	3,00±0,32 а	1,98±0,21 а	2,50±0,27 а
Безполицевий обробіток ґрунту (дискування)	Контроль (без обробки)	109,00±1,30 g	113,05±1,76 g	71,18±2,78 g	76,85±2,43 f
	Фортендо КС, 4,0 л/га, (а)*	16,02±0,61 d	16,85±0,77 d	11,78±0,39 d	12,47±0,37 с
	Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (b)	7,00±0,22 b	7,58±0,37 с	4,53±0,27 b	5,50±0,29 b
	Фортендо КС, 4,0 л/га, Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (а, b)	3,95±0,35 а	4,03±0,21 b	3,00±0,31 а	3,47±0,27 а

Примітка *: дані наведено як середнє значення±стандартна похибка. Однакові літери в межах одного показника та року дослідження не відрізнялися статистично, різні – відрізняються достовірно за $p \leq 0,05$ (НІР₀₅).

Зокрема, за дискування кількість злакових бур'янів досягала 109,0–113,1 шт./м², а дводольних – 71,2–76,9 шт./м², що достовірно перевищувало відповідні показники за оранки та чизелювання. Застосування гербіцидів істотно знизило чисельність бур'янів у всіх варіантах досліджу. За допосівного внесення препарату Фортендо КС кількість злакових бур'янів зменшилася до 13,3–16,9 шт./м², а дводольних до 8,6–13,8 шт./м² залежно від способів основного обробітку ґрунту в сівозміні.

Більш ефективним було післясходове застосування препарату Мезотрекс Ультра МД, за якого чисельність злакових бур'янів становила 4,4–7,6 шт./м², а дводольних – 3,0–5,5 шт./м².

Найменшу кількість бур'янів відзначено за використання гербіцидів Фортендо КС (допосівне внесення) Мезотрекс Ультра МД (післясходове), де чисельність злакових бур'янів знизилася до 1,5–4,0 шт./м², а дводольних – до 1,2–3,5 шт./м², що підтверджується статистично достовірними відмінностями між варіантами.

Таким чином, поєднання допосівного та післясходового внесення гербіцидів забезпечило найефективніше зниження чисельності бур'янів незалежно від способів основного обробітку ґрунту в сівозміні.

Кількість та повітряно-суха маса бур'янів у посівах кукурудзи визначалися передусім способом основного обробітку ґрунту та системою гербіцидного захисту. При цьому істотного впливу гібридів кукурудзи на рівень забур'яненості не встановлено, що свідчить про домінуючу роль агротехнічних і хімічних заходів у регулюванні чисельності бур'янів.

Найвищі показники повітряно-сухої маси бур'янів були у контрольних варіантах без застосування гербіцидів. За оранки цей показник склав у середньому 645,3 г/м², за чизелювання – 747,2 г/м², а за дискування – 935,2 г/м².

Максимальну ефективність забезпечило комбіноване застосування гербіцидів Фортендо КС (до посіву) та Мезотрекс Ультра МД (після сходів), де повітряно-суха маса бур'янів знижувалася до мінімальних значень – 19,4 г/м² за оранки, 26,1 г/м² за чизелювання та 36,5 г/м² за дискування (табл. 5).

Середні значення за фактором В свідчать, що за оранки повітряно-суха маса бур'янів становила 213,3 г/м², за чизелювання – 240,3 г/м², а за дискування – 296,4 г/м², що підтверджує тенденцію до зростання забур'яненості за мінімізації обробітку ґрунту.

Технічна ефективність гербіцидів залежала від системи їх застосування. Найнижчу ефективність забезпечило допосівне внесення препарату Фортендо КС, 4,0 л/га – 76,7–84,4% залежно від варіанту обробітку ґрунту та року дослідження. Значно вищу ефективність мало післясходове застосування препарату Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, де рівень контролю бур'янів досягнув 92,8–93,7%. Це свідчить про високу результативність післясходових гербіцидів у регулюванні забур'яненості посівів кукурудзи в умовах нестабільного зволоження у початковий період вегетації культури. Найвищі показники технічної ефективності відзначено за комбінованого застосування гербіцидів Фортендо КС (до посіву) та Мезотрекс Ультра МД (після сходів), де ефективність становила 95,8–97,3%, що підтвердило доцільність поєднання допосівного та післясходового внесення препаратів (табл. 6).

Ефективність гербіцидного захисту була дещо вищою за безполіцевого обробітку ґрунту (89,7–91,0%) порівняно з оранкою (88,9–89,2%), що можна пояснити вищим вихідним рівнем забур'яненості у цих варіантах.

Урожайність гібридів кукурудзи значною мірою залежала від системи гербіцидного захисту та способів основного обробітку ґрунту, а вплив гібридів як фактору був менш вираженим (табл. 7).

Таблиця 5

**Повітряно-суха маса бур'янів в агроценозі кукурудзи залежно від способів
основного обробітку ґрунту та схем застосування гербіцидів**

Спосіб основного обробітку грунту (Фактор В)	Система хімічного захисту від бур'янів (Фактор С)	Повітряно-суха маса бур'янів, г/м ²						
		злакові		дводольні		Разом		
		2024	2025	2024	2025	2024	2025	Середнє за факто- ром С
Полицевий обробіток грунту (оранка)	Контроль (без обробки)	413,0	418,5	226,5	232,5	639,5	651,0	645,3
	Фортендо КС, 4,0 л/га, (а)*	77,3	83,0	57,9	72,3	135,2	155,3	145,3
	Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (b)	21,5	24,9	18,1	21,6	39,6	46,5	43,1
	Фортендо КС, 4,0 л/га (а), Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (b)	10,1	7,5	8,9	12,3	19,0	19,8	19,4
Середні за фактором В						208,3	218,2	213,3
Безполице- вий обробіток грунту (чизелю- вання)	Контроль (без обробки)	447,5	474,5	273,1	299,3	720,6	773,8	747,2
	Фортендо КС, 4,0 л/га, (а)*	66,2	74,9	65,6	76,5	131,8	151,4	141,6
	Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (b)	25,3	26,4	19,5	21,4	44,8	47,8	46,3
	Фортендо КС, 4,0 л/га (а), Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (b)	14,5	15,0	9,0	13,7	23,5	28,7	26,1
Середні за фактором В						230,2	250,4	240,3
Безполице- вий обробіток грунту (дискування)	Контроль (без обробки)	545,0	558,7	360,6	406,0	905,6	964,7	935,2
	Фортендо КС, 4,0 л/га, (а)*	79,0	83,7	70,4	73,1	149,4	156,8	153,1
	Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, (b)	34,5	37,6	22,5	27,2	57,0	64,8	60,9
	Фортендо КС, 4,0 л/га, Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/ га, (а, b)	20,0	21,4	14,8	16,8	34,8	38,2	36,5
Середні за фактором В						286,7	306,1	296,4
НІР _{0,5} 2024 А – 42,3; В: 36,7; А×В: 63,5, 2025 А – 48,5; В – 39,8; А×В – 68,2								

Примітка: * – а – допосівне внесення; б – післясходове внесення.

Таблиця 6

**Технічна ефективність схем застосування гербіцидів за різних способів
основного обробітку ґрунту в агроценозі кукурудзи**

Спосіб основного обробітку ґрунту (Фактор В)	Система хімічного захисту від бур'янів (Фактор С)	Технічна ефективність, %		
		2024 р.	2025 р.	Середнє за фактором С
Полицейвий обробіток ґрунту (оранка)	Фортендо КС, 4,0 л/га (а)*	79,7	76,7	78,2
	Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (b)	93,5	92,8	92,4
	Фортендо КС, 4,0 л/га (а), Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (b)	97,3	97,3	97,0
	Середні за фактором В	90,2	88,9	89,2
Безполицейвий обробіток ґрунту (чизелювання)	Фортендо КС, 4,0 л/га (а)	80,4	79,1	79,8
	Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (b)	93,3	92,9	93,1
	Фортендо КС, 4,0 л/га (а), Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (b)	96,3	96,1	96,2
	Середні за фактором В	90,0	89,4	89,7
Безполицейвий обробіток ґрунту (дискування)	Фортендо КС, 4,0 л/га (а)	84,4	84,4	83,4
	Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (b)	93,7	93,1	93,7
	Фортендо КС, 4,0 л/га (а), Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га (b)	96,1	96,0	95,8
	Середні за фактором В	91,4	91,2	91,0

Примітка: * – а – допосівне внесення; b – післясходове внесення.

У контрольних варіантах (без застосування гербіцидів) урожайність була найнижчою і становила 2,72–3,97 т/га залежно від гібриду та способу обробітку ґрунту, що зумовлено високим рівнем забур'яненості посівів. Застосування гербіцидів сприяло кращій реалізації генетичного потенціалу продуктивності кукурудзи. За допосівного внесення препарату Фортендо КС, 4,0 л/га урожайність становила 6,03–7,51 т/га, тоді як післясходове застосування препарату Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га забезпечило подальше підвищення цього показника до 6,40–8,50 т/га. Найвищу врожайність отримано за внесення гербіцидів Фортендо КС (до посіву) та Мезотрекс Ультра МД (після сходів), де вона досягала 6,85–9,13 т/га залежно від гібриду та способу обробітку ґрунту. Це свідчить про високу ефективність інтегрованого підходу до контролю бур'янів. Аналіз середніх значень за фактором В показав, що найбільша врожайність формувалася за полицевого обробітку ґрунту (7,05 т/га), дещо нижча за чизелювання (6,73 т/га), і найменша за дискування (5,74 т/га), що узгоджується з рівнем забур'яненості у відповідних варіантах. Серед гібридів найвищий рівень урожайності забезпечив гібрид Мітинг (6,74 т/га), дещо нижчий – Блекрок (6,51 т/га) та Вархол (6,26 т/га).

Таблиця 7

Урожайність гібридів кукурудза за різних способів основного обробітку ґрунту та схем застосування гербіцидів (середнє за 2024-2025 рр.)

Гібрид (Фактор А)	Спосіб основного обробітку ґрунту (Фактор В)	Система хімічного захисту від бур'янів (Фактор С)				Середнє (В)	Середнє (А)
		1	2	3	4*		
Вархол	Полицевий обробіток ґрунту (оранка)	3,69	6,90	7,98	8,60	6,79	6,26
	Безполицевий обробіток ґрунту (чизелювання)	3,22	6,76	7,66	8,28	6,48	
	Безполицевий обробіток ґрунту (дискування)	2,72	6,03	6,40	6,85	5,50	
Блекрок	Полицевий обробіток ґрунту (оранка)	3,83	7,24	8,29	8,92	7,07	6,51
	Безполицевий обробіток ґрунту (чизелювання)	3,40	7,10	7,93	8,54	6,74	
	Безполицевий обробіток ґрунту (дискування)	2,90	6,22	6,63	7,12	5,72	
Мітинг	Полицевий обробіток ґрунту (оранка)	3,97	7,51	8,50	9,13	7,28	6,74
	Безполицевий обробіток ґрунту (чизелювання)	3,47	7,38	8,26	8,78	6,97	
	Безполицевий обробіток ґрунту (дискування)	3,07	6,58	6,90	7,40	5,99	
Середнє за фактором С		3,36	6,86	7,62	8,18		
Середнє за фактором В: Оранка – 7,05; Чизелювання – 6,73; Дискування – 5,74							
НІР ₀₅ , т/га:							
2024 р.: А – 0,072; В – 0,072; С – 0,083; АВ – 0,124; АС – 0,144; ВС – 0,144; АВС – 0,249							
2025 р.: А – 0,075; В – 0,075; С – 0,086; АВ – 0,129; АС – 0,149; ВС – 0,149; АВС – 0,258							

Примітка: * – 1 – контроль (без обробки), 2 – Фортендо КС, 4,0 л/га, 3 – Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га, 4 – Фортендо КС, 4,0 л/га + Мезотрекс Ультра МД, 2,0 л/га. Достовірність впливу факторів та їх взаємодії оцінювали методом дисперсійного аналізу з визначенням НІР₀₅ окремо за роками дослідження.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що рівень забур'яненості агроценозу кукурудзи та її урожайність визначаються насамперед системою гербіцидного захисту та способом основного обробітку ґрунту. Використання безполицевого обробітку ґрунту в сівозміні сприяло підвищенню чисельності та повітряно-сухої маси бур'янів, що негативно позначилося на врожайності. Найвищу ефективність контролю бур'янів (95,8–97,3%) та максимальну врожайність кукурудзи (до 9,13 т/га) забезпечило застосування гербіцидів Фортендо КС (до сівби) та Мезотрекс Ультра МД (після сходів), що підтверджує доцільність інтегрованого підходу до управління забур'яненістю. Таким чином, оптимізація системи захисту рослин у поєднанні з раціональним обробітком ґрунту є головною умовою підвищення ефективності вирощування кукурудзи в умовах Північного Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Markovska O. Ye., Dudchenko V. V., Pikovskyi M. Y., Mechet A. O. Phytosanitary condition of maize agrocoenosis depending on measures to regulate pest organisms in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 140. С. 165–175. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.22>
2. Трембіцька О., Столяр С., Рибак І., Тетера С. Вплив технологій вирощування та способів догляду за посівами на урожайність кукурудзи. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2024. №76(1). С. 69–80. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-7](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-7)
3. Markovska O. Ye. Modelling productivity of crops in short crop rotation at irrigation taking into account agroecological and technological factors. In: Current state, challenges and prospects for research in natural sciences: collective monograph 2019. Lviv–Torun: Liha-Press. Pp. 172–191.
4. Марковська О.Є., Малярчук М. П., Малярчук А.С. Забур'яненість посівів і продуктивність сівозмін на зрошенні залежно від співвідношення культур та систем обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 106. С. 230–236.
5. Сорока С. Ю. Оцінка рівня забур'яненості посівів гібридів кукурудзи залежно від застосування гербіцидів та різної густоти рослин. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 2(37). С. 219–228. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-2-19>
6. Quan C., Zhang J., Feng X., Zhang H., Yang M., Zhu Z., He X., Wang C. Spray deposition and weed control efficacy of a real-time variable-rate boom sprayer applying herbicide at reduced doses in summer maize fields. *Agronomy*. 2025. № 15(8). P. 1953. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15081953>
7. Рудська Н. О. Визначення ефективності системи захисту посівів кукурудзи за різних способів обробітку ґрунту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 17. С. 106–119. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-2-10>
8. Gerhards R., Hüsken K., Gehring K. Evaluation of mechanical and combined chemical with mechanical weeding in maize (*Zea mays* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merr. and winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant, Soil and Environment*. 2024. № 70(12). С. 751–759. DOI: <https://doi.org/10.17221/386/2024-PSE>
9. Shevchenko M. S., Tkach Y. I., Shevchenko S. M., Derevenets-Shevchenko K. A. Global and local trends in weed management under conventional and conservation agriculture. *Agrology*. 2025. № 8(3). С. 121–131. DOI: <https://doi.org/10.32819/202516>
10. Якунін О. П., Заверталюк В. Ф., Бондаренко О. В., Окселек О. М., Заверталюк О. В. Агротехнологічні основи формування врожайності кукурудзи у північному Степу України. Розвиток Придніпровського регіону: агроecологічний аспект (колективна монографія). 2021. С. 358–393. URL: <https://numl.org/1hlB> (дата звернення 20.03.2026 р.).
11. Simić M., Dragičević V., Chachalis D., Dolijanović Ž., Brankov M. Integrated weed management in long-term maize cultivation. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2020. № 107(1). P. 33–40. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2020.107.005>
12. Якунін О. П., Храмцов Л. І., Трубілов О. В. Вплив способу основного обробітку ґрунту на формування врожайності зерна кукурудзи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. № 3. С. 29–31. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vddau_2015_3_7 (дата звернення 20.03.2026 р.).
13. Bezvershchuk I., et al. Sustainable weeds management in maize cultivation: evaluating agroecological practices and tillage systems. *Scientific Horizons*. 2025. № 28(7). С. 22–33. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor7.2025.22>
14. Vasileiadis V. P., Otto S., van Dijk W., Urek G., Leskovšek R., Verschwele A., Furlan L., Sattin M. On-farm evaluation of integrated weed management tools for maize production in three different agro-environments in Europe: agronomic efficacy, herbicide use reduction, and economic sustainability. *European Journal of Agronomy*. 2015. № 63. С. 71–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.12.001>

15. Sharma N., Rayamajhi M. Different aspects of weed management in maize (*Zea mays* L.): a brief review. *Advances in Agriculture*. 2022. 7960175. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7960175>
16. Григорів Я. Я., Турак Ю. О. Особливості вирощування кукурудзи в сучасних умовах (оглядова). *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.9>
17. Методики випробування і застосування пестицидів / С.О. Трибель та ін. Київ : Світ, 2001. 448 с.
18. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковихін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів. Херсон: Айлант, 2013. 336 с.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.37:631.531.027:632.95:658.155

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.16>

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО КОМПЛЕКСУ ЗАХОДІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ НУТУ В ЛІВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Мельник А.В. – д.с.-г.н.,

професор, завідувач кафедри садово-паркового та лісового господарства,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-7318-6262

Червона В.О. – аспірантка

кафедри садово-паркового та лісового господарства,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0009-0000-2849-2017

Червоний Я.М. – аспірант

кафедри садово-паркового та лісового господарства,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0009-0006-3722-9900

Сороколіт Є.М. – здобувач,

кафедра садово-паркового та лісового господарства,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-8749-0094

Романько Ю.О. – к.с.-г.н.,

менеджер з розвитку агрономічних рішень у Східній Європі по гербіцидах та інсектицидах,

ТОВ «Байєр», Україна

orcid.org/0000-0002-1882-2710

У статті представлено результати комплексних досліджень щодо економічного обґрунтування комплексної передпосівної обробки насіння при вирощуванні різних за генетичним потенціалом сортів нуту (Одисей, Іордан, Скарб) в умовах Лівобережного Лісостепу України протягом 2020–2022 рр. Актуальність роботи зумовлена необхідністю адаптації технології вирощування нуту до змін клімату та розв'язання проблеми відсутності в ґрунтах регіону аборигенних специфічних бактерій *Mesorhizobium ciceri*. Методика досліджень базувалася на польових експериментах із вивченням факторів інокуляції (контроль, Ризолайн, Bi-Nitro) та протруювання (Максім Адванс, Стандак ТОП, Редіго М, Февер).

Встановлено, що поєднання інокуляції та протруювання насіння є критичним чинником підвищення рентабельності виробництва та зниження собівартості зерна. Виявлено, що найвищий рівень продуктивності та фінансової віддачі забезпечує сорт Одисей, який за використання комбінації інокулянта Ризолайн та протруйника Февер сформував урожайність 2,62 т/га з піковою рентабельністю 270% та умовно чистим прибутком 46 829 грн/га. Сорти Іордан та Скарб також продемонстрували високу адаптивність до інтенсифікації обробки насіння, забезпечивши рентабельність 207–221%.



© Мельник А.В., Червона В.О., Червоний Я.М., Сороколіт Є.М., Романько Ю.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Доведено, що використання високовартісних протруйників є економічно ризикованим для нуту, оскільки приріст урожайності не компенсує високі витрати на гектарну норму, що призводить до зниження рентабельності на 15–25% порівняно з оптимальною схемою. Обґрунтовано, що універсальною технологічною схемою для досягнення максимального прибутку для всіх досліджуваних сортів є застосування комплексу Ризолайн + Февер. Результати дослідження підтверджують перспективність подальшої біологізації технології через застосування біологічних препаратів. Отримані дані можуть бути використані с/г підприємствами для оптимізації витрат та підвищення конкурентоспроможності вирощування нуту в регіоні.

Ключові слова: нут, сорт, інокуляція, біологізація, протруювання, врожайність, економічна ефективність, собівартість, умовно чистий прибуток, рентабельність.

Melnyk A.V., Chervona V.O., Chervonyi Ya.M., Sorokolit Ye.M., Romanko Yu.O. Economic Justification of a Pre-sowing Complex of Measures for Chickpea Cultivation in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

The article presents the results of comprehensive research on the economic justification of integrated pre-sowing seed treatment for chickpea varieties with different genetic potentials (*Odysei*, *Iordan*, *Skarb*) under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine during 2020–2022. The relevance of the study is driven by the need to adapt chickpea cultivation technologies to climate change and to address the absence of indigenous specific *Mesorhizobium ciceri* bacteria in the region's soils. The research methodology was based on field experiments studying the factors of inoculation (control, *Ryzolayn*, *Bi-Nitro*) and seed dressing (*Maxim Advance*, *Standak TOP*, *Redigo M*, *Fever*).

It was established that the combination of inoculation and seed dressing is a critical factor in increasing production profitability and reducing the cost of grain. The study revealed that the *Odysei* variety provides the highest level of productivity and financial return. Using a combination of the *Ryzolayn* inoculant and *Fever* seed treatment, it achieved a yield of 2.62 t/ha, with peak profitability of 270% and a net profit of 46,829 UAH/ha.

The *Iordan* and *Skarb* varieties also demonstrated high adaptability to intensified seed treatment, ensuring profitability within the range of 207–221%.

It was proven that the use of high-cost seed dressings is economically risky for chickpeas, as the yield increase does not compensate for the high costs per hectare, leading to a 15–25% decrease in profitability compared to the optimal scheme. It was substantiated that the *Ryzolayn* + *Fever* complex is a universal technological scheme for achieving maximum profit for all studied varieties.

The research results confirm the prospects for further biologization of technology through the application of bio-based products. The obtained data can be utilized by agricultural enterprises to optimize costs and increase the competitiveness of chickpea cultivation in the region.

Key words: chickpea, variety, inoculation, seed dressing, yield, production cost, profitability, net profit, biologization.

Актуальність теми дослідження. В умовах аридизації клімату Лівобережного Лісостепу України виникає гостра потреба у впровадженні культур з високим індексом посухостійкості. Нут (*Cicer arietinum* L.), на відміну від більшості зернобобових, володіє унікальним ксероморфним апаратом, що дозволяє йому ефективно функціонувати в умовах теплового стресу і дефіциту опадів. Це робить його не лише ключовим елементом екологізації сучасних систем землеробства, а й важливою експортно-орієнтованою культурою, попит на яку стабільно зростає на світовому ринку білкової продукції [9, с. 65].

Попри природну витривалість, початкова енергія росту нуту та активність його симбіотичного апарату суттєво лімітуються патогенним фоном ґрунту. У зв'язку з цим критично важливим технологічним етапом стає оптимізація передпосівної підготовки насіння, яка повинна забезпечувати синергію між хімічним захистом та біологізацією живлення. Проте будь-яка інтенсифікація технологічних рішень має бути виправданою з точки зору їхньої окупності в сучасних ринкових реаліях [3, с. 28].

Сьогодні аграрний сектор потребує не просто високоврожайних рішень, а чітко розрахованих моделей управління собівартістю. При цьому важливо розуміти, що рентабельність як відносний показник ефективності витрат є лише однією стороною фінансового успіху. Не менш значущим для господарств є абсолютний розмір чистого прибутку з одиниці площі, який визначає реальну купівельну спроможність підприємства та можливості для його подальшого розвитку [4, с. 161].

Відсутність детального порівняння різних схем передпосівної обробки нуту в регіональному розрізі обмежує можливості виробників щодо об'єктивної оцінки як прибутковості, так і окупності інвестицій. Таким чином, наукове обґрунтування фінансової доцільності інокуляції і протруювання насіння нуту є необхідним кроком для підвищення економічної стійкості господарств Лівобережного Лісостепу.

Постановка проблеми. Специфічною біологічною особливістю нуту є його висока вибагливість до наявності в ґрунті вузькоспеціалізованих симбіотичних мікроорганізмів *Mesorhizobium ciceri*. Оскільки нут не є традиційною культурою для більшості регіонів України, у ґрунтах Лівобережного Лісостепу практично відсутні аборигенні бульбочкові бактерії, здатні до ефективного симбіозу з цією культурою [1, с. 75]. Це призводить до того, що без штучної інокуляції рослини відчувають гострий азотний голод, що нівелює їхній генетичний потенціал врожайності [7, с. 14].

Крім того, рівень реалізації продуктивності сучасних сортів залишається частковим через недостатню вивченість комплексних заходів передпосівної підготовки, а саме інокуляції та протруювання [2, с. 128]. Відсутність чітких економічних розрахунків щодо окупності витрат на таку інтенсифікацію в умовах Лівобережного Лісостепу стримує широке впровадження нуту.

Таким чином, наукове обґрунтування оптимального поєднання технологічних заходів для максимізації чистого прибутку та зниження собівартості зерна є актуальним завданням сучасної агрономічної науки.

Метою дослідження є обґрунтування економічної ефективності та продуктивності вирощування сортів нуту (Йордан, Скарб, Одисей) залежно від комплексної передпосівної обробки насіння в умовах Лівобережного Лісостепу України для оптимізації технологічних витрат та отримання максимального прибутку.

Об'єкт дослідження – процеси формування врожайності та показників економічної ефективності вирощування сортів нуту (Йордан, Скарб, Одисей) залежно від елементів технології передпосівної підготовки насіння в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Предмет дослідження – закономірності впливу передпосівного комплексу заходів (інокуляції та протруєння) на продуктивність рослин, собівартість зерна, рівень рентабельності та величину умовно чистого прибутку досліджуваних сортів нуту.

Методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2020–2022 рр. на дослідному полі Сумського національного аграрного університету в умовах Лівобережного Лісостепу України. Об'єктами вивчення слугували сорти нуту вітчизняної селекції – Одисей, Йордан та Скарб. Польові досліди закладали у чотириразовій повторності з обліковою площею ділянки 15 м². Технологія вирощування після ячменю ярого передбачала осіннє лущення стерні з глибокою оранкою та весняне закриття вологи з передпосівною культивуацією. Сівбу здійснювали сівалкою «Клен-1,5С» суцільним рядковим способом (міжряддя 15 см) за температури ґрунту 6–8 °С із нормою висіву 0,5 млн схожих насінин на 1 га та глибиною загортання 6–8 см.

Схема досліджу вивчення впливу інокулянтів: контроль (вода), Ризолайн (2 л/т + протектор Ризосейс 0,5 л/т) та Bi-Nitro нут (2 кг/т). Передпосівний комплекс доповнювали протруюванням насіння: контроль (вода 8 л/т), Максим Адванс (1,0 л/т), Стандак ТОП (1,0 л/т), Редіго М (1,0 л/т) та Февер (0,4 л/т). Збирання врожаю виконували прямим комбайнуванням у фазі повної стиглості з подальшим приведенням зерна до стандартних показників вологості (14%) та чистоти.

Економічну оцінку досліджуваних варіантів передпосівної обробки насіння здійснювали на основі розрахунково-конструктивного методу з використанням нормативів витрат та фактичних цін на енергоносії, добрива, насіння та пестициди станом на жовтень 2022 року. Система економічних показників включала собівартість виробництва зерна (грн/т), умовно чистий прибуток (грн/га), рівень рентабельності (%) [5, с. 100; 6, с. 61]. Розрахунки виконували з використанням типових технологічних карт вирощування нуту для зони Лівобережного Лісостепу, адаптованих до фактичних обсягів робіт у польовому досліді».

Результати досліджень. Узагальнені результати досліджень за 2020–2022 рр. дозволили встановити чітку кореляцію між рівнем інтенсифікації передпосівної підготовки насіння сорту Одисей та кінцевими фінансовими показниками. Зокрема, було проаналізовано вплив біопрепаратів Ризолайнта Bi-Nitro нут у поєднанні з протруйниками на формування собівартості зерна та рівень рентабельності виробництва.

Економічну оцінку ефективності передпосівної обробки насіння розпочато з аналізу сорту Одисей. Дослідження дозволило встановити пряму залежність між інтенсифікацією захисту та живлення насіння і динамікою чистого прибутку в умовах Лівобережного Лісостепу. Основні показники фінансової результативності для сорту Одисей наведено в таблиці 1.

Аналіз таблиці 1 свідчить про те, що передпосівний комплекс заходів має суттєвий вплив на урожайність і фінансову віддачу нуту сорту Одисей.

Застосування інокулянтів продемонструвало високу окупність витрат. Найбільш фінансово вигідним виявилось використання препарату Ризолайн. Навіть без додаткового протруювання (варіант «Ризолайн + контроль») прибуток зріс на 4 577 грн/га (+12,2%) порівняно з абсолютним контролем, а рентабельність піднялася з 230% до 256%. Препарат BiNitro також забезпечив позитивну динаміку прибутку (+1 686 грн/га), проте його економічна ефективність була на 6,8% нижчою порівняно з Ризолайном.

Аналіз прибутковості різних протруйників виявив неоднозначну тенденцію. Лідером за прибутковістю став препарат Февер. Його застосування дозволило досягти найнижчої собівартості виробництва, а саме 6 626,3 грн/т (у комбінації з Ризолайном) та 6 857,0 грн/т (з BiNitro). Це забезпечило максимальний рівень рентабельності у досліді 270%.

Найменш ефективним з точки зору економіки виявився Стандак Топ. Попри непогані показники врожайності, висока вартість препарату призвела до суттєвого зростання витрат на гектар. Як результат, рентабельність у цих варіантах знизилася до мінімальних у досліді значень 206–219%, що на 11–24% нижче за контроль без застосування протруйників.

Найвищу фінансову віддачу забезпечив синергізм факторів у варіанті «Ризолайн + Февер». Ця технологічна схема дозволила отримати пікову масу умовно чистого прибутку 46 829 грн/га. Порівняно з базовою технологією (без інокуляції та протруєння), додатковий чистий прибуток склав 9 286 грн/га, що повністю виправдовує інвестиції у якісні препарати для передпосівної обробки.

Таблиця 1

**Комплексна економічна оцінка технологічних прийомів передпосівної
обробки насіння нуту сорту Одисей (середнє 2020–2022 рр.)**

Сорти (фактор А)	Інокулянти (фактор В)	Протруйники (фактор С)	Урожай- ність, т/га	Собі- вартість, грн/т	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рента- бель- ність, %
Одисей	Контроль	контроль	2,20	7434,8	37543	230
		Максим Адванс	2,22	7 554,0	37620	224
		Стандак Топ	2,27	7 889,6	37706	211
		Редіго М	2,20	7 613,2	37151	222
		Февер	2,33	7 222,4	40257	239
	Ризолайн	контроль	2,39	6 876,8	42120	256
		Максим Адванс	2,56	6 767,0	45396	262
		Стандак Топ	2,39	7 686,9	40183	219
		Редіго М	2,46	7 020,1	43000	249
		Февер	2,62	6 626,3	46829	270
	BiNitro	контроль	2,27	7 218,4	39229	239
		Максим Адванс	2,36	7 179,3	40877	241
		Стандак Топ	2,25	8 007,2	37109	206
		Редіго М	2,32	7 290,5	39926	236
		Февер	2,48	6 857,0	43755	257

Таблиця 2

**Комплексна економічна оцінка технологічних прийомів передпосівної
обробки насіння нуту сорту Іордан (середнє 2020–2022 рр.)**

Сорти (фактор А)	Інокулянти (фактор В)	Протруйники (фактор С)	Урожай- ність, т/га	Собі- вартість, грн/т	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабель- ність, %
Іордан	Контроль	контроль	2,05	8 631,4	32531	184
		Максим Адванс	2,04	8 870,2	31885	176
		Стандак Топ	2,09	9 203,2	31970	166
		Редіго М	2,03	8 905,7	31656	175
		Февер	2,14	8 480,9	34281	189
	Ризолайн	контроль	2,20	8 071,2	36143	204
		Максим Адванс	2,34	7 962,5	38698	208
		Стандак Топ	2,20	8 951,3	34207	174
		Редіго М	2,25	8 258,8	36543	197
		Февер	2,45	7 628,7	41335	221
	BiNitro	контроль	2,07	8 552,0	33012	186
		Максим Адванс	2,17	8 416,7	34901	191
		Стандак Топ	2,10	9 216,1	32096	166
		Редіго М	2,14	8 523,0	34191	187
		Февер	2,26	8 103,6	37056	202

Аналіз структури витрат та отриманих доходів дозволив оцінити чутливість сорту Іордан до інтенсифікації технології. Зокрема, досліджено зміну собівартості одиниці продукції та динаміку чистого прибутку під впливом поєднання інокулянтів Ризолайн і Bi-Nitro з різними діючими речовинами протруйників. Отримані результати, що відображають комплексну економічну оцінку досліджуваних чинників для сорту Іордан, систематизовано у таблиці 2.

Для сорту Іордан застосування інокулянтів стало визначальним фактором подолання «порогу рентабельності» у 200%. Використання препарату Ризолайн забезпечило стабільне зростання чистого прибутку на всіх фонах протруювання. Зокрема, у чистому вигляді (без фунгіцидів) інокуляція Ризолайном дозволила отримати додатково 3 612 грн/га порівняно з контролем, підвищивши рентабельність на 20%. Препарат BiNitro продемонстрував меншу ефективність, забезпечуючи приріст прибутку в межах 1,5–3,0%.

Максимальну окупність інвестицій знову забезпечив протруйник Февер. Завдяки найнижчій собівартості виробництва одиниці продукції (7 628,7 грн/т у комплексі з Ризолайном), рівень рентабельності досяг свого піку в 221%. Це підтверджує високу фізіологічну сумісність препарату Февер з інокулянтами на даному сорті.

Оцінку фінансової результативності передпосівних заходів завершено аналізом сорту Скарб. Дослідження дозволило встановити сортову специфіку формування собівартості та чистого прибутку за використання різних схем інокуляції та фунгіцидного захисту. Узагальнені економічні показники для сорту Скарб наведено в таблиці 3.

Аналіз даних таблиці 3 свідчить, що сорт Скарб виявився найбільш чутливим до витратної частини технології серед усіх досліджуваних сортів.

Таблиця 3

Комплексна економічна оцінка технологічних прийомів передпосівної обробки насіння нуту сорту Скарб (середнє 2020–2022 рр.)

Сорти (фактор А)	Інокулянти (фактор В)	Протруйники (фактор С)	Урожай- ність, т/га	Собі- вартість, грн/т	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабель- ність, %
Скарб	Контроль	контроль	1,99	9 042,4	30761	171
		Максим Адванс	1,99	9 246,0	30356	165
		Стандак Топ	2,06	9 489,0	30923	158
		Редіго М	1,98	9 284,2	30127	164
		Февер	2,08	8 869,9	32511	176
	Ризолайн	контроль	2,14	8 437,7	34373	190
		Максим Адванс	2,29	8 269,2	37169	196
		Стандак Топ	2,17	9 219,1	33160	166
		Редіго М	2,24	8 438,9	35977	190
		Февер	2,38	7 977,5	39324	207
	BiNitro	контроль	2,04	8 831,0	31965	177
		Максим Адванс	2,14	8 680,7	33853	182
		Стандак Топ	2,01	9 771,9	29603	151
		Редіго М	2,08	8 913,1	32421	175
		Февер	2,21	8 424,6	35527	191

Застосування інокулянта Ризолайн дозволило сорту Скарб подолати межу рентабельності у 200%. Контрольний варіант (без протруйника) з Ризолайном забезпечив приріст прибутку на 3 612 грн/га порівняно з абсолютним контролем. Препарат BiNitro також показав позитивну динаміку, проте рентабельність в цих варіантах була у середньому на 10–13% нижча.

Найвищу фінансову віддачу знову продемонстрував протруйник Февер. У комбінації з Ризолайном він забезпечив максимальний для цього сорту прибуток в розмірі 39 324 грн/га та рентабельність 207%. Натомість застосування Стандак Топ призвело до зниження рентабельності до 151–166%, що є найнижчим показником у всьому циклі досліджень. Це підтверджує, що для менш продуктивних сортів використання дорогих протруйників є економічно ризикованим.

Висновки та перспективи подальших досліджень. На основі проведених досліджень щодо економічного обґрунтування передпосівного комплексу заходів при вирощуванні нуту в умовах Лівобережного Лісостепу України було встановлено, що за відсутності аборигенних бактерій *M. ciceri* штучна інокуляція є критичним елементом технології. Найвищу економічну ефективність серед вивчених препаратів забезпечив інокулянт Ризолайн, який підвищував рентабельність виробництва на 20–40% залежно від сорту.

Найбільш прибутковою комбінацією для всіх досліджуваних сортів визнано поєднання Ризолайн + Февер. Це дозволило досягти мінімальної собівартості зерна та максимального умовно чистого прибутку, який варіював від 39 324 грн/га (сорт Скарб) до 46 829 грн/га (сорт Одисей).

За рівнем фінансової віддачі та адаптивності до інтенсифікації лідером є сорт Одисей (максимальний рівень рентабельності 270%). Сорти Іордан та Скарб також демонструють позитивну реакцію на передпосівну обробку, проте мають вищу собівартість одиниці продукції, що забезпечує рентабельність у межах 207–221%.

Перспективи подальших досліджень полягають в оптимізації технології в біологізації. Пріоритетним є вивчення синергізму біостимуляторів та мікродобривамиз виявленими ефективними схемами інокуляції, що дозволить знизити пестицидне навантаження та підвищити адаптивність нуту до кліматичних стресів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Effect of pre-sowing seed treatment and foliar nutrition on productivity and yield of chickpea grain in the eastern Forest-Steppe of Ukraine / A. O. Rozhkov at al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No. 13511 (9), 74–81.
2. Вплив передпосівної обробки на посівні якості та фітосанітарний стан насіння нуту / Г. Поспелова і ін. Вісник ПДАА. 2022. Вип. 2 (105). С. 127–134. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.15>
3. Економічна ефективність технологічних прийомів вирощування нуту / В. А. Мазур і ін. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. No. 2. С. 24–33. URL: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-2-2>
4. Камінський П. Д. Прибуток та рентабельність як показники ефективності діяльності підприємства. *Вісн. Донец. нац. ун-ту економіки і торгівлі. Сер. : Екон. Науки*. 2016. № 64. С. 160–167. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdnuete_2016_64_22
5. Економічна і енергетична ефективність вирощування олійних культур родини капустяних залежно від застосування добрив в умовах північно-східного Лісостепу України / А. В. Мельник і ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «агрономія і біологія»*. 2024. № 3 (57). С. 99–107. DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.3.13>
6. Основи наукових досліджень в агрономії : підруч. / [В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко та ін.] ; за ред. В. О. Єщенка. – К. : Дія, 2005. – 288 с.

7. Петрига О. М., Яворська Т. І., Прус Ю. О. Економіка аграрного підприємства : навч. посібник. Мелітополь : Люкс, 2018. 314 с.
8. Побережна, Л.В., та Бахмат, О.М. Характеристики росту та розвитку сортів нуту залежно від застосування макро– та мікродобрив. *Подільський вісник: сільське господарство, інженерія, економіка*. 2023 № 37. С. 14–20. URL: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-2>
9. Шляхи екологізації технології вирощування нуту в умовах Лівобережного Лісостепу / Ю. О. Романько і ін. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Том 2, №. 135. С. 61–72. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.2.8>

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.282

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.17>

МОРФОМЕТРИЧНА ОЦІНКА СТАНУ БАГАТОРІЧНОЇ ПЛАНТАЦІЇ *MISCANTHUS* × *GIGANTEUS* У ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Мельник Т. І. – к.с.-г.н., професор,
професор кафедри садово-паркового та лісового господарства,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-9312-7144

Ігнатченко М. В. – аспірант кафедри садово-паркового
та лісового господарства,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0005-5169-5257

У статті наведено результати морфометричної оцінки стану багаторічної плантації *Miscanthus* × *giganteus* в умовах північно-східного Лісостепу України з метою визначення її придатності для подальшого використання як маточної для заготівлі вегетативного садивного матеріалу. Дослідження проводили на 7-й рік вегетації рослин, що дозволило оцінити сформованість агрофітоценозу в умовах тривалого використання. Оцінювали основні морфометричні показники рослин і параметри асиміляційного апарату, зокрема висоту рослин, діаметр куща, густоту пагонів, кількість листків на пагоні, їх довжину, ширину та площу листової поверхні.

Встановлено, що рослини *M. × giganteus* характеризуються високим рівнем розвитку та сформованою морфоструктурою: висота рослин становить 220,5–255,0 см, діаметр куща – до 113,3 см, густота пагонів – 25,3–27,5 шт./м². Показники асиміляційного апарату свідчать про достатній рівень фотосинтетичного потенціалу: площа листової поверхні варіює в межах 128,8–154,7 см² за відносної стабільності кількості листків на пагоні. Виявлено, що варіація морфометричних показників має компенсаційний характер і проявляється у перерозподілі ростових процесів між окремими структурними елементами рослин залежно від умов формування плантації.

Узагальнення отриманих результатів свідчить, що багаторічна плантація *M. × giganteus* зберігає високий рівень життєздатності, стабільність структури та достатній розвиток як надземної, так і асиміляційної маси. Сукупність досліджених показників підтверджує її придатність до подальшого використання як маточної для заготівлі вегетативного садивного матеріалу без суттєвого зниження ефективності. Отримані результати мають практичне значення для обґрунтування тривалості експлуатації плантацій міскантусу та оптимізації їх використання.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на визначення кількісних і якісних показників виходу ризом, встановлення взаємозв'язків між морфометричними характеристиками рослин і продуктивністю підземної біомаси, а також на оцінку довговічності плантацій у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Окремим напрямом досліджень може бути вивчення потенціалу використання *M. × giganteus* для фітореMediaції деградованих і техногенно забруднених ґрунтів, що є особливо актуальним для територій, постраждалих внаслідок воєнних дій.

Ключові слова: *Miscanthus* × *giganteus*, багаторічна плантація, морфометричні показники, асиміляційний апарат, донорська плантація, стеблостій.



© Мельник Т. І., Ігнатченко М. В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Melnyk T. Iv., Ignatchenko M. V. Morphometric Assessment of the State of a Perennial Plantation of *Miscanthus × giganteus* in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine

The article presents the results of a morphometric assessment of the state of a perennial plantation of *Miscanthus × giganteus* in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine with the aim of determining its suitability for further use as a mother plantation for harvesting vegetative planting material. The study was conducted in the seventh year of vegetation, which made it possible to evaluate the formation of the agrophytocenosis under conditions of long-term use. The main morphometric parameters of the plants and the characteristics of the assimilation apparatus were evaluated, including plant height, clump diameter, shoot density, number of leaves per shoot, as well as leaf length, width, and leaf area.

It was established that plants of *M. × giganteus* are characterized by a high level of development and a well-formed morphostructure: plant height ranges from 220.5 to 255.0 centimeters, clump diameter reaches up to 113.3 centimeters, and shoot density varies from 25.3 to 27.5 shoots per square meter. The parameters of the assimilation apparatus indicate a sufficient level of photosynthetic potential, with leaf area ranging from 128.8 to 154.7 square centimeters and relative stability in the number of leaves per shoot. It was found that the variation of morphometric parameters has a compensatory nature and is expressed in the redistribution of growth processes among individual structural elements of the plants depending on the conditions of plantation formation.

The generalization of the obtained results indicates that the perennial plantation of *M. × giganteus* maintains a high level of viability, structural stability, and sufficient development of both aboveground biomass and the assimilation apparatus. The combination of the studied parameters confirms its suitability for further use as a mother plantation for harvesting vegetative planting material without a significant decrease in efficiency. The obtained results have practical significance for substantiating the duration of exploitation of miscanthus plantations and optimizing their use.

Prospects for further research should be focused on determining quantitative and qualitative indicators of rhizome yield, establishing relationships between plant morphometric parameters and the productivity of underground biomass, as well as assessing the longevity of plantations under different soil and climatic conditions. A separate research direction may involve studying the potential of *M. × giganteus* for phytoremediation of degraded and technogenically contaminated soils, which is particularly relevant for territories affected by military actions.

Key words: *Miscanthus × giganteus*, perennial plantation, morphometric parameters, assimilation apparatus, mother plantation, shoot stand.

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах глобальних кліматичних змін та необхідності екологізації сільськогосподарського виробництва зростає інтерес до використання багаторічних енергетичних культур як стабільного джерела біомаси та інструменту відновлення агроландшафтів. Перехід від однорічних до багаторічних агроєкосистем розглядається як один із ефективних шляхів підвищення стійкості аграрного виробництва, зокрема завдяки зниженню антропогенного навантаження на ґрунт, скороченню інтенсивності обробітку та підвищенню ресурсної ефективності [3, 4, 13].

Однією з ключових переваг багаторічних культур є їх здатність до накопичення органічного вуглецю в ґрунті та формування довготривалих вуглецевих пулів. За результатами метааналізів встановлено, що перехід до багаторічних агрофітоценозів забезпечує зростання запасів органічного вуглецю в ґрунті на 16–23%, а при тривалому використанні (понад 10 років) – до 30% і більше порівняно з однорічними системами [19]. Аналогічно, для енергетичних культур типу міскантусу та світчграсу зафіксовано підвищення вмісту органічного вуглецю в ґрунті в середньому на 7–16%, що обумовлено значною біомасою кореневої системи та поверненням рослинних решток у ґрунт [8, 9]. При цьому міскантус характеризується особливо високою здатністю до депонування вуглецю завдяки значній підземній біомасі та повільному розкладанню органічних залишків [10].

Важливим аспектом використання багаторічних енергетичних культур є їх позитивний вплив на ґрунтові властивості та протидію деградаційним процесам.

Розвинена коренева система сприяє покращенню структури ґрунту, підвищенню його водоутримувальної здатності та зменшенню ризиків водної і вітрової ерозії [12]. Доведено, що вирощування міскантусу може виступати як довготривалий фіто-меліоративний захід, сприяючи накопиченню органічної речовини, підвищенню біологічної активності ґрунту та відновленню деградованих земель [16]. Крім того, багаторічні трави здатні зменшувати втрати поживних речовин із поверхневим стоком і виконувати функції біологічної рекультивації ґрунтів [15, 17].

У контексті кліматичних змін багаторічні енергетичні культури демонструють підвищену адаптивність до стресових факторів середовища, зокрема до посухи та температурних коливань. Це пов'язано з глибоким проникненням кореневої системи, ефективнішим використанням вологи та зменшенням залежності від щорічних агротехнічних операцій. Додатковою перевагою є їх здатність до скорочення викидів парникових газів як за рахунок заміщення викопного палива, так і через акумуляцію вуглецю в ґрунті [18, 20].

Серед багаторічних енергетичних культур особливе місце займає міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu), який характеризується високою продуктивністю біомаси, низькими потребами у добривах та здатністю ефективно використовувати малопродуктивні й деградовані землі [21]. Встановлено, що тривалі вирощування міскантусу (9–16 років) сприяє суттєвому зростанню частки вуглецю рослинного походження у ґрунті та формуванню стабільних органічних фракцій [10]. Водночас накопичення вуглецю та продуктивність плантацій мають виражену вікову динаміку, що підкреслює необхідність дослідження довготривалих насаджень для оцінки їх ефективності та стійкості функціонування [1, 14].

Таким чином, багаторічні плантації енергетичних культур, зокрема міскантусу гігантського, є важливим елементом екологізації аграрного виробництва, поєднуючи високу продуктивність із покращенням ґрунтових характеристик, підвищенням вуглецевого депонування та адаптацією до кліматичних змін. Водночас питання функціонування довготривалих (багаторічних) насаджень, їх продуктивності та екологічної ефективності в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах залишаються недостатньо вивченими, що зумовлює необхідність проведення відповідних досліджень.

Постановка проблеми. Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених продуктивності та екологічним перевагам міскантусу гігантського, більшість із них зосереджена на початкових етапах формування плантацій (1–5 років) або на узагальнених оцінках продуктивності без детального аналізу стану довготривалих насаджень. Водночас функціонування багаторічних плантацій у віці понад 8–10 років, включаючи зміни морфоструктури агрофітоценозу, продуктивності та екологічних показників, залишається недостатньо вивченим, особливо в умовах різних ґрунтово-кліматичних зон [16, 21, 22, 23].

Особливо обмеженою є інформація щодо стану та ефективності довготривалих посівів *M. × giganteus* у північно-східному Лісостепу України, де поєднання континентального клімату, періодичних посух і специфічних ґрунтових умов може суттєво впливати на динаміку продуктивності та екологічні функції цієї культури. У доступних наукових джерелах відсутні системні дослідження, присвячені оцінці стану *M. × giganteus* такого віку в зазначеному регіоні.

У зв'язку з цим наукова новизна даного дослідження полягає у проведенні комплексної оцінки стану 10-річної плантації *M. × giganteus*, закладеної на дослідному полі Сумського національного аграрного університету, з урахуванням морфобіологічних показників у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах північно-східного

Лісостепу України. Отримані результати дозволяють розширити наукові уявлення про довготривале функціонування багаторічних енергетичних культур та оцінити їх потенціал у системах сталого землекористування.

Методика досліджень. Дослідження проводили на багаторічній плантації *M. × giganteus* сорту 'Осінній зорецвіт', закладений у 2016 році на дослідному полі Сумського НАУ в умовах північно-східного Лісостепу України. Плантацію створено в межах науково-дослідної тематики кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії (керівник теми – Ю. М. Петренко), спрямованої на вивчення особливостей формування врожайності культури та її впливу на родючість ґрунту.

Програма досліджень передбачала поетапне виконання робіт: I етап – створення енергетичних плантацій *M. × giganteus* (2016 р.); II етап – вивчення можливостей прискорення введення плантацій у промислове використання (2017 р.); III етап – оцінка впливу вирощування культури на родючість ґрунту в умовах північно-східного Лісостепу (2018–2021 рр.).

Закладання плантації здійснювали відповідно до методичних рекомендацій з передсадильного обробітку ґрунту та садіння ризомів міскантусу [2]. Для створення насаджень використовували садивний матеріал – ризоми, які висаджували за схемою 0,7×0,9 м із розрахунку близько 1600 шт. на площу 0,1 га. Загальна площа досліді становила 0,06 га.

На початковому етапі вивчали вплив різних рівнів мінерального живлення на формування врожайності *M. × giganteus* та показники родючості ґрунту. Схема досліді включала такі варіанти: без добрив (контроль); N_{30} ; N_{60} ; N_{90} ; $N_{60}P_{20}K_{80}$ (відповідно до виносу елементів живлення за врожайності 20 т/га); Площа однієї ділянки становила 30 м², облікова – 12 м², повторність – триразова.

У 2017 році проведено облік урожайності та первинну оцінку агрохімічних показників ґрунту. У подальшому систематичні дослідження були припинені, проте плантація продовжувала функціонувати без істотного антропогенного втручання, що сприяло формуванню стабільного багаторічного агрофітоценозу.

Починаючи з 2023 року, на зазначеній ділянці нами відновлено дослідження, спрямовані на оцінку стану плантації у віці 7 років. Сучасний етап робіт передбачає визначення морфологічних показників рослин, оцінку продуктивності агрофітоценозу в умовах тривалого вирощування культури.

Таким чином, об'єкт дослідження є довготривалою плантацією *M. × giganteus*, що сформувалася в умовах обмеженого антропогенного впливу та дозволяє оцінити особливості функціонування багаторічних енергетичних культур у віковому аспекті.

Методика проведення досліджень плантації *M. × giganteus* СНАУ включала застосування загальноприйнятих польових, лабораторних та статистичних методів аналізу.

Результати досліджень. Проведені дослідження дозволили встановити особливості формування морфометричних показників багаторічної плантації *M. × giganteus* у 2023 році залежно від фону мінерального живлення, створеного під час її закладання у 2016 році. Отримані результати свідчать про збереження післядії удобрення, яка проявляється у диференційованому впливі на окремі елементи морфоструктури рослин (рис. 1).

Зокрема, встановлено, що найбільша висота рослин формується за умов підвищеного азотного фону (варіант N_{90} – 255,0 см), тоді як зі зниженням рівня азотного живлення (N_{60} , N_{30}) та у контрольному варіанті спостерігається поступове зменшення цього показника. Така закономірність узгоджується з численними

дослідженнями, в яких висота пагонів розглядається як один із ключових компонентів продуктивності міскантусу та тісно пов'язана з рівнем азотного живлення. При цьому навіть у старіших насадженнях висота залишається одним із найбільш чутливих до азоту показників і може виступати надійним предиктором біомаси [5, 6].

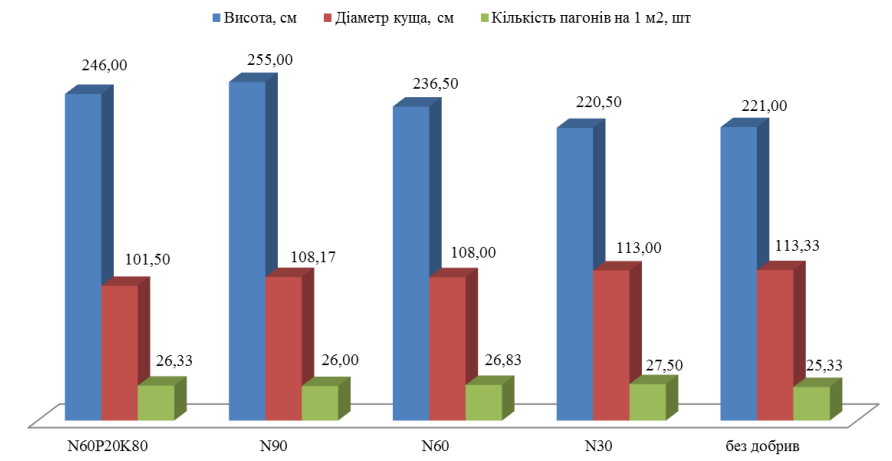


Рис. 1. Морфометричні показники рослин *M. giganteus* залежно від фонового мінерального живлення (7-й рік вегетації)

Водночас аналіз діаметра куща виявив іншу тенденцію: максимальні значення цього показника (113,0–113,33 см) характерні для варіантів із нижчим рівнем або відсутністю удобрення (N₃₀ та контроль). У варіантах із підвищеним азотним фоном (N₉₀, N₆₀P₂₀K₈₀) діаметр куща є дещо меншим (101,5–108,2 см). Подібний перерозподіл ростових процесів можна пояснити тим, що за достатнього азотного живлення рослини переважно спрямовують ресурси на інтенсивний вертикальний ріст, тоді як за обмеженого живлення активізуються процеси кущиння та розростання куртини, що має адаптивний характер [24].

Кількість пагонів на 1 м² змінюється у відносно вузькому діапазоні (25,33–27,50 шт.), проте простежується тенденція до її підвищення за помірного рівня азотного живлення (N₃₀). Водночас у варіантах із вищими дозами азоту (N₉₀, N₆₀P₂₀K₈₀) густина пагонів дещо нижча. У літературі відзначається, що вплив азоту на густоту пагонів є неоднозначним і значною мірою залежить від віку плантації: у молодих насадженнях він зазвичай стимулює збільшення кількості пагонів, тоді як у старіших ценозах цей ефект послаблюється або набуває нелінійного характеру [5, 7].

Важливо підкреслити, що в умовах багаторічних насаджень (7-й рік вегетації) морфологічна структура міскантусу визначається не лише поточним забезпеченням елементами живлення, а й довготривалою історією удобрення та віковою динамікою агрофітоценозу. Зокрема, встановлено, що післядія азоту може зберігатися протягом тривалого часу, впливаючи на масу пагонів і загальну продуктивність навіть після припинення внесення добрив. Одночасно у старіших плантаціях (14+ років) відбувається поступове вирівнювання густоти пагонів і зміна співвідношення між окремими структурними елементами врожаю [6, 7, 11].

Таким чином, отримані результати свідчать, що в умовах довготривалого використання плантації *M. ×giganteus* спостерігається чіткий розподіл впливу фонового удобрення: підвищені дози азоту забезпечують формування більш високих рослин, тоді як помірний або низький рівень живлення сприяє формуванню більш розгалужених кущів і дещо більшої густоти пагонів. Такий характер змін узгоджується із сучасними уявленнями про вікову трансформацію продуктивного процесу у багаторічних злакових культур і має важливе практичне значення для оптимізації використання плантацій міскантусу як джерела вегетативного садивного матеріалу.

Встановлено, що кількість листків на одному пагоні змінюється незначною мірою і перебуває в межах 9,50–10,17 шт., що вказує на відносну стабільність цього показника незалежно від рівня мінерального живлення, внесеного на етапі формування плантації. Подібна стабільність узгоджується з біологічними особливостями культури, де кількість листків значною мірою детермінується генетично та фазою розвитку рослин (рис. 2).

Натомість розміри листків виявили більш виражену залежність від фону живлення. Зокрема, довжина листка варіювала у межах 82,48–88,87 см, причому максимальні значення спостерігалися у варіантах із помірним або відсутнім удобренням (N_{60} , контроль), тоді як за підвищеного азотного фону (N_{90} , $N_{60}P_{20}K_{80}$) цей показник був дещо нижчим. Аналогічна тенденція характерна і для ширини листка, яка зростала від 2,18 см у варіанті $N_{60}P_{20}K_{80}$ до 2,67 см у контролі.

Найбільш показовим інтегральним параметром є площа листової поверхні, яка відображає потенціал фотосинтетичної діяльності рослин. Максимальні значення цього показника зафіксовано у варіантах із підвищеним та помірним рівнем азотного живлення ($N_{60}P_{20}K_{80}$ – 154,68 см²; N_{90} – 153,98 см²), тоді як зі зниженням рівня удобрення спостерігається поступове зменшення площі листка (до 128,83 см² у контролі).

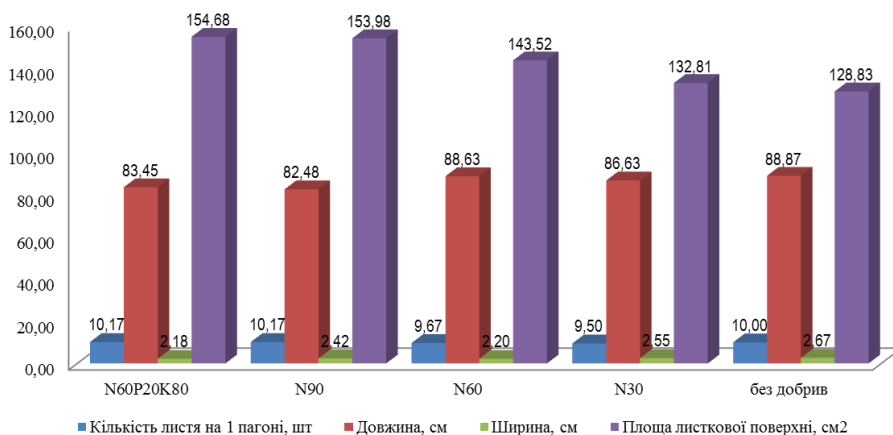


Рис. 2. Показники асиміляційного апарату рослин *M. ×giganteus* залежно від фонового мінерального живлення (7-й рік вегетації)

Отримані результати свідчать про певний компроміс у формуванні асиміляційного апарату: за інтенсивного азотного живлення формується більша площа

листової поверхні за рахунок оптимального співвідношення довжини і ширини листка, тоді як за обмеженого живлення відбувається формування дещо довших і ширших, але менш ефективних у сукупності листків. Це може бути пов'язано з перерозподілом ресурсів у рослині та адаптивними механізмами до умов живлення.

Таким чином, встановлено, що післядія мінерального удобрення проявляється у зміні параметрів асиміляційного апарату *M. × giganteus*: підвищені дози азоту сприяють формуванню більшої площі листової поверхні, тоді як за нижчого рівня живлення відбувається формування більших за розмірами, але менш ефективних у сукупності листків.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведені дослідження були спрямовані на оцінку сучасного стану та рівня продуктивності багаторічної плантації *M. × giganteus* (7-й рік вегетації). Отримані результати свідчать, що насадження зберігає високий рівень розвитку та характеризується достатньо сформованою морфоструктурою.

Встановлено, що рослини міскантусу формують значну висоту (220,5–255,0 см), добре розвинені кущі (діаметр до 113,3 см) та стабільну густоту пагонів (25,3–27,5 шт./м²), що в цілому свідчить про задовільний фітосанітарний стан і високу продуктивність плантації. При цьому параметри асиміляційного апарату також перебувають на належному рівні: площа листової поверхні становить 128,8–154,7 см², що забезпечує достатній фотосинтетичний потенціал рослин.

Виявлені відмінності між варіантами живлення, сформованими на етапі закладання плантації, не мають критичного характеру і проявляються переважно у перерозподілі ростових процесів між окремими морфологічними показниками. Зокрема, за вищого рівня азотного живлення спостерігається формування більш високих рослин і більшої площі листової поверхні, тоді як за обмеженого живлення відмічено тенденцію до збільшення діаметра куща та густоти пагонів. Однак загальний рівень розвитку рослин у всіх варіантах залишається достатнім для ефективного функціонування плантації.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що досліджувана плантація *M. × giganteus* на 7-му році вегетації зберігає високий продукційний потенціал.

Перспективи подальших досліджень доцільно зосередити на встановленні зв'язку між морфометричними показниками рослин і продуктивністю підземної маси, а також на визначенні оптимальних термінів та способів експлуатації плантацій різного віку. Важливим напрямом є також дослідження довговічності таких насаджень та обґрунтування критеріїв їх реновації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гайда Ю., Фучило Я., Брич В., Гайда Т., Борисак О., Шувар А. Секвестрування діоксиду вуглецю та продукування кисню на плантаціях міскантусу. *Економічний аналіз*. 2024. 34. 3. 144–158. DOI: <https://doi.org/10.35774/econ2024.03.144>.
2. Курило В.Л., Ганженко О.М., Гументик М. Я. Квак В.М., Фучило Я.Д., Хіврич О.Б., Зиков П.Ю., Гончарук Г.С., Смірних В.М., Горобець А.М., Дубовий Ю.П., Замойський О.І. Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 50 с.
3. Пенькова С. В., Присяжнюк О. І. Продуктивність насаджень міскантусу гігантського залежно від застосованих елементів технології вирощування в умовах Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2023. 11(1). DOI: <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.282126>.

4. Agostini F., Gregory A.S., Richter G.M. Carbon sequestration by perennial energy crops: Is the jury still out? *BioEnergy Research*. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12155-014-9571-0>.
5. Arundale R. A., Dohleman F. G., Heaton E. A., McGrath J. M., Voigt T. B., Long S. P. Yields of *Miscanthus × giganteus* decline with stand age in the Midwestern USA. *GCB Bioenergy*. 2014. 6 (1). 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12077>.
6. Cadoux S., Riche A. B., Yates N. E., Machet J. M. Nutrient requirements of *Miscanthus × giganteus*: conclusions from a review of published studies. *Biomass and Bioenergy*. 2012. 38. 14–22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.02.003>.
7. Christian D. G., Riche A. B., Yates N. E. Growth, yield and mineral content of *Miscanthus × giganteus* grown for 14 successive harvests. *Industrial Crops and Products*. 2008. 28, 3. 320–327. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.05.003>.
8. Clifton-Brown J. C., Lewandowski I. Overwintering problems of newly established *Miscanthus* plantations and their mitigation. *New Phytologist*. 2000. 148. 287–294. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00617.x>.
9. Dohleman F. G., Heaton E. A., Arundale R. A., Long S. P. Seasonal dynamics of above- and below-ground biomass and nitrogen partitioning in *Miscanthus × giganteus*. *GCB Bioenergy*. 2012. 4 (5). 534–544. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2011.01120.x>.
10. Hansen E.M., Christensen B.T., Jensen L.S., Kristensen K. Carbon sequestration in soil beneath long-term *Miscanthus* plantations. *Biomass and Bioenergy*. 2004. 26 (2). 97–105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.11.008>.
11. Heaton E. A., Dohleman F. G., Long S. P. Meeting US biofuel goals with less land: the potential of *Miscanthus*. *Global Change Biology*. 2008. 14, 9. 2000–2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01662.x>.
12. Jarecki M., Kariyapperuma K., Deen B., Graham J., Bazrgar Amir B., Vijayakumar S., Thimmanagari M., Gordon A., Voroney P., Thevathasan N. The potential of switchgrass and *Miscanthus* to enhance soil properties. *Land*. 2020. 9(12). 509. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9120509>.
13. Kiesel A., Lewandowski I. *Miscanthus* as biogas substrate – cutting tolerance and potential for anaerobic digestion. *Sustainability*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9010005>.
14. Lewandowski I., Clifton-Brown J. C., Scurlock J. M. O., Huisman W. *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy*. 2000. 19. 209–227. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00032-5).
15. Ma Z., Wood C.W., Bransby D.I. Impacts of soil management on root characteristics of switchgrass. *Bioresource Technology*. 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00181-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00181-8).
16. McCalmont J.P., Hastings A., McNamara N.P., Richter G.M., Robson P., Donnison I.S., Clifton-Brown J. Environmental costs and benefits of growing *Miscanthus*. *GCB Bioenergy*. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12294>.
17. Nakajima, T., Yamada, T., Anzoua, K. G., Kokubo, R., & Noborio, K. (2018). Carbon sequestration and yield performances of *Miscanthus × giganteus* and *Miscanthus sinensis*. *Carbon Management*, 9(4), 415–423. DOI: <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1518106>.
18. Osei A.K., Thevathasan N.V., Oelbermann M. Soil carbon dynamics in perennial biomass crops on marginally productive cropland in southern Canada. *Geoderma Regional*. 39. (2024). e00866. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00866>.
19. Poeplau C., Don A. Carbon sequestration in agricultural soils via perennialization: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00912-w>.
20. Poeplau C., Don A. Soil carbon changes under perennial crops: a meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.014>.

21. Richter G.M., Agostini F., Redmile-Gordon M., White R., Goulding K.W.T. Sequestration of carbon in soils under *Miscanthus*. *Agricultural Systems*. 2015. 169–177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.09.006>.
22. Tejera M. D., Heaton E. A., Khanna M., Long S. P. Improving water use efficiency of bioenergy crops: a case study of *Miscanthus*. *GCB Bioenergy*. 2012. 4. 495–507. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2011.01160.x>.
23. Wang D., Portis A. R., Moose S. P., Long S. P. Cool C4 photosynthesis in *Miscanthus × giganteus*. *Plant Physiology*. 2008. 148. 557–567. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.108.120493>.
24. Zub H. W., Brancourt-Hulmel M. Agronomic and physiological performances of *Miscanthus* species. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010. 30. 201–214. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro/2009034>.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

UDC 631.4:504.054:631.618(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.18>

POST-WAR SOIL RESTORATION IN UKRAINE: PROSPECTS AND CHALLENGES

Melnychenko V.M. – Candidate of economics., Doctoral candidate,
Department of Crop Production,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
orcid.org/0000-0002-8584-4119

The article examines the problem of post-war soil restoration in Ukraine under conditions of large-scale contamination and physical damage caused by hostilities. The relevance of the topic is determined by the fact that the war has affected extensive areas of agricultural land through UXO and explosive contamination, localized chemical pollution, petroleum products, munition fragments, combustion residues from destroyed military equipment and direct mechanical disturbance of the soil profile. For Ukraine, this issue has a special significance because the high share of agricultural land in the national territory directly links soil condition with food security, economic recovery, the stability of rural areas and environmental safety. The article summarizes international and Ukrainian data on the scale of land contamination and reviews field studies that recorded elevated concentrations of heavy metals in soils collected from war-affected sites. It is shown that humanitarian demining is a necessary but insufficient condition for returning land to safe use. Even after explosive hazards and UXO have been removed, some plots may remain only partially suitable because of explosive residues, petroleum products and structural degradation of the soil. The article proposes a staged approach to land restoration, including the identification and mapping of damaged areas, agrochemical and toxicological testing, risk based zoning, the choice of suitable remediation methods, and follow up monitoring after the works are performed. Further research could focus on the development of matrix based field survey schemes for damaged land, criteria for classifying soil suitability and practical models for choosing between local remediation, phytoremediation and temporary or permanent withdrawal of land from agricultural use.

Key words: soils, soil contamination, post-war restoration, remediation, phytoremediation, agricultural land, humanitarian demining.

Мельниченко В.В. Післявоєнне відновлення ґрунтів в Україні: перспективи та виклики

Стаття присвячена проблемі післявоєнного відновлення ґрунтів в Україні в умовах широкомасштабного забруднення та фізичного пошкодження земель, спричинених бойовими діями. Актуальність теми зумовлена тим, що внаслідок війни значні площі сільськогосподарських угідь опинилися під впливом мінного та вибухонебезпечного забруднення, локальних осередків хімічного ураження, нафтопродуктів, уламків боєприпасів, продуктів згоряння військової техніки та механічного порушення ґрунтового профілю. Для України ця проблема має особливе значення, оскільки висока частка сільськогосподарських земель у структурі території країни прямо пов'язує стан ґрунтів із продовольчою безпекою, відновленням економіки, стабільністю сільських територій та екологічною безпекою. У статті узагальнено дані міжнародних і українських джерел щодо масштабів забруднення земель, а також проаналізовано результати окремих польових досліджень, у яких зафіксовано перевищення фонових значень за вмістом важких металів у ґрунтах на територіях, що зазнали бойового впливу. Показано, що гуманітарне розмінування є необхідною, але недостатньою умовою для повернення землі у безпечне використання. Навіть після вилучення вибухонебезпечних предметів ділянки можуть залишатися обмежено придатними через наявність залишків вибухових речовин і нафтопродуктів, а також через



© Melnychenko V.M., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

структурну деградацію ґрунту. Обґрунтовано доцільність поетапного підходу до відновлення земель, який передбачає картування пошкоджених ділянок, агрохімічне й токсикологічне обстеження, зонування ризиків, вибір технологій ремедіації та подальший моніторинг. Особливу увагу приділено фіторемердіації як одному з інструментів відновлення для тих ділянок, де рівень забруднення дозволяє застосовувати екологічно безпечні та економічно реалістичні методи очищення. В статті зроблено висновок, що ефективна система післявоєнного відновлення ґрунтів має поєднувати результати протимінної діяльності, дані лабораторного контролю, науковий супровід і механізми державного управління. Перспективним напрямом подальших досліджень вбачається розроблення матричних схем польового обстеження пошкоджених земель, критеріїв класифікації придатності ґрунтів та практичних моделей вибору між локальною ремедіацією, фіторемердіацією і тимчасовим виведенням земель з господарського обігу.

Ключові слова: ґрунти, забруднення ґрунтів, післявоєнне відновлення, ремедіація, фіторемердіація, сільськогосподарські землі, гуманітарне розмінування.

Problem statement. The full-scale war has caused a long term land use problem in Ukraine. Its visible part is mine contamination and explosive remnants of war. Its less visible part is the deterioration of soil quality after explosions, burning military equipment, debris deposition, fuel spills, repeated shelling and severe mechanical disturbance of the surface layer. These processes affect the possibility of safe agricultural use even after a site has been cleared of explosive hazards through demining.

The scale of the problem is considerable. According to the ACAPS thematic report on the humanitarian implications of mine and UXO contamination in Ukraine, ten percent of agricultural land was contaminated, which prevented the sowing of about five million hectares [1, p. 1]. The rapid damage and needs assessment for Ukraine states that around 174,000 km² of territory may be contaminated by explosive ordnance [3, p. 182]. For Ukraine where agricultural land occupies 70.5% of the territory and arable land reaches 57%, with higher shares in some regions, the issue of soil restoration goes far beyond environmental policy and directly concerns food production, export capacity, rural employment and local budget recovery [2, p. 7].

In this context, post-war soil restoration should be seen as a practical priority, not as a secondary aspect of demining.

An agricultural field can be physically accessible and formally cleared, but still remain unsafe or economically unsuitable for agricultural use because of soil chemical contamination or severe local degradation.

Analysis of recent research and publications. Existing publications on war-related environmental damage in Ukraine can formally be divided into three groups:

- mine action and the humanitarian consequences of contamination;
- environmental losses caused by the war, including damage to land resources;
- field studies that document soil pollution and specific changes in affected territories.

International analytical materials already confirm that land contamination has become one of the central constraints on the recovery of rural areas. The ACAPS report connects mine contamination with disrupted access to agricultural land and reduced production [1, p. 1]. The RDNA3 report frames UXO contamination as a nationwide challenge with long-term consequences for recovery planning [3, p. 182-184]. The report on the environmental consequences of the war in Ukraine also outlines the substantial weight of agricultural land in the national land-bank structure, which means that the degradation of soils has consequences for the whole economy, not only for local ecosystems [2, p. 7].

At the level of direct soil studies, the article by Yu. O. Zaitsev et al, deserves particular attention. The authors investigated soils from the Sumy and Okhtyrka districts

of Sumy region and found significant exceedances above background values for a number of heavy metals, especially at sites affected by explosions and destroyed military equipment [4, p. 136, 142, 147]. These results are consistent with the earlier OSCE-supported assessment of eastern Ukraine, where shelling sites demonstrated concentrations of some heavy metals above background values and where crater zones were identified as local points of intensified soil disturbance [7, p. 13; 7, p. 35].

At the same time, the literature available so far does not adequately cover this issue. Many articles describe contamination as a fact, but much fewer propose an operational sequence that begins after demining and leads to a reasoned decision on whether a field can be returned to agricultural use, on what terms and after which treatment.

Under the current conditions in Ukraine, several practical issues still require further development. There is still no widely adopted algorithm that links the completion of humanitarian demining with mandatory agrochemical and toxicological assessment. In the same time damaged agricultural land is rarely classified by degrees of suitability in a way that would help land users and public authorities decide between immediate cultivation, limited use, remediation, or temporary withdrawal. The selection of remediation methods is often discussed in general terms, while field conditions can vary considerably even within a single plot. A field can include crater bottoms, crater rims, burned vehicle locations, tracks of heavy equipment, debris accumulation zones and areas that appear visually intact. Standard agricultural sampling may miss local peaks of contamination if it is not adapted to the geometry of war-related disturbance. This raises the need for matrix-based or zone-based field survey schemes that are tied to the types of visible damage.

The management side is also not sufficiently developed. Mine action data, lab data and land use decisions are often stored and processed in separate institutional systems. Without an integrated chain from clearance to environmental assessment and land status assignment, the recovery process remains slow and ineffective.

Purpose of the study. The purpose of the study is to summarize the main challenges of post-war soil restoration in Ukraine and to identify the principal forms of soil damage and contamination caused by war while substantiating a practical sequence of actions for assessing and restoring agricultural land after hostilities.

Materials and methods of research. This study is based on an analytical and interdisciplinary approach to assessing the problem of post-war soil remediation in Ukraine. The research combines methods of environmental analysis, comparative review, systematization of scientific sources and synthesis of available empirical data on war-related soil contamination.

The material base of the study includes analytical reports of international organizations, official documents of Ukrainian state agencies and institutions, strategic documents in the field of mine action and published scientific papers devoted to soil contamination caused by military-related activity. Particular attention was given to sources providing empirical data on the scale of land contamination, the impact of explosive remnants of war on agricultural areas and the recorded presence of heavy metals and petroleum products in soils.

The methodological basis of the article based on several interconnected methods:

1. The method of analysis and generalization, which was used to identify the main types of war-related impacts on soils, including mechanical disturbance, chemical contamination and long-term ecological degradation.
 2. The comparative method, which was applied to compare different groups of sources, including policy documents, field-based environmental assessments and scientific studies of contaminated agricultural lands in Ukraine.
-

3. The system approach, which was used to examine post-war soil restoration as a sequence of interrelated stages that includes site identification, demining, environmental assessment, sampling, risk zoning and selection of remediation measures and monitoring of remediated land.

The study also applies an element of qualitative risk-oriented assessment. Within this approach, war-affected land is considered not as a homogeneous object, but as a spatially differentiated system where the degree and type of damage may vary within the same land plot. This makes it possible to justify the need for differentiated sampling, local assessment of contamination areas and the selection of remediation actions according to the actual condition of the soil.

The method of conceptual modelling allowed to suggest structured framework for post-war soil restoration, which bridges humanitarian demining with subsequent agro-chemical, toxicological and ecological assessment. Such an approach allows the restoration process to be considered not only as a technical response, but also as a broader environmental and land-management policy.

Presentation of the main research material. War affects soils through several mechanisms that often act simultaneously. One of them and the most common is a mechanism of mechanical disturbance. Explosions create craters, mix soil horizons, destroy aggregate structure, change local drainage and remove part of the humus-rich topsoil. The movement of heavy military equipment compacts the soil, reduces porosity, worsens aeration and can create long strips of degraded land that remain visible after the end of active hostilities. These impacts reduce water infiltration and root penetration and may lower the productive capacity of the field even where chemical contamination levels are not substantial.

Another mechanism is chemical contamination. Explosions and combustion release residues of energetic materials, hydrocarbons, metals, soot, products of incomplete burning and its mixes. Destroyed vehicles and machinery add wide range of petroleum products, lubricants, plastics and metals to the site. As a result, the agricultural field becomes not just a mined area, but also a chemically polluted environment. In the study from Sumy region, three soil samples were taken from bomb craters and seven from sites with destroyed heavy armored vehicles. The authors recorded exceedances above background values for lead, copper, zinc and manganese. Lead showed the most visible increase and the highest levels of disturbance were associated with burned or destroyed military equipment [4, p. 136, 142, 147]. Available assessment materials for eastern Ukraine also showed systematic exceedances above background values for a number of elements and indicated that crater areas can accumulate heavier contamination loads [7, p. 13; 7, p. 25; 7, p. 35].

There is also another mechanism that plays an important role in assessing ecological degradation resulting from the interaction of physical and chemical factors. Soil biota responds to the presence of toxic elements and hydrocarbons, while plant growth is limited by compaction, altered aeration and local toxicity. This means that the same plot may show both direct contamination and indirect loss of soil fertility. From a land management perspective, this is important because agricultural suitability depends not only on whether contamination exceeds a laboratory threshold, but also on whether the soil is able to perform its productive and ecological functions.

These observations explain why post-war demining is only the first step. The National Mine Action Strategy of Ukraine recognizes the need to minimize the environmental effects of explosive ordnance contamination and to incorporate such risks into recovery management [5, p. 23-24]. The current scale of work also shows the existing challenge.

According to the report of the State Special Transport Service, 187,043 explosive ordnance items had been disposed of, and more than 128,265 hectares had been covered by non-technical survey and clearance. The reported breakdown includes:

- 0.26 km² of water bodies;
- 914 km of automobile roads;
- 2,639 km of railways;
- 493 km of power lines;
- 82 km of pipelines;
- 374 ha of residential areas;
- 115,749 ha of agricultural land [6, p. 5].

These efforts are indispensable, but they do not provide a complete answer to the question of whether a given agricultural site is ready for safe use. For this reason, post-war soil restoration should be organized as a phased procedure;

First stage– damaged sites identification and mapping. This includes crater locations, burned vehicle positions, suspected zones of fuel leakage, debris concentration and disturbed access routes. The result of this stage should not be a generic note that the field was affected by hostilities, but a spatial scheme of likely risk points.

Second stage– sampling and laboratory assessment. In war-affected fields, sampling should be adapted to the morphology of damage. A rational design includes at least the crater bottom, the crater wall or rim, a nearby surrounding zone and a background point outside the visible damage contour. For burned equipment sites, separate samples should be taken from the center of the burn zone, the runoff direction if visible and the adjacent unaffected soil. Such differentiation is necessary because average field sampling can smooth out local contamination peaks.

Third stage– site classification by degree of suitability. In practical terms it can be categorized under four categories: land suitable for use without restrictions; land suitable after local measures; land requiring medium-term remediation; and land temporarily unsuitable for agricultural use. The logic of such classification is that it converts laboratory results into decisions that can be used by landowners, farmers, local authorities and recovery programs operators.

Fourth stage– remediation methods selections. It should be considered that there is no universal method for all cases. Where contamination is highly localized, local excavation or isolation of the polluted layer may be applied. Where hydrocarbons dominate, bioremediation may be effective. Where contamination levels are moderate and large areas are involved, phytoremediation is seen as the most practical, effective and cost-saving solution. It is slower than mechanical replacement of soil, but it is much more realistic for broad agricultural territories.

It is worth mentioning that phytoremediation is appealing for a number of practical reasons. It does not require aggressive disturbance of the soil body, it can be implemented on large areas and it fits the logic of gradual ecological recovery. It is especially relevant for sites where the contamination level does not justify full removal of soil, but still prevents the immediate return of land to agricultural use and food production. At the same time, phytoremediation should not be seen as a universal solution. This requires the precise selection of a remediating plant species that, under the given conditions, can most effectively extract contaminants from the soil, time, control over biomass handling and repeated monitoring. In practice, it is best treated as one element within a combined restoration program rather than as a stand-alone solution.

A separate issue concerns the institutional side of restoration. A land plot should not move directly from the status of "cleared" to the status of "ready for cultivation"

without an intermediate environmental check. The current gap between mine action records, laboratory information and land management decisions creates a risk of premature return to use. A more rational system would include a sequence such as:

- completion of clearance;
- primary environmental screening;
- laboratory testing and confirmation;
- assignment of land suitability status;
- post-remediation monitoring;

This sequence would reduce uncertainty and support more defensible decisions both for agricultural producers and at the level of public policy.

Conclusions and prospects for further research. The war in Ukraine has highlighted that the post-war soil restoration should be considered as a separate and urgent field of practical work as well as incorporated into public policy. The core nature of Practice shows that damage to agricultural land is usually multifaceted and is caused not only by explosive hazards, but also by a combination of other factors, such as mechanical disturbance, heavy metal contamination, combustion residues, petroleum products, and local functional degradation of the soil. Given the scale of agricultural land in Ukraine, this problem directly affects food security, export capacity, rural recovery and environmental safety [1, p. 1; 2, p. 7; 3, p. 182].

Available field data already show that war-affected soils may contain concentrations of heavy metals above background values, especially in crater zones and at sites of burned military equipment [4, p. 136, 142, 147; 7, p. 13; 7, p. 35]. This confirms the assumption that humanitarian demining, while essential, does not by itself return land to safe productive use. In view of the above, a scientifically grounded recovery model should be based on a phased and standardized approach, allowing decisions to be made on whether contaminated land should be restored or removed from agricultural use for a specified period.

Considering the scale of the problem and the long-term consequences of soil contamination, there is a clear need in Ukraine for a more coherent transition from mine action to soil assessment and land-use decision-making. Matrix-based survey schemes for damaged fields, criteria for classifying land suitability and applied models for choosing between methods of rapid response appear to be the most important directions for further research. Such work would strengthen the evidence base for post-war agricultural recovery and would make the return of land to use safer and economically feasible.

REFERENCES:

1. ACAPS. Ukraine: humanitarian implications of mine contamination : thematic report. 24 January 2024. 6p. URL: https://www.acaps.org/fileadmin/Data_Product/Main_media/20240124_ACAPS_thematic_report_Ukraine_Analysis_Hub_Humanitarian_implications_of_mine_contamination_.pdf (дата звернення: 15.03.2026).
2. Environmental consequences of russian war in Ukraine 2022. Clean Air for Ukraine. 2023. 80 p. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-environmental-consequences-of-russian-war-in-ukraine-war-damages-environment.pdf> (дата звернення: 16.03.2026).
3. Ukraine Third Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3). Kyiv : Government of Ukraine, World Bank Group, European Commission, United Nations, 2024. 191 p. URL: <https://ukraine.un.org/sites/default/files/2024-02/UA%20RDNA3%20report%20EN.pdf> (дата звернення: 16.03.2026).
4. Зайцев Ю. О., Грищенко О. М., Романова С. А., Зайцева І. О. Вплив бойових дій на вміст валових форм важких металів у ґрунтах Сумського та Охтирського

районів Сумської області. Агроекологічний журнал. 2022. № 3. С. 136–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266419>

5. Про схвалення Національної стратегії протимінної діяльності на період до 2033 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2024–2026 роках : розпорядження Кабінету Міністрів України від 28.06.2024 № 616-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/616-2024-%D1%80> (дата звернення: 19.03.2026).

6. Державна спеціальна служба транспорту. Execution of actions aimed at formation of demining units of SSTs. Prague: SSTs, 2024. URL: https://events.stability-operations.org/wp-content/uploads/2024/09/Presentation_SSTs_Prague.pdf (дата звернення: 21.03.2026).

7. Denisov N., Averin D. Assessment of environmental damage and priorities for environmental restoration in eastern Ukraine. Vienna : OSCE, 2017. 88 p. URL: https://cdn.osce.org/sites/default/files/f/documents/4/3/362566_0.pdf (дата звернення: 21.03.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.15:631.53.027

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.19>

ОСОБЛИВОСТІ НАСТАННЯ ФЕНОЛОГІЧНИХ ФАЗ КУКУРУДЗИ В МОНО- ТА БІНАРНИХ ПОСІВАХ

Мокрієнко В.А. – к.с.-г.н., доцент

доцент кафедри рослинництва,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0002-5604-442X

Фенологічний розвиток кукурудзи визначає реалізацію її продуктивного потенціалу та ефективність взаємодії з компонентами агроценозу в змішаних посівах. Навіть незначні зсуви строків проходження ключових фаз (1–3 доби) можуть суттєво впливати на накопичення сухої речовини, фотосинтетичну активність і формування врожаю. Метою досліджень було встановлення особливостей настання та тривалості фенологічних фаз кукурудзи в моно- та бінарних посівах із соєю залежно від рівня мінерального живлення в умовах Лісостепу України.

Дослідження проводили протягом 2021–2025 рр. на чорноземі типовому малогумусному. Вивчали строки появи сходів, формування листового апарату, настання генеративних фаз та тривалість вегетаційного періоду за систем удобрень: без добрив, $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Встановлено, що у першій половині вегетації (сходи – 15-й листок) фенологія кукурудзи є стабільною та не залежить від системи вирощування: сходи з'явилися на 13-й день після сівби, 15-й листок формувався на 59-й день незалежно від удобрення. У бінарних посівах генеративні фази кукурудзи настають на 1–3 доби пізніше, а загальна тривалість вегетації подовжується на 2–4 доби порівняно з монокультурою.

Застосування інтенсивного удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$) подовжувало вегетаційний період кукурудзи на 9–10 діб, сої – на 7–12 діб, що супроводжувалося накопиченням додаткової суми ефективних температур (50–80 °C). У бінарних посівах варіабельність тривалості вегетації зменшувалася (CV 5,8–6,4%) порівняно з монокультурами (7,2–8,1%), що свідчить про вищу фенологічну стабільність агроценозу.

Отримані результати підтверджують, що бінарні посіви кукурудзи з соєю помірно модифікують фенологічний ритм культури без порушення його біологічної цілісності, створюючи передумови для підвищення адаптивності та стабільності продуктивності.

Ключові слова: кукурудза, соя, бінарні посіви, фенологічні фази, тривалість вегетації, мінеральне живлення, адаптивність.

Mokrienko V.A. Features of the onset of phenological phases of corn in mono- and binary crops

The phenological development of corn determines the realization of its productive potential and the effectiveness of interaction with the components of the agroecosystem in mixed crops. Even minor shifts in the timing of the passage of key phases (1–3 days) can significantly affect the accumulation of dry matter, photosynthetic activity and crop formation. The purpose of the research was to establish the features of the onset and duration of the phenological phases of corn in mono- and binary crops with soybeans depending on the level of mineral nutrition in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

The research was conducted during 2021–2025 on typical low-humus black soil. The timing of emergence, formation of the leaf apparatus, the onset of generative phases and the duration of the growing season under the following fertilization systems were studied: without fertilizers, $N_{60}P_{45}K_{45}$ and $N_{90}P_{60}K_{60}$.

It was found that in the first half of the growing season (seedlings – 15th leaf) the phenology of corn is stable and does not depend on the growing system: seedlings appeared on the 13th



© Мокрієнко В.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

day after sowing, the 15th leaf was formed on the 59th day regardless of fertilization. In binary crops, the generative phases of corn occur 1–3 days later; and the total duration of the growing season is extended by 2–4 days compared to monoculture. The use of intensive fertilization ($N_{90}P_{60}K_{60}$) extended the growing season of corn by 9–10 days, soybeans by 7–12 days, which was accompanied by the accumulation of an additional amount of effective temperatures (50–80 °C). In binary crops, the variability of the vegetation period decreased (CV 5.8–6.4%) compared to monocultures (7.2–8.1%), which indicates a higher phenological stability of the agroecosystem.

The results obtained confirm that binary crops of corn with soybeans moderately modify the phenological rhythm of the crop without violating its biological integrity, creating prerequisites for increasing adaptability and stability of productivity.

Key words: corn, soybean, binary crops, phenological phases, vegetation period, mineral nutrition, adaptability.

Актуальність теми дослідження. В сучасних умовах розвитку сільського господарства особливого значення набувають питання оптимізації посівів сільськогосподарських культур шляхом бінарного їх вирощування. Що дозволяє сформувати стійкі агроценози та як наслідок підвищити продуктивність культур.

Постановка проблеми. Фенологічний розвиток рослин є інтегральним відображенням взаємодії генотипу з умовами середовища та технологічними чинниками. Для кукурудзи тривалість окремих фенологічних фаз і вегетаційного періоду загалом безпосередньо пов'язана з формуванням фотосинтетичного потенціалу, ефективністю наливу зерна та рівнем урожайності. За даними літератури, оптимальна тривалість вегетації гібридів середньостиглої групи (ФАО 300–350) становить 120–130 днів, а відхилення на ± 5 –7 діб можуть змінювати врожайність на 8–15% [1, 2, 3].

У першій половині вегетації кукурудзи (сходи – 7–9 листків) фенологічні процеси здебільшого визначаються температурним режимом і сумою ефективних температур. Формування одного листка зазвичай потребує 180–220 °C, а перехід до фази 15-го листка відбувається після накопичення 1050–1150 °C. Більшість досліджень свідчать, що на цьому етапі вплив агротехнологічних чинників є мінімальним, а темпи розвитку мають високу генетичну стабільність [4, 5, 6].

Генеративна фаза кукурудзи є більш чутливою до умов живлення та міжвидової взаємодії. За даними наукових джерел, застосування азотних добрив може подовжувати період «15-й листок – викидання волоті» на 2–5 діб, що призводить до збільшення тривалості фотосинтетично активного періоду та накопичення додатково 40–90 °C ефективних температур. Водночас надмірне подовження генеративної фази не завжди трансформується у зростання врожайності та може ускладнювати досягання зерна [7, 8].

У бінарних посівах зернових і зернобобових культур фенологічні ритми компонентів частково змінюються під впливом міжвидової конкуренції та комплементарності. Літературні дані свідчать, що кукурудза в змішаних посівах часто демонструє затримку настання генеративних фаз на 1–3 доби, тоді як тривалість вегетації сої може збільшуватися на 3–10 діб залежно від сорту та густоти стояння. Така асинхронність розглядається як адаптивний механізм, що знижує пікову конкуренцію за ресурси [9, 10, 11].

Важливу роль у фенологічній сумісності компонентів відіграє мінеральне живлення. За даними досліджень, високі дози азоту (>80 – 90 кг/га) подовжують вегетацію сої на 10–15%, пригнічуючи перехід до генеративної фази, тоді як для кукурудзи аналогічне подовження становить 5–8%. У змішаних посівах ефект мінерального азоту може посилюватися за рахунок додаткового біологічного азоту, що змінює гормональний баланс і темпи розвитку рослин [12, 13, 14].

Незважаючи на наявність окремих досліджень, кількісна оцінка зсувів фенологічних фаз кукурудзи в бінарних посівах у багаторічному аспекті залишається недостатньо узагальненою [15, 16, 17]. Особливо актуальним є аналіз не лише середніх строків настання фаз, а й варіабельності їх тривалості (CV), що є індикатором адаптивності агроценозу до мінливих погодних умов [18, 19, 20].

У зв'язку з цим метою даної роботи було дослідити особливості настання та тривалості фенологічних фаз кукурудзи в моно- та бінарних посівах із соєю, кількісно оцінити вплив мінерального живлення на фенологічний ритм та обґрунтувати роль фенологічної стабільності у формуванні продуктивності агроценозів в умовах Лісостепу України.

Метою роботи було вивчення фенології кукурудзи в моно- та бінарних посівах.

Методика досліджень. Дослідження проводилися протягом 2021–2025 рр. у стаціонарному досліді кафедри рослинництва ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне Васильківський район Київської області) в зоні Лісостепу України.

Ґрунт – чорнозем типовий малогумусний, середньосуглинковий за механічним складом на лесі. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту 3,5% (за Тюрнімом), забезпеченість елементами мінерального живлення – середня. Потужність гумусового горизонту 25–30 см.

Схемасівби і нормависіву насіння культур відповідно до схеми досліді (таблиця 1). У одновидовому посіві норма висіву сої та кукурудзи відповідала зональним рекомендаціям оригінатора. У сумісних посівах норма висіву насіння сої була зменшена на 50%. Глибина заробки насіння кукурудзи – 4-5 см, сої – 2-3 см.

Таблиця 1

Схема досліді: Фактор А – одновидові та сумісні посіви

№	Культура/ сумісний посів, <i>фактор А</i>	Сорт/гібрид	ФАО/CHU	Норма висіву, тис. штук насінин
1	Кукурудза	РЖТ Занетікс	ФАО 340	70
2	Соя	Сірелія	CHU 2300	450
3	Соя	Сакуза	CHU 2600	450
4		РЖТ Занетікс + Сірелія		70 тис/га+225
5		РЖТ Занетікс + Сакуза		70 тис/га+225

Фактор В – *удобрення, кг/га діючої речовини (д.р.):* Без добрив – контроль (к); $N_{60}P_{45}K_{45}$; $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Попередником у досліді була пшениця озима. Обробіток ґрунту передбачав лущення стерні на 10-12 см та проведення оранки на глибину 25-27 см. Під основний обробіток ґрунту, відповідно до схеми досліді і мінералізації рослинних решток, вносили добриво FERTIS NPK (10-20-20+S+ME), а у передпосівну культивацию вносили решту азотних добрив у формі аміачної селітри (34,4%).

Дослідження проводили відповідно до методик польового досліді та державного сортовипробування сільськогосподарських культур [21, 22].

Результати досліджень. Поява сходів кукурудзи відбувалася на 13-й день після сівби незалежно від системи вирощування та удобрення, що свідчить про стабільність початкових етапів онтогенезу. Оптимальна температура ґрунту (12-14°C) та достатня вологозабезпеченість забезпечували дружнє проростання насіння з польовою схожістю 91,1-91,4% (таблиця 2).

Таблиця 2

Настання фенологічних фаз кукурудзи в першій половині вегетації в моно- та бінарних посівах (середнє за 2021-2025 рр.)

Гібрид	Система удобрення	Сходи	3-й листок	5-й листок	7-й листок	9-й листок	15-й листок
Гібрид РЖТ ЗАНЕТИККС	Контроль без добрив	13	6	8	9	6	17
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	13	6	8	9	6	17
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13	6	8	9	6	17
РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (в бінарних посівах)	Контроль без добрив	13	6	8	9	6	17
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	13	6	8	9	6	17
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13	6	8	9	6	17
РЖТ ЗАНЕТИКС + РЖТ САКУЗА (в бінарних посівах)	Контроль без добрив	13	6	8	9	6	17
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	13	6	8	9	6	17
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13	6	8	9	6	17
НІР _{0,05}							

Третій листок з'являвся через 6 днів після сходів (19-й день від сівби), п'ятий – ще через 8 днів (27-й день), сьомий – через 9 днів (36-й день), дев'ятий – через 6 днів (42-й день). Така динаміка відповідає біологічним особливостям гібриду та оптимальним температурним умовам (сума ефективних температур 180-220°C для кожного листка).

П'ятнадцятий листок формувався через 17 днів після дев'ятого (59-й день від сівби), що збігається з початком інтенсивного росту та переходом до генеративної фази. Примітно, що ні система вирощування (моно/бінарні посіви), ні рівень удобрення не впливали на темпи листкоутворення в цей період, що вказує на генетичну детермінованість процесу.

Перехід до генеративної фази маркувався появою волоті, яка в монокультурі відбувалася через 20 днів після формування 15-го листка (79-й день від сівби) на контролі. Застосування добрив подовжувало вегетативну фазу: на 1 день при N₆₀P₄₅K₄₅ та на 3 дні при N₉₀P₆₀K₆₀. Це пояснюється стимуляцією ростових процесів азотом, що затримує перехід до репродуктивного розвитку (таблиця 3).

У бінарних посівах спостерігалася тенденція до пізнішого викидання волоті: на 1-2 дні пізніше на контролі та на 2-3 дні при удобренні порівняно з монокультурою. Це може бути пов'язано з модифікацією гормонального балансу під впливом корневих виділень сої, зокрема ауксинів та цитокинінів.

Цвітіння волоті наставало через 3-4 дні після її появи, а цвітіння качанів – ще через 2-4 дні. У бінарних посівах ці інтервали подовжувалися на 1-2 дні, особливо при інтенсивному удобренні. Асинхронність цвітіння чоловічих та жіночих суцвіть (протандрія) є адаптивною ознакою для забезпечення перехресного запилення.

Молочна стиглість наставала через 20-23 дні після цвітіння качанів. Тривалість цього періоду збільшувалася при удобренні на 1-3 дні, що сприяє кращому наливу зерна. У бінарних посівах тривалість періоду "цвітіння-молочна стиглість" не відрізнялася від монокультури або була довшою на 1 день.

Повна стиглість досягалася через 12-15 днів після молочної. Застосування добрив подовжувало період дозрівання на 1-3 дні, що пов'язано з підвищеним вмістом вологи в зерні при інтенсивному живленні. У бінарних посівах період дозрівання був довшим на 1-2 дні, можливо, через модифікацію мікроклімату в змішаних посівах.

Стабільність фенологічного ритму кукурудзи в змішаних посівах є важливою передумовою успішності бінарної технології, оскільки забезпечує формування домінуючого ярусу кукурудзи до початку інтенсивного росту сої. Це мінімізує світлову конкуренцію в критичний період закладання генеративних органів кукурудзи.

Сумарна тривалість вегетаційного періоду кукурудзи становила 122-124 дні на контролі в монокультури та збільшувалася до 131-134 днів при $N_{90}P_{60}K_{60}$. У бінарних посівах вегетація подовжувалася на 2-4 дні, досягаючи 126-138 днів залежно від удобрення. Це забезпечує накопичення додаткової суми ефективних температур ($50-80^{\circ}C$) та може сприяти підвищенню врожайності.

У бінарних посівах з обома сортами сої фенологія кукурудзи в першій половині вегетації повністю збігалася з монокультурою. Це свідчить про відсутність конкурентного тиску з боку сої на початкових етапах розвитку, коли рослини сої ще не сформували потужну вегетативну масу (таблиця 4).

Сходи сої з'являлися на 10-11 день після сівби, що на 2-3 дні раніше за кукурудзу. Сорт СІРЕЛІЯ сходив на день раніше за РЖТ САКУЗА, що пов'язано з меншою масою насіння та швидшим набуханням. У бінарних посівах терміни появи сходів не змінювалися, що свідчить про відсутність алелопатичного впливу кукурудзи на проростання сої.

Період "сходи-цвітіння" тривав 35-36 днів на контролі в монокультури та подовжувався при удобренні до 40-42 днів. Це пояснюється стимуляцією вегетативного росту мінеральним азотом, який пригнічує перехід до генеративного розвитку.

Таблиця 3

Настання фенологічних фаз кукурудзи в другій половині вегетації в моно- та бінарних посівах (середнє за 2021-2025 рр.)

Гібрид	Система удобрення	Поява волоті	Цвітіння волоті	Цвітіння качана	Молочна стиглість	Повна стиглість зерна
Гібрид РЖТ ЗАНЕТИККС	Контроль без добрив	20	3	2	20	12
	$N_{60}P_{45}K_{45}$	21	3	2	21	13
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	23	3	2	22	14
РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (в бінарних посівах)	Контроль без добрив	21	3	2	20	13
	$N_{60}P_{45}K_{45}$	22	4	3	21	13
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	23	4	3	22	15
РЖТ ЗАНЕТИКС + РЖТ САКУЗА (в бінарних посівах)	Контроль без добрив	21	3	2	20	13
	$N_{60}P_{45}K_{45}$	23	4	3	21	13
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	23	4	4	23	15
НІР _{0,05}						

У бінарних посівах цей період подовжувався на 1-3 дні через часткове затінення та конкуренцію за світло.

Формування та досягання бобів у монокультурі тривало 11-15 днів залежно від удобрення. Подовження періоду при інтенсивному живленні пов'язане з формуванням більшої кількості бобів та подовженням періоду їх наливу. Сорт РЖТ САКУЗА характеризувався дещо тривалішим періодом формування бобів (12-15 днів проти 11-14 для СІРЕЛІЯ).

У бінарних посівах період формування бобів подовжувався на 1-3 дні, особливо при високих дозах добрив (до 16-18 днів). Це може бути адаптивною реакцією на умови часткового затінення, коли рослини формують менше бобів, але забезпечують їх краще виповнення.

Повна стиглість сої наставала через 39-50 днів після цвітіння залежно від сорту та удобрення. Сорт СІРЕЛІЯ характеризувався коротшим періодом дозрівання (39-42 дні в монокультурі) порівняно з РЖТ САКУЗА (46-50 днів). Це відповідає їх класифікації за скоростиглістю (CHU 2300 проти CHU 2600).

У бінарних посівах період дозрівання подовжувався на 2-5 днів для СІРЕЛІЯ та 1-4 дні для РЖТ САКУЗА. Максимальне подовження (до 47-51 дня) спостерігалося при інтенсивному удобренні, що може негативно впливати на якість насіння через підвищену вологість при збиранні.

Загальна тривалість вегетації сої становила 95-107 днів у монокультурі та 97-117 днів у бінарних посівах. Подовження на 2-10 днів у змішаних посівах компенсується вищою індивідуальною продуктивністю рослин через кращі умови живлення.

Аналіз фенологічних фаз виявив кілька критичних періодів потенційної конкуренції між компонентами. Перший – фаза 5-7 листків кукурудзи (27-36 день), яка

Таблиця 4

**Настання фенологічних фаз сої в моно- та бінарних посівах
(середнє за 2021-2025 рр.)**

Гібрид	Система удобрення	Сходи	Цвітіння	Утворення та досягання бобів	Повна стиглість зерна
Сорт СІРЕЛІЯ	Контроль без добрив	10	35	11	39
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	10	37	12	40
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	10	40	14	42
Сорт РЖТ САКУЗА	Контроль без добрив	11	36	12	46
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	11	38	13	48
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	11	42	15	50
РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (в бінарних посівах з кукурудзою)	Контроль без добрив	10	36	12	41
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	10	38	13	43
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	10	42	16	47
РЖТ ЗАНЕТИКС + РЖТ САКУЗА (в бінарних посівах з кукурудзою)	Контроль без добрив	11	38	14	47
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	11	42	15	47
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	11	45	18	51
H _{IP} _{0,05}					

збігається з інтенсивним ростом сої перед цвітінням. Другий – період цвітіння сої (45-55 день), коли кукурудза формує 9-15 листків. Третій – формування бобів сої (56-70 день) одночасно з викиданням волоті кукурудзи. Проте негативний вплив конкуренції мінімізується завдяки ярусності посіву: кукурудза домінує у верхньому ярусі (>1,5 м), тоді як соя формує нижній ярус (0,5-1,0 м). Це забезпечує комплементарне використання світла та простору.

Найкраща фенологічна сумісність спостерігається при комбінації кукурудзи з сортом СІРЕЛІЯ, який має коротший вегетаційний період. Різниця в тривалості вегетації (122-134 дні для кукурудзи проти 95-107 днів для СІРЕЛІЯ). Сорт РЖТ САКУЗА з довшим періодом вегетації (103-117 днів) краще синхронізований з кукурудзою за термінами дозрівання (різниця 7-17 днів), але створює сильнішу конкуренцію в другій половині вегетації через пізніше дозрівання.

Мінеральні добрива суттєво впливали на тривалість окремих фаз розвитку. Для кукурудзи найбільший ефект спостерігався в генеративний період: подовження на 3-5 днів при $N_{90}P_{60}K_{60}$. Для сої вплив був більш вираженим: подовження вегетації на 7-12 днів при інтенсивному удобренні.

Ефект добрив на фенологію в бінарних посівах був сильнішим, ніж у монокультурах: додаткове подовження на 2-4 дні. Це пояснюється синергетичною взаємодією мінерального та біологічного азоту, що підтримує активний ріст протягом тривалішого періоду.

Екстремальні температури (>35°C) у критичні фази призводили до прискорення розвитку на 2-4 дні, але негативно впливали на продуктивність. У бінарних посівах негативний ефект був меншим завдяки модерації мікроклімату: температура в посіві на 2-3°C нижча, ніж у монокультурі.

Пізні весняні заморозки (до -2°C у травні) затримували розвиток сої на 3-5 днів, але не впливали на кукурудзу. У бінарних посівах кукурудза частково захищала сою від радіаційного вихолодження, знижуючи пошкодження на 30-40%.

Кореляційний аналіз виявив позитивний зв'язок між тривалістю періоду "цвітіння-молочна стиглість" кукурудзи та врожайністю ($r=0,72$). Подовження цього періоду на 1 день забезпечує приріст врожайності на 0,18-0,22 т/га через краще накопичення сухої речовини.

Для сої критичним є період "цвітіння-формування бобів": його подовження на 1 день підвищує врожайність на 0,08-0,11 т/га. У бінарних посівах ці залежності зберігаються, але з меншими коефіцієнтами приросту через компенсаторні механізми.

Індекс фенологічної пластичності (відношення максимальної до мінімальної тривалості вегетації) становив 1,10-1,12 для кукурудзи та 1,13-1,18 для сої. Вища пластичність сої дозволяє їй краще адаптуватися до умов бінарних посівів.

Оптимальне поєднання фенологічної стабільності кукурудзи та пластичності сої забезпечує стійкість бінарних агроценозів до варіабельності погодних умов та високу ймовірність отримання стабільних врожаїв.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що фенологія кукурудзи в першій половині вегетації (сходи – 15-й листок) не залежить від системи вирощування та удобрення, що свідчить про генетичну детермінованість процесу. А у бінарних посівах генеративні фази кукурудзи настають на 1-3 дні пізніше, а загальна вегетація подовжується на 2-4 дні, що сприяє накопиченню додаткової суми ефективних температур (50-80°C).

Визначено, що застосування $N_{90}P_{60}K_{60}$ подовжує вегетацію кукурудзи на 9-10 днів, сої – на 7-12 днів через стимуляцію вегетативного росту та затримку дозрівання.

Виявлено, що оптимальна синхронізація досягається при комбінації кукурудзи з сортом СІРЕЛІЯ (різниця в тривалості вегетації 15-27 днів), що спрощує роздільне збирання. А потенційна конкуренція в періоди 27-36, 45-55 та 56-70 днів від сівби мінімізується завдяки ярусності посіву та комплементарному використанню ресурсів. При цьому нижча варіабельність тривалості вегетації ($CV=5,8-6,4\%$ проти $7,2-8,1\%$ у монокультурах) свідчить про вищу стійкість до погодних стресів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Arbuckle J.G., Roesch-McNally G. Cover crop adoption in Iowa: the role of perceived practice characteristics. *J. Soil Water Conserv.* 2015. 70, 418–429. <https://doi.org/10.2489/jswc.70.6.418>.
2. Barnes A.P., Islam M.M., Toma L. Heterogeneity in climate change risk perception amongst dairy farmers: a latent class clustering analysis. *Appl. Geogr.* 2013. 41, 105–115. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.03.011>
3. Basche A.D., Roesch-McNally G.E. Research topics to scale up cover crop use: reflections from innovative Iowa farmers. *J. Soil Water Conserv.* 2017. 72, 59A–63A. <https://doi.org/10.2489/jswc.72.3.59A>
4. Beetstra M.A., Wilson R.S., Doidge M. Conservation behavior over time: examining a Midwestern farmer sample. *Land Use Policy* 2022. 115, 106002. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106002>
5. Bergtold J.S., Ramsey S., Maddy L., Williams J.R. A review of economic considerations for cover crops as a conservation practice. *Renew. Agric. Food Syst.* 2019. 34, 62–76. <https://doi.org/10.1017/S1742170517000278>
6. Blanco-Canqui H., Ruis S.J. Cover crop impacts on soil physical properties: a review. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2020. 84, 1527–1576. <https://doi.org/10.1002/saj2.20129>
7. Bowman M., Poley, K., McFarland E. Farmers employ diverse cover crop management strategies to meet soil health goals. *Agric. Environ. Lett.* 2022. 7 <https://doi.org/10.1002/ael2.20070>
8. Bressler A., Plumhoff M., Hoey L., Blesh J. Cover crop champions: linking strategic communication approaches with farmer networks to support cover crop adoption. *Soc. Nat. Resour.* 2021. 34, 1602–1619. <https://doi.org/10.1080/08941920.2021.1980165>.
9. Clay L., Perkins K., Motallebi M. The perceived benefits, challenges, and environmental effects of cover crop implementation in South Carolina. *Agriculture* 2020. 10, 372. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090372>
10. Despotović J., Rodić V., Caracciolo F. Factors affecting farmers' adoption of integrated pest management in Serbia: an application of the theory of planned behavior. *J. Clean. Prod.* 2019. 228, 1196–1205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.149>
11. Fleckenstein M., Lythgoe A., Lu J. Crop insurance: a barrier to conservation adoption? *J. Environ. Manag.* 2020. 276, 111223. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111223>
12. Gao L., Arbuckle, J. Examining farmers' adoption of nutrient management best management practices: a social cognitive framework. *Agric. Hum. Values*, 2022. 39, 535–553. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10266-2>
13. Han G., Schoolman E.D., Arbuckle J.G., Morton L.W. Weather, values, capacity and concern: toward a social-cognitive model of specialty crop Farmers' perceptions of climate change risk. *Environ. Behav.* 2022. 54, 327–362. <https://doi.org/10.1177/00139165211026607>.
14. Moore V.M., Mitchell P.D., Silva E.M., Barham B.L. Cover crop adoption and intensity on Wisconsin's organic vegetable farms. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 2016. 40, 693–713. <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1181694>

15. Myers R., Watts C. Progress and perspectives with cover crops: interpreting three years of farmer surveys on cover crops. *J. Soil Water Conserv.* 2015. 70, 125A–129A. <https://doi.org/10.2489/jswc.70.6.125A>
16. Pichlak M. The innovation adoption process: a multidimensional approach. *J. Manag. Organ.* 2016. 22, 476–494. <https://doi.org/10.1017/jmo.2015.52>
17. Roesch-Mcnally G.E., Basche A.D., Arbuckle J.G. The trouble with cover crops: Farmers' experiences with overcoming barriers to adoption. *Renew. Agric. Food Syst.* 2018. 33, 322–333. <https://doi.org/10.1017/S1742170517000096>
18. Sartas M., Schut M., Proietti C. Scaling readiness: science and practice of an approach to enhance impact of research for development. *Agric. Syst.* 2020. 183, 102874. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102874>
19. Schut M., Leeuwis C., Thiele G. Science of scaling: understanding and guiding the scaling of innovation for societal outcomes. *Agric. Syst.* 2020. 184, 102908. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102908>
20. Ulrich-Schad J.D., de Jal'on S.G., Babin N. Measuring and understanding agricultural producers' adoption of nutrient best management practices. *J. Soil Water Conserv.* 2017. 72, 506–518. <https://doi.org/10.2489/jswc.72.5.506>
21. Присяжнюк О.І., Климович Н.М., Полуніна О.В., Євчук Я.В., Третякова С.О., Кононенко Л.М., Войтовська В.І., Михайловин Ю.М. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. К., ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 300с.
22. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 : методичні вказівки. Київ: Поліграф Консалтинг, 2007. 56 с.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.15:631.52:31.8:631.559(477.4+292.485)
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.20>

ФОРМУВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД АЗОТНО-МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Мулярчук О.І. – к.с.-г.н., доцент,
завідувач кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0003-2072-8536

М'ялковський Р.О. – д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0002-0791-436

Плахтій Д.П. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0002-2014-9748

Паращук В.В. – к.с.-г.н.,
доктор філософії за спеціальністю 201 «Агрономія»,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0002-6646-6343

У статті наведено результати досліджень щодо впливу азотно-мікроелементного живлення на формування якісних показників зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Західного Лісостепу України. Дослідження проводили з використанням гібридів кукурудзи Фернандо (ФАО 260), Лауро (ФАО 300) та Акустика (ФАО 350). Вивчали ефективність застосування карбамідно-аміачної суміші КАС-30 як джерела азотного живлення, а також її поєднання з цинковмісним мікродобривом та комплексним мікродобривом «Авангард Кукурудза».

У процесі досліджень визначали основні показники якості зерна кукурудзи, зокрема вміст сирого протеїну, крохмалю, натуру зерна, масу 1000 зерен та вологість зерна. Встановлено, що поєднання азотного живлення з мікроелементами позитивно впливає на формування якісних показників зерна кукурудзи. Застосування мікродобрив сприяло підвищенню вмісту протеїну на 0,4–0,9 %, крохмалю – на 0,6–1,5 %, а також покращенню натури зерна на 7–15 г/л порівняно з контролем. Найвищі показники якості зерна формувалися за внесення КАС-30 у поєднанні з комплексним мікродобривом «Авангард Кукурудза».

Серед досліджуваних гібридів найвищі значення вмісту протеїну, крохмалю та натури зерна відмічено у гібриду Акустика (ФАО 350), що свідчить про важливу роль генетичних особливостей культури у формуванні якісних показників зерна. Крім того, застосування мікроелементів сприяло збільшенню маси 1000 зерен на 7–15 г та зниженню вологості зерна під час збирання, що позитивно впливає на його технологічні властивості.

Отримані результати свідчать про високу ефективність поєднання азотного живлення з мікроелементами у системі удобрення кукурудзи. Використання цинковмісних та комплексних мікродобрив у поєднанні з КАС-30 сприяє не лише підвищенню продуктивності



рослин, але й покращенню якості зерна, що має важливе значення для кормового та харчового використання культури.

Ключові слова: кукурудза, гібриди, агроекологія, мінеральне живлення, мікродобрива, якість зерна, протеїн, крохмаль.

Muliarchuk O.I., Myalkovsky R.O., Plahtiy D.P., Parashchuk V.V. Formation of qualitative indicators of corn grain depending on nitrogen and microelement nutrition in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine

The article presents the results of studies on the influence of nitrogen-micronutrient nutrition on the formation of grain quality indicators of corn hybrids of different maturity groups in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The studies were conducted using corn hybrids Fernando (FAO 260), Lauro (FAO 300) and Akustika (FAO 350). The effectiveness of the use of urea-ammonia mixture KAS-30 as a source of nitrogen nutrition, as well as its combination with zinc-containing micronutrient fertilizer and complex micronutrient fertilizer "Avangard Corn" were studied.

In the course of the research, the main indicators of corn grain quality were determined, in particular, the content of crude protein, starch, grain type, 1000-grain weight and grain moisture. It was established that the combination of nitrogen nutrition with microelements has a positive effect on the formation of quality indicators of corn grain. The use of microfertilizers contributed to an increase in protein content by 0.4–0.9%, starch content by 0.6–1.5%, as well as an improvement in grain type by 7–15 g/l compared to the control. The highest grain quality indicators were formed when KAS-30 was applied in combination with the complex microfertilizer "Avangard Corn".

Among the studied hybrids, the highest values of protein, starch and grain nature were observed in the hybrid Akustika (FAO 350), which indicates the important role of genetic characteristics of the crop in the formation of grain quality indicators. In addition, the use of microelements contributed to an increase in the mass of 1000 grains by 7–15 g and a decrease in grain moisture during harvesting, which positively affects its technological properties.

The results obtained indicate the high efficiency of combining nitrogen nutrition with microelements in the corn fertilization system. The use of zinc-containing and complex microfertilizers in combination with KAS-30 contributes not only to increasing plant productivity, but also to improving grain quality, which is important for the feed and food use of the crop.

Key words: corn, hybrids, agroecology, mineral nutrition, micronutrients, grain quality, protein, starch.

Актуальність теми дослідження. Кукурудза є однією з провідних зернових культур світового та вітчизняного землеробства. У сучасному землеробстві одним із ключових завдань є не лише підвищення врожайності сільськогосподарських культур, а й покращення якості отриманої продукції. Особливої актуальності це питання набуває при вирощуванні кукурудзи, зерно якої широко використовується у кормовиробництві, харчовій і переробній промисловості та біоенергетиці.

Постановка проблеми. У сучасному землеробстві важливо не лише підвищувати врожайність кукурудзи, а й покращувати якість її зерна, яке широко використовується у різних галузях. Формування якісних показників зерна (вміст протеїну, крохмалю, маса зерна) значною мірою залежить від біологічних особливостей гібридів, умов вирощування та рівня мінерального живлення рослин. Застосування рідких азотних добрив, таких як карбамідно-аміачна суміш (КАС), у поєднанні з мікродобривами є перспективним елементом сучасних технологій вирощування кукурудзи. Однак оптимальні умови такого живлення для гібридів кукурудзи в Західному Лісостепу України потребують подальшого дослідження.

Аналіз останніх досліджень. Сучасні наукові дослідження свідчать, що формування якісних показників зерна кукурудзи значною мірою залежить від системи мінерального живлення, зокрема забезпечення рослин азотом і мікроелементами [1, 3]. Встановлено, що азот є одним із головних елементів живлення, який безпосередньо впливає на синтез білкових сполук, активність ферментів та

інтенсивність ростових процесів рослин. Його достатнє забезпечення сприяє підвищенню вмісту протеїну в зерні, тоді як дефіцит призводить до зниження як врожайності, так і показників якості [6, с. 146].

Разом із тим надмірне внесення азотних добрив може викликати дисбаланс між накопиченням білка і крохмалю, що негативно впливає на технологічні та кормові властивості зерна. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває пошук оптимальних доз та співвідношень азотного живлення для конкретних ґрунтово-кліматичних умов [3, с. 12].

У сучасних агротехнологіях важлива роль відводиться мікроелементам, зокрема цинку, який бере участь у багатьох фізіолого-біохімічних процесах рослин. Цинк впливає на синтез ауксинів, активність ферментів, процеси фотосинтезу та засвоєння азоту, що в комплексі сприяє покращенню формування генеративних органів і підвищенню якості зерна [2, 5]. Дослідження показують, що дефіцит цинку призводить до порушення азотного обміну, зниження вмісту білка та погіршення показників якості зерна кукурудзи.

Останнім часом все більшого поширення набуває застосування рідких азотних добрив, зокрема карбамідно-аміачної суміші (КАС), яка забезпечує швидке і рівномірне надходження азоту до рослин. Використання КАС у поєднанні з позакореневим підживленням мікроелементами сприяє підвищенню коефіцієнта використання поживних речовин, покращенню фізіологічного стану рослин і формуванню більш якісного зерна [12, с. 22].

Дослідження вітчизняних учених свідчать, що ефективність азотно-мікроелементного живлення значною мірою залежить від генотипу гібридів, оскільки різні гібриди кукурудзи по-різному реагують на рівень забезпечення поживними речовинами [3, 9, 11]. Встановлено, що гібриди різних груп стиглості мають відмінності у здатності накопичувати білок і крохмаль, а також у реакції на підживлення мікроелементами. Також доведено, що накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи залежить від гібриду, норм внесення добрива та норм застосування мікродобрива [4, с. 44–48].

Крім того, значний вплив на формування якісних показників зерна мають ґрунтово-кліматичні умови, зокрема забезпеченість вологою, температура повітря та родючість ґрунту. В умовах Західного Лісостепу України, де погодні умови є нестабільними, ефективність внесення добрив може істотно варіювати, що потребує адаптації технологій вирощування кукурудзи [5, 7].

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання оптимального поєднання азотного та мікроелементного живлення, а також його впливу на формування якісних показників зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Західного Лісостепу України залишається недостатньо вивченим. Це зумовлює необхідність проведення подальших досліджень із урахуванням сучасних технологій удобрення та агроєкологічних умов [8, 10, 12].

Метою дослідження було встановити вплив азотно-мікроелементного живлення на формування якісних показників зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості для умов Західного Лісостепу України

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили у польових умовах впродовж 2022–2024 рр. на базі ТзОВ «Емберіка», розташованого в с. Серафінці Коломийського району Івано-Франківської області.

Дослід закладали за двофакторною схемою.

Фактор А – гібриди кукурудзи різних груп стиглості:

Фернандо (ФАО 260);

Лауро (ФАО 300);

Акустика (ФАО 350).

Фактор В – варіанти азотно-мікроелементного живлення:

1. КАС-30 (контроль);

2. КАС-30 + цинковмісне мікродобриво;

3. КАС-30 + комплексне мікродобриво «Авангард Кукурудза».

У процесі досліджень визначали основні показники якості зерна кукурудзи, зокрема: вміст сирого протеїну, вміст крохмалю, натуру зерна.

Аналіз зерна проводили згідно із загальноприйнятими методиками лабораторного аналізу зернової продукції. Отримані результати обробляли методами статистичного аналізу.

Виклад основного матеріалу досліджень. Формування якісних показників зерна кукурудзи значною мірою залежало як від генетичних особливостей гібридів різних груп стиглості, так і від застосування різних варіантів азотно-мікроелементного живлення.

Оптимізація системи азотно-мікроелементного живлення є важливим елементом технології вирощування кукурудзи, який дозволяє підвищити не лише врожайність культури, але й покращити якість отриманої зернової продукції (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив азотно-мікроелементного живлення на якісні показники зерна гібридів кукурудзи (середнє за 2022-2024 рр.)

Гібрид (Фактор А)	Варіант живлення (Фактор В)	Вміст протеїну, %	Вміст крохмалю, %	Натура зерна, г/л
Фернандо (ФАО 260)	КАС-30	8,7	71,2	705
	КАС-30 + Zn	9,1	71,8	712
	КАС-30 + Авангард Кукурудза	9,4	72,5	718
Лауро (ФАО 300)	КАС-30	8,9	71,6	708
	КАС-30 + Zn	9,3	72,3	715
	КАС-30 + Авангард Кукурудза	9,7	73,1	722
Акустика (ФАО 350)	КАС-30	9,1	72,0	710
	КАС-30 + Zn	9,6	72,7	718
	КАС-30 + Авангард Кукурудза	10,0	73,5	725

Результати досліджень свідчать, що застосування мікродобрив у поєднанні з КАС-30 сприяє підвищенню вмісту протеїну, крохмалю та покращенню натури зерна порівняно з варіантом використання лише азотного добрива. У всіх досліджуваних гібридів відмічено закономірне зростання показників якості зерна за використання мікроелементів. Зокрема, застосування КАС-30 у поєднанні з цинковмісним мікродобривом забезпечило підвищення вмісту протеїну на 0,4–0,5%, крохмалю на 0,6–0,7% та збільшення натури зерна на 7–8 г/л порівняно з контролем. Найбільш ефективним виявилось застосування КАС-30 у поєднанні з комплексним мікродобривом «Авангард Кукурудза», за якого вміст протеїну зростав на 0,7–0,9%, крохмалю – на 1,3–1,5%, а натура зерна підвищувалася на 13–15 г/л.

Серед досліджуваних гібридів найвищі показники якості зерна сформував гібрид Акустика (ФАО 350), у якого за внесення КАС-30 у поєднанні з комплексним мікродобривом «Авангард Кукурудза» вміст протеїну становив 10,0%, крохмалю – 73,5%, а натура зерна – 725 г/л. Дещо нижчі показники спостерігались у гібридів Лауро (ФАО 300) та Фернандо (ФАО 260).

Застосування мікроелементів у поєднанні з азотним живленням сприяє покращенню наливу зерна кукурудзи, збільшенню маси 1000 зерен та зниженню вологості зерна під час збирання (табл. 2).

Таблиця 2

**Вплив азотно-мікроелементного живлення на масу 1000 зерен
та вологість зерна кукурудзи**

Гібрид	Варіант живлення	Маса 1000 зерен, г	Вологість зерна, %
Фернандо (ФАО 260)	КАС-30	285	14,8
	КАС-30 + Zn	292	14,5
	КАС-30 + Авангард Кукурудза	298	14,2
Лауро (ФАО 300)	КАС-30	290	14,6
	КАС-30 + Zn	298	14,3
	КАС-30 + Авангард Кукурудза	305	14,0
Акустика (ФАО 350)	КАС-30	295	14,5
	КАС-30 + Zn	303	14,1
	КАС-30 + Авангард Кукурудза	310	13,8

Таким чином, за результатами досліджень встановлено, що поєднання карбамідно-аміачної суміші КАС-30 з мікродобривами сприяє покращенню виповненості зерна, що проявляється у збільшенні маси 1000 зерен, а також зниженню вологості зерна під час збирання.

Зокрема, застосування КАС-30 у поєднанні з цинковмісним мікродобривом забезпечило підвищення маси 1000 зерен у середньому на 7–8 г. порівняно з контролем. Найбільший ефект спостерігався за використання КАС-30 разом із комплексним мікродобривом «Авангард Кукурудза», де приріст маси 1000 зерен становив 13–15 г залежно від гібриду. Одночасно відмічено зниження вологості зерна на 0,3–0,7%, що свідчить про інтенсивніший перебіг процесів наливу та дозрівання зерна.

Серед досліджуваних гібридів найвищу масу 1000 зерен сформував гібрид Акустика (ФАО 350), у якого цей показник за внесення КАС-30 у поєднанні з комплексним мікродобривом «Авангард Кукурудза» становив 310 г при вологості зерна 13,8%. Дещо нижчі показники відмічено у гібридів Лауро (ФАО 300) та Фернандо (ФАО 260), що зумовлено їхніми біологічними особливостями.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що формування якісних показників зерна кукурудзи істотно залежить від генетичних особливостей гібридів та умов азотно-мікроелементного живлення. Встановлено, що застосування мікродобрив у поєднанні з КАС-30 сприяло підвищенню вмісту протеїну та крохмалю в зерні кукурудзи. Найкращі показники якості зерна формувалися за внесення КАС-30 у поєднанні з комплексним мікродобривом «Авангард

Кукурудза». Доведено, що поєднання азотного та мікроелементного живлення позитивно впливає на процеси наливу зерна, збільшує масу 1000 зерен і сприяє зниженню його вологості під час збирання, що є важливим для підвищення технологічної якості продукції.

Таким чином, отримані результати підтверджують доцільність застосування комплексного азотно-мікроелементного живлення у технології вирощування кукурудзи в умовах Західного Лісостепу України та можуть бути використані в технології вирощування з метою підвищення якості зерна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бойко П. І., Коваленко Н. П. Сучасні технології вирощування кукурудзи на зерно в Україні. Київ : Аграрна наука, 2018. 256 с.
2. Бойко П. І., Коваленко О. А. Вплив цинку на продуктивність і якість зерна кукурудзи. Агробіологія. 2021. № 2. С. 78–84.
3. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Вплив удобрення на врожайність та якість зерна кукурудзи. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2019. № 1. С. 12–18.
4. Іванишин О. С., Хоміна В. Я. Динаміка накопичення сухої надземної маси та урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лісостепу Західного. Таврійський науковий вісник. 2020. Вип. 114. С. 44–48.
5. Каленська С. М., Новицька Н. В. Реакція гібридів кукурудзи на рівень мінерального живлення. Наукові доповіді НУБіП України. 2020. № 3.
6. Кириленко В. В., Буряк Ю. І. Формування врожайності та якості зерна кукурудзи залежно від системи удобрення. Зернові культури. 2021. Т. 5, № 2. С. 145–152.
7. Лихочвор В. В. Рослинництво. Львів : НВФ «Українські технології», 2018. 800 с.
8. Мельник С. І., Міщенко Ю. Г. Ефективність застосування мікроелементів у технології вирощування кукурудзи. Вісник аграрної науки. 2022. № 5. С. 34–40.
9. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Формування продуктивності кукурудзи залежно від елементів технології вирощування. Зернові культури. 2020. Т. 4, № 2. С. 45–52.
10. Поліщук М. І., Мазур В. А., Поліщук І. С. Кукурудза: технологія вирощування. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2020. 348 с.
11. Присяжнюк О. І., Поліщук В. М. Формування якості зерна кукурудзи залежно від елементів технології вирощування. Вісник аграрної науки. 2024. № 2. С. 41–48.
12. Ткачук О. П., Присяжнюк О. І. Ефективність застосування КАС у системі удобрення кукурудзи. Землеробство. 2023. № 1. С. 22–29.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.358:631.559:631.847

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.21>

ФОРМУВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗЕРНА ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Небаба К.С. — к.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва, селекції та насінництва,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

orcid.org/0000-0002-4529-3623

У сучасних умовах ведення сільського господарства важливого значення набуває підвищення якості зерна зернобобових культур, зокрема гороху, як цінного джерела рослинного білка. Формування вмісту сирого протеїну та жиру значною мірою залежить від елементів технології вирощування, серед яких особливу роль відіграють інокуляція насіння, застосування мікоризних препаратів та мікродобрив.

У статті наведено результати досліджень впливу інокулянтів, мікоризного препарату та мікродобрив на формування якісних показників зерна гороху. Дослідження проводили упродовж 2020–2024 рр. в умовах науково-дослідного центру «Поділля».

Метою дослідження було встановити вплив інокуляції насіння, застосування мікоризного препарату та позакореневого підживлення на вміст сирого протеїну та жиру в зерні гороху, а також обґрунтувати ефективність їх комплексного використання.

У досліді вивчали дію мікоризного препарату Мікофренд, інокулянтів (Нітрофікс, Ризоактив Бобові) та мікродобрив (Найс, Авангард) за окремого та сумісного застосування. Встановлено, що за контрольного варіанту вміст сирого протеїну становив 20,07–20,91%, жиру – 1,06–1,18%. Застосування мікоризного препарату Мікофренд забезпечувало підвищення вмісту сирого протеїну до 20,36–22,22%, жиру – до 1,25–1,64%. Посадження мікоризного препарату з інокулянтами сприяло подальшому зростанню показників якості: вміст сирого протеїну досягав 21,57–23,53%, жиру – 1,47–1,84%. Найвищі значення відмічено за комплексного застосування Мікофренд у поєднанні з інокулянтами та мікродобривами, де вміст сирого протеїну становив 23,06–23,90%, жиру – 1,92–2,04%.

Встановлено, що комплексне застосування досліджуваних препаратів сприяє покращенню мінерального живлення рослин, активізації фізіолого-біохімічних процесів та формуванню більш якісного зерна. Отримані результати свідчать про доцільність використання мікоризного препарату Мікофренд у поєднанні з інокулянтами та мікродобривами у технології вирощування гороху.

Ключові слова: горох посівний, інокулянти, мікориза, мікродобрива, сирий протеїн, жир, якість зерна.

Nebaba K.S. Formation of quality indicators of pea grain depending on cultivation technology elements under the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine

In modern agricultural production, improving the quality of legume grains, particularly pea, as a valuable source of plant protein, is of great importance. The formation of crude protein and fat content largely depends on cultivation technology elements, among which seed inoculation, application of mycorrhizal preparations, and micronutrient fertilizers play a significant role.

The article presents the results of studies on the influence of inoculants, a mycorrhizal preparation, and micronutrient fertilizers on the formation of quality indicators of pea grain. The research was conducted during 2020–2024 under the conditions of the Research Center “Podillia”.

The aim of the study was to determine the effect of seed inoculation, application of a mycorrhizal preparation, and foliar feeding on the crude protein and fat content in pea grain, as well as to substantiate the efficiency of their combined use.



© Небаба К.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The experiment studied the effect of the mycorrhizal preparation Mikofrend, inoculants (Nitrofix, Rhizoactive Legumes), and micronutrient fertilizers (Nice, Avangard) applied separately and in combination. It was found that under control conditions, the crude protein content was 20.07–20.91% and fat content was 1.06–1.18%. The application of the mycorrhizal preparation Mikofrend increased crude protein content to 20.36–22.22% and fat content to 1.25–1.64%. The combination of the mycorrhizal preparation with inoculants led to a further increase in quality indicators: crude protein content reached 21.57–23.53% and fat content 1.47–1.84%.

The highest values were recorded under the combined application of Mikofrend with inoculants and micronutrient fertilizers, where crude protein content reached 23.06–23.90% and fat content 1.92–2.04%.

It was established that the combined use of the studied preparations improves plant mineral nutrition, activates physiological and biochemical processes, and contributes to the formation of higher-quality grain. The obtained results confirm the feasibility of using the mycorrhizal preparation Mikofrend in combination with inoculants and micronutrient fertilizers in pea cultivation technology.

Key words: *pea (Pisum sativum), inoculants, mycorrhiza, micronutrient fertilizers, crude protein, fat, grain quality.*

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливого значення набуває підвищення якісних показників зерна бобових культур. Зерно гороху є важливим джерелом рослинного білка, амінокислот, енергії та біологічно активних речовин, що зумовлює його широке використання у кормовиробництві та харчовій промисловості. У зв'язку з цим вміст сирого протеїну та жиру виступає одним із ключових показників якості продукції, що безпосередньо впливає на її поживну цінність і економічну ефективність вирощування культури [1, 2].

Водночас формування якісних показників зерна є складним і багатофакторним процесом, який залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня мінерального живлення, водозабезпечення, а також застосування сучасних елементів технології вирощування. Особливу роль у цьому відіграють мікробіологічні препарати, здатні посилювати процеси симбіотичної азотфіксації, покращувати забезпечення рослин елементами живлення та стимулювати їх фізіологічну активність. Поряд із цим, застосування мікродобрив сприяє оптимізації обмінних процесів, що позитивно впливає на накопичення білкових і жирових сполук у зерні [3, 4].

Використання інокулянтів сприяє активізації симбіотичної азотфіксації, що забезпечує рослини доступним азотом та підвищує білковість зерна. Застосування мікоризних препаратів покращує засвоєння елементів живлення, зокрема фосфору та мікроелементів, за рахунок розвитку арбускулярної мікоризи, що позитивно впливає на ріст, розвиток рослин і формування врожаю. У свою чергу, мікродобрива забезпечують збалансоване надходження мікроелементів, які відіграють важливу роль у ферментативних процесах, синтезі білків та накопиченні жиру в зерні [5, 13].

Комплексне використання інокулянтів, мікоризних препаратів та мікродобрив дозволяє підвищити ефективність використання елементів живлення, активізувати фізіолого-біохімічні процеси в рослинах та сприяє формуванню більш якісної продукції. Водночас питання поєднання цих препаратів та їх впливу на якісні показники зерна гороху залишаються недостатньо вивченими та потребують подальших досліджень [6].

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання комплексного впливу агротехнічних прийомів на формування якісних показників зерна гороху потребує подальшого вивчення, що й обумовлює актуальність проведення даного дослідження.

Постановка проблеми. Незважаючи на високу кормову та господарську цінність зерна гороху як джерела рослинного білка, у виробничих умовах спостерігається значна варіабельність його якісних показників, зокрема вмісту сирого протеїну та жиру. Це обумовлено як впливом ґрунтово-кліматичних чинників, так і недосконалістю елементів технології вирощування, що не завжди забезпечують оптимальні умови для реалізації потенціалу культури [7].

Однією з ключових проблем є недостатнє забезпечення рослин доступними формами елементів живлення, особливо азоту, що безпосередньо впливає на синтез білкових сполук у зерні. Хоча горох здатний до симбіотичної азотфіксації, ефективність цього процесу значною мірою залежить від наявності активних штамів бульбочкових бактерій, умов їх функціонування та взаємодії з рослиною. У виробничих посівах ці фактори часто не оптимізовані, що призводить до недобору білка в зерні [8, 9].

Поряд із цим, важливою проблемою є недостатнє використання мікробіологічних препаратів, регуляторів росту рослин, мікродобрив які здатні підвищувати ефективність засвоєння елементів живлення, активізувати фізіолого-біохімічні процеси та сприяти формуванню якісного врожаю. Водночас питання їх комплексного застосування та впливу на вміст сирого протеїну і жиру в зерні гороху в конкретних умовах вирощування залишається недостатньо дослідженим [10, 14].

Крім того, у сучасному виробництві існує суперечність між прагненням до підвищення врожайності та забезпеченням високих показників якості зерна, оскільки інтенсифікація технологій не завжди супроводжується відповідним зростанням вмісту білка та жиру [11, 12]. Це зумовлює необхідність пошуку оптимальних агротехнічних рішень, які б забезпечували не лише високий рівень продуктивності, але й стабільне формування якісних показників зерна.

У зв'язку з цим актуальним є встановлення закономірностей впливу різних агротехнічних прийомів на формування вмісту сирого протеїну та жиру в зерні гороху з метою підвищення його поживної цінності та ефективності виробництва.

Методика досліджень. Польові та лабораторні дослідження, спрямовані на вивчення впливу мікоризного препарату, інокулянтів та мікродобрив на рослинах гороху, проводилися впродовж 2020–2024 рр. в умовах науково-дослідного центру «Поділля».

Дослід закладали за двофакторною схемою: фактор А – обробка насіння, фактор В – мікродобрива. Варіанти досліду включали контроль (без обробки), окреме та комбіноване застосування досліджуваних препаратів.

Польові роботи виконували відповідно до загальноприйнятої технології вирощування культури із дотриманням оптимальних строків сівби та рекомендованих агротехнічних заходів. Облік урожайності проводили шляхом зважування зерна з облікової площі з подальшим перерахунком у т/га. Визначення якісних показників зерна здійснювали в лабораторних умовах. Вміст сирого протеїну встановлювали методом визначення загального азоту з наступним перерахунком у білок (коефіцієнт 6,25). Вміст жиру визначали стандартними лабораторними методами.

Результати досліджень. У ході досліджень було вивчено вплив різних варіантів інокулянтів та мікродобрив на формування якісних показників зерна гороху. Аналіз отриманих результатів дозволив оцінити зміну вмісту сирого протеїну та жиру залежно від застосованих агротехнічних прийомів та встановити ефективність їх поєднаного використання.

Встановлено, що застосування мікоризного препарату, інокулянтів та мікродобрив мали істотний вплив на якісні показники зерна гороху досліджуваних сортів, зокрема на вміст сирого протеїну та жиру.

За варіанту без обробки (контроль) вміст сирого протеїну становив 20,91%, жиру – 1,18% у зерні гороху сорту ЕСО. Застосування окремих препаратів сприяло підвищенню цих показників. Так, за використання мікоризного препарату Мікофренд вміст протеїну збільшувався до 21,20–22,22%, а жиру – до 1,37–1,64%.

Поєднання інокулянтів із мікродобривами забезпечувало подальше зростання якісних показників. Найвищі значення вмісту сирого протеїну (до 23,90%) та жиру (до 2,04%) відмічено у варіантах із комплексним застосуванням препарату Мікофренд + Нітрофікс та Мікофренд + Ризоактив Бобові у поєднанні з мікродобривами, що свідчить про синергетичний ефект їх взаємодії. Застосування мікродобрив по листу також мали позитивний вплив на формування якості зерна. Зокрема, використання препарату Авангард забезпечувало підвищення вмісту сирого протеїну до 21,41–23,83% та жиру до 1,51–1,96% залежно від поєднання з інокулянтами. Аналогічно застосування препарату Найс сприяло зростанню цих показників до 21,23–23,72% та 1,35–1,99% відповідно (табл. 1).

Таблиця 1

**Вміст сирого протеїну та жиру в зерні гороху сорту ЕСО
залежно від агротехнічних заходів (середнє за 2020–2024 рр.)**

Фактор А	Фактор В	Сирий протеїн, %	Жир, %
контроль	контроль	20,91	1,18
	Найс	21,23	1,35
	Авангард	21,41	1,51
Мікофренд	контроль	21,20	1,37
	Найс	22,05	1,56
	Авангард	22,22	1,64
Мікофренд + Нітрофікс	контроль	22,41	1,59
	Найс	23,54	1,88
	Авангард	23,83	1,96
Мікофренд + Ризоактив Бобові	контроль	22,67	1,76
	Найс	23,72	1,99
	Авангард	23,90	2,04
Нітрофікс	контроль	21,82	1,72
	Найс	22,94	1,80
	Авангард	23,53	1,83
Ризоактив Бобові	контроль	22,07	1,54
	Найс	23,08	1,91
	Авангард	23,64	1,86

Отримані результати свідчать, що комплексне використання інокулянтів та мікродобрив є ефективним заходом для підвищення якісних показників зерна гороху.

За роки досліджень встановлено, що застосування досліджуваних препаратів істотно впливало на якісні показники зерна гороху сорту Гамбіт, зокрема на вміст сирого протеїну та жиру. За умов контрольного варіанта вміст сирого протеїну становив 20,07%, жиру – 1,06%. Обробка насіння мікоризним препаратом Мікофренд зумовлювала підвищення цих показників: вміст сирого протеїну збільшувався до 20,36–21,38%, жиру – до 1,25–1,52% (табл. 2).

Таблиця 2

**Вміст сирого протеїну та жиру в зерні гороху сорту Гамбіт
залежно від агротехнічних заходів (середньє за 2020–2024 рр.)**

Фактор А	Фактор В	Сирий протеїн, %	Жир, %
контроль	контроль	20,07	1,06
	Найс	20,39	1,23
	Авангард	20,57	1,39
Мікофренд	контроль	20,36	1,25
	Найс	21,21	1,44
	Авангард	21,38	1,52
Мікофренд + Нітрофікс	контроль	21,57	1,47
	Найс	22,70	1,76
	Авангард	22,99	1,84
Мікофренд + Ризоактив Бобові	контроль	21,83	1,64
	Найс	22,88	1,87
	Авангард	23,06	1,92
Нітрофікс	контроль	21,01	1,40
	Найс	22,13	1,67
	Авангард	22,82	1,71
Ризоактив Бобові	контроль	21,26	1,51
	Найс	22,27	1,79
	Авангард	22,95	1,73

Подальше зростання якісних показників відмічено за сумісного використання мікоризного препарату з інокулянтами. Так, на варіантах Мікофренд + Нітрофікс та Мікофренд + Ризоактив Бобові вміст сирого протеїну підвищувався до 21,57–22,99%, а жиру – до 1,47–1,84%. Застосування мікродобрив також сприяло покращенню якісних показників зерна. Використання препаратів Найс та Авангард у поєднанні з інокулянтами забезпечувало підвищення вмісту сирого протеїну до 22,13–23,06%, жиру – до 1,67–1,92%.

Порівняння якісних показників зерна показало, що на ділянках – контроль, вміст сирого протеїну та жиру в зернах гороху були дещо вищими у сорту ЕСО: 20,91% та 1,18% відповідно, ніж у сорту Гамбіт: 20,07% та 1,06%. Застосування мікоризного препарату, інокулянтів та мікродобрив обидва сорти демонстрували підвищення показників якості, однак сорт ЕСО характеризувався вищими максимальними значеннями вмісту сирого протеїну до 23,90% і жиру до 2,04% порівняно із сортом Гамбіт до 23,06% і 1,92% відповідно, що свідчить про кращу здатність зерна гороху сорту ЕСО формувати якісніші показники зерна за однакових умов вирощування.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування мікоризного препарату, інокулянтів та мікродобрив істотно впливали на якісні показники зерна гороху, зокрема на вміст сирого протеїну та жиру. За контрольних умов показники якості були найнижчими, тоді як використання мікоризного препарату у поєднанні з інокулянтами та мікродобривами забезпечувало їх підвищення.

Найвищі значення вмісту сирого протеїну та жиру відмічено за комплексного застосування мікоризного препарату Мікофренд разом з інокулянтами Нітрофікс та Ризоактив Бобові, мікродобривами Найс та Авангард, що свідчить про

підсилюючий взаємний ефект їх дії. При цьому сортові особливості впливали на рівень показників якості, зокрема сорт ЕСО формував дещо вищий вміст сирого протеїну та жиру порівняно із сортом Гамбіт.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні ефективності застосування мікоризного препарату Мікофренд у поєднанні з різними інокулянтами та мікродобривами в різних ґрунтово-кліматичних умовах, а також у встановленні оптимальних технологічних рішень для підвищення якості та стабільності врожаю гороху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Якість зерна гороху посівного за впливу досліджуваних елементів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 15-21. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.2>
2. Kindie Y., Bezabih A., Beshir W. Field Pea (*Pisum sativum*L.) Variety Development for Moisture Deficit Areas of Eastern Amhara. *Advances in Agriculture*. 2019. Article ID 1398612, 6 p. <https://doi.org/10.1155/2019/1398612>
3. Kovalenko V., Kovalenko N., Gamayunova V., Kandyba N., Vandyk M. Ecological and Technological Evaluation of the Nutrition of Perennial Legumes and their Effectiveness for Animals. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. No 25(4). Pp. 294–304. <https://doi.org/10.12911/22998993/185219>
4. Присяжнюк О. І., Король Л. В., Половинчук О. Ю. Урожайність та якість зерна гороху залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. *Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*. 2018. Т. 14, №1. С. 116-123. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.1.2018.126520>
5. Мазур В. А., Гончарук І. В., Панцирева Г. В., Телекало Н. В. Агроекологічне обґрунтування технологічних прийомів вирощування зернобобових культур. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ». 2020. 192 с. <https://repository.vsau.org/getfile.php/25391.pdf>
6. Khomina V., Lapchynskyi V., Pustova Z., Nebaba K., Plahtiy D. Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27. №10. Pp. 79-90. <https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.79>
7. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Урожайність зерна гороху залежно від передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 228–233. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.33>
8. Шевніков М. Я., доктор сільськогосподарських наук, Міленко О. Г., Лотиш І. І. Якісні показники насіння сої залежно від впливу мінеральних і бактеріальних добрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 4. С. 25-29. <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2014/04/6.pdf>
9. Коваленко О. А. Застосування мікродобрив та біопрепаратів в зоні південного степу України за вирощування гороху. *Сільське господарство і лісівництво*. 2021. №22. С. 22–23. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.2>
10. Nebaba K., Khmelianchyshyn Yu., Panasiuk R., Puczel J., & Koberniuk O. Influence of biostimulants on physiological processes, productivity, and quality of pea crop in modern agriculture. *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28. Issue 1. P. 61–72. <https://doi.org/10.48077/scihor1.2025.61>
11. Каленська С. М., Новицька Н. В., Андрієнко О. О. Вплив інокуляції на продуктивність гороху посівного. *Вісник НУБіП України. Серія: Агрономія*. 2021. Вип. 315. С. 112–120. <https://doi.org/10.31548/agr2021.03.112>
12. Hrushetsky, S., Nebaba, K., Pantsyreva, H., Stepanchenko, V., Zagnitko, V. Impact of modern precision seed drill parameters on field germination and plant preservation of peas in the forest-steppe zone of Ukraine. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2025, 26(12), С. 329–339. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/214421>

13. Небаба К.С., Хмелянчишин Ю.В. Формування індивідуальної та насінневої продуктивності гороху посівного залежно від агротехнічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Західного. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Випуск 40. С. 34–39. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.5>

14. Sydiakina O., Ivaniv M. Productivity of soybean varieties of different maturity groups depending on plant density under drip irrigation in the South of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26. No. 11. P. 100–110. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.100>

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 551.49: 631.03: 633.114

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.22>

ВПЛИВ ХАРАКТЕРУ ВЕСНИ НА ВИРОБНИЦТВО ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Нетіс І.Т. – д.с.-г.н., с.н.с.,

провідний науковий співробітник

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-7075-2107

Сергєєв Л.А. – к.с.-г.н., старший дослідник,

в. о. директора,

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція,

Інститут 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,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-4418-5954

Онуфран Л.І. – к.с.-г.н., с.н.с. відділу кліматично орієнтованих агротехнологій,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-6247-4920

У статті викладено результати дослідження виробництва зерна пшениці озимої в Одеській області за період з 1960 по 2021 рік. Наведено статистичний аналіз динаміки площі посіву, врожайності та валового збору її зерна, а також визначено вплив характеру весни на посіви пшениці, урожайність і валовий збір зерна.

Зазначається, що в Одеській області за досліджуваний період значно зросла врожайність і валовий збір зерна пшениці озимої. На початку 60-х років її врожайність становила 1,35–2,0 т/га, валовий збір зерна – 451–831 тис./т, а в 2021 році врожайність досягла 3,9 т/га, збір зерна збільшився до 2642 тис./т або більше, ніж у три рази. Середній щорічний приріст урожайності пшениці озимої становив 0,0155 т/га, а річний приріст валового збору зерна – 13,7 тис. тон. Проте врожайність і валовий збір зерна значно коливаються за роками. Коефіцієнт варіації врожайності становив у середньому 26,5%, а валового збору зерна – 43,5%.

На рівень виробництва зерна пшениці озимої значно впливає строк відновлення весняної вегетації. Цей чинник значною мірою визначає площу збирання, урожайність і валовий збір зерна. За ранньої весни формується висока врожайність і валовий збір зерна пшениці озимої, а за пізньої весни зменшується площа збирання, формується низький урожай і значно знижується збір зерна.



© Нетіс І.Т., Сергєєв Л.А., Когут І.М., Онуфран Л.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Найвищу врожайність і валовий збір зерна пшениця забезпечує за ранньої весни, а за пізньої врожайність знижується в середньому на 33%. Валовий збір зерна за середньої весни знижується на 25,7%, а за пізньої – на 53,2%, у порівнянні з ранньою весною.

Виявлена закономірність дає можливість, з вірогідністю 80%, прогнозувати сприятливі і несприятливі роки для формування врожаю пшениці озимої та вносити відповідні корективи в догляд за її посівами, щоб реалізувати потенціал їх продуктивності за ранньої, середньої і пізньої весни.

Ключові слова: пшениця озима, збір зерна, тип весни, погодні умови, прогнозування.

Netis I.T., Serhieiev L.A., Kohut I.M., Onufron L.I. The impact of the nature of spring on the production of winter wheat in Odessa region

The article presents the results of a study of winter wheat 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 harvest of its grain is presented, and the influence of the nature of spring on wheat sowing, yield and gross grain harvest is determined.

It is noted that in the Odesa region during the research period, the yield and gross harvest of winter wheat grain increased significantly. In the early 1960s, its yield was 1,35–2,0 t/ha, the gross grain harvest was 451–831 thousand/t, and in 2021 the yield reached 3,9 t/ha, the grain harvest increased to 2642 thousand/t or more than three times. The average annual increase in the yield of winter wheat in the region was 0,0155 t/ha, and the annual increase in gross grain harvest was 13,7 thousand tons. However, the yield and gross harvest of grain fluctuate significantly from year to year. The coefficient of variation of yield was on average 26,5%, and the gross grain harvest was 43,5%.

The level of winter wheat grain production is significantly affected by the period of recovery of the spring vegetation. This factor largely determines the harvesting area, yield and gross grain collection. In the early spring, a high yield and gross grain collection of winter wheat is formed, and in the late spring, the harvesting area decreases, a low yield is formed, and the grain collection is significantly reduced.

Wheat provides the highest yield and gross harvest of grain in early spring, and in late spring the yield decreases by an average of 33%. The gross harvest of grain in the middle spring decreases by 25,7%, and in the late spring – by 53,2%, compared to the early spring.

The identified regularity makes it possible, with a probability of 80%, to predict favorable and unfavorable years for the formation of the winter wheat crop and to make appropriate adjustments in the care of its crops in order to realize the potential of their productivity in early, middle and late spring.

Key words: winter wheat, grain collection, spring type, weather conditions, forecasting.

Постановка проблеми. На півдні України головною і найбільш урожайною зерновою культурою є пшениця озима. Потенціал урожайності сучасних її сортів сягає 8–10 т/га [1, с. 51]. Проте можливості цих сортів використовуються лише на половину. Крім того врожайність і валові збори її зерна значно коливаються за роками. Варіювання обсягів виробництва її зерна складає 35–40%.

Однією з основних причин нестабільного виробництва зерна пшениці в цій зоні є посушливі погодні умови, які в тій чи іншій мірі проявляються досить часто. Проте на посіви пшениці озимої значно впливають також інші некеровані, дестабілізуючі виробництво зерна, агроекологічні чинники. Відомо, що важливим етапом для формування високої врожайності пшениці озимої є весняний період. У цей час рослини після зими починають відростати, продовжують кущитися, формують вегетативні органи і кореневу систему, визначаються також розміри та структура майбутнього колоса, інші елементи продуктивності. Чим інтенсивніше йде їх ріст, тим потужнішими створюються коренева система, надземна маса посіву, елементи структури врожаю. За несприятливих умов у цей період, ростові процеси рослин гальмуються, формуються слабо розвинені, низькопродуктивні посіви. Повторюючись часто, неврожайні роки змушують вчених вивчати характер природи, аби навчитись завбачати її негоди, щоб пом'якшувати їх наслідки та забезпечувати максимальну врожайність. Ця проблема є досить актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вчені давно досліджують вплив характеру весни на продуктивність пшениці озимої. У 1968 році Меденець В. М. встановив, що ріст, розвиток і врожайність озимих і зимуючих культур у значній мірі залежить від строку відновлення весняної вегетації рослин [2, с. 4]. Сутність цього екологічного ефекту зводиться до того, що за ранньої весни зазвичай складаються сприятливі умови для формування високопродуктивних посівів озимих культур, а за пізньої весни – несприятливі і формуються, як правило, низькі збори зерна [2, с. 4; 3, с. 16; 4, с. 3].

Пізніші наукові праці суттєво поглибили знання природи впливу характеру весни на ріст і розвиток озимих рослин, дозволили пояснити не зрозуміле раніше явище та розробити диференційований догляд за посівами за раннього, середнього і пізнього відновлення вегетації [4, 5, 6].

Всебічно вивчена ефективність добрив, сортів, строків сівби, норм висіву, засобів захисту рослин та інших елементів технології вирощування пшениці озимої за різних термінів відновлення весняної вегетації [4, 7, 8, 9].

Проте природа цього явища далеко не вивчена і потребує подальших досліджень. Крім того, змінюється й клімат України, що вимагає враховувати відхилення від кліматичної норми та вносити корективи в технології вирощування сільськогосподарських культур.

Мета. Дослідити вплив строків відновлення весняної вегетації на врожайність і валовий збір зерна пшениці озимої в Одеській області, в контексті подальшого нарощування обсягів виробництва зерна.

Методи досліджень. Для вивчення цього питання проведено статистичний аналіз площі збирання, врожайності та валового збору зерна пшениці озимої в Одеській області за період з 1960 по 2021 рік. При цьому використовували дані Головного управління статистики Одеської області. Проведено варіаційний і регресійний аналіз цих даних. Для аналізу групували урожай і збір зерна пшениці озимої у роки з раннім, середнім і пізнім строком відновлювання весняної вегетації за період 1960–2004 роки. Приймали, що в цій зоні строки відновлення весняної вегетації озимих до 15 березня є ранніми, з 16 до 26 березня – середніми, а з 27 березня і пізніше – пізніми.

Результати дослідження. Аналіз виробництва зерна пшениці озимої в Одеській області за 1960–2021 роки показав, що в ці роки відбувалося значне зростання рівня врожайності та валового збору її зерна. Так, на початку 60-х років урожайність пшениці озимої становила 1,35–2,0 т/га, валовий збір зерна – 451–831 тис./т, а в 2021 році врожайність досягла 3,9 т/га, збір зерна збільшився до 2642 тис./т або більше, ніж у три рази.

Регресійний аналіз даних показав, що лінія тренду росту врожайності пшениці описується рівнянням: $y = 2,17 + 0,0155x$, а валового збору зерна – рівнянням: $y = 832,2 + 13,7x$. Коефіцієнти при x показують, що середній щорічний приріст урожайності пшениці озимої в області становить 0,0155 т/га, а річний приріст валового збору зерна – 13,7 тис. тон.

Ці дані дають можливість аргументовано планувати і прогнозувати рівень урожайності та валового збору зерна пшениці озимої на перспективу, за умови, що такий темп приросту врожаю не зміниться суттєво.

Значне збільшення виробництва зерна пшениці озимої обумовлене удосконаленням технології вирощування, використанням нових сортів, високопродуктивної техніки, яка забезпечує оптимальні строки та якість проведення робіт, а також покращенням організації виробництва.

Проте врожайність і валовий збір зерна цієї культури значно коливаються за роками. Так, якщо в середньому за 62 роки рівень урожайності пшениці озимої становив 2,66 т/га, а валовий збір зерна – 1264 тис./т, то за вказані роки ці показники варіювали від 1,3 до 3,9 т/га та від 220 до 2642 тис./т відповідно. При цьому коефіцієнт варіації врожайності становив 26,5%, а валового збору зерна сягав 43,5%, що свідчить про значний недобір зерна по роках і великі можливості його виробництва в області.

Однією з основних причин значного варіювання виробництва зерна пшениці озимої по роках є часті посухи, а також те, що значні площі її посіву господарства розміщують після соняшника і стерньових попередників і саме по цих попередниках відбуваються пересіви посівів і значний недобір зерна.

Крім того чітко видно, що на виробництво зерна пшениці озимої в Одеській області значно впливає також строк відновлення весняної вегетації, тобто характер весни (рання, середня, пізня) (рис. 1).

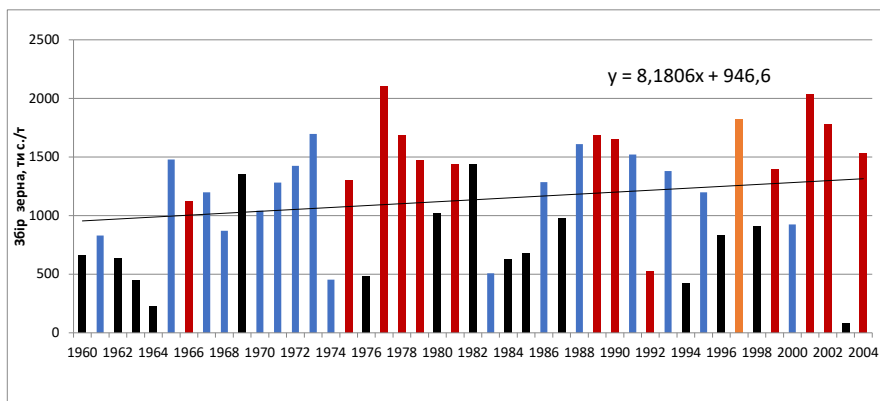


Рис. 1. Валовий збір зерна пшениці озимої за різних строків відновлення вегетації, тис./т

Примітка: красний колір – рання весна; чорний – пізня весна; голубий – середня весна.

Встановлено, що строк відновлення вегетації пшениці впливає на площу її збирання, урожайність і валовий збір зерна. При цьому простежується закономірність: чим раніше відновлюється вегетація посівів, тим вища врожайність і валовий збір зерна, а за пізньої весни збільшуються пересіви, зменшується площа збирання, формується низький урожай і значно знижується збір зерна (табл. 1).

Таблиця 1

Площа збирання, урожайність і валовий збір зерна пшениці озимої за ранньої, середньої і пізньої весни

Характер весни	Років у групі	Площа збирання, тис. га	Урожайність, т/га	Збір зерна, тис. т	Відхилення	
					тис. т	%
Рання	14	514,0	2,97	1539,4	–	–
Середня	16	426,5	2,66	1143,5	-395,9	-25,7
Пізня	15	347,6	1,99	720,4	-819,0	-53,2

Так, у роки з ранньою весною врожайність пшениці становила в середньому 2,97 т/га, у роки із середньою весною врожайність знижувалася на 0,31 т/га або на 10,5%, у порівнянні з ранньою весною, і на 0,98 т/га або на 33,0% урожайність знижувалась у роки, коли вегетація відновлювалася пізно.

Строк відновлення вегетації особливо сильно впливав на валові збори зерна. Так, у роки з ранньою весною валовий збір пшениці в області був найвищим і становив у середньому 1539,4 тис. т, у роки із середньою весною він знижувався на 395,9 тис. т, або на 25,7%, а в роки з пізнім відновленням вегетації збір зерна знижувався на 37,0%, порівняно із середньою весною і на 53,2% порівняно з раннім відновленням. За пізньої весни обсяг виробництва зерна пшениці становив у середньому лише 720 тис. т, що значною мірою обумовлено зменшенням площі збирання посівів у такі весни, через пересіви. Ці дані переконливо свідчать про значний вплив характеру весни на виробництво зерна пшениці озимої в цій зоні і, що строк відновлення вегетації є фактором дестабілізуючим виробництво її зерна.

Одержані висновки практично повністю співпадають з висновками зробленими нами в 2004 році за даними аналізу виробництва зерна пшениці озимої в Херсонській області [4]. Тому є всі підстави вважати вплив характеру весни на посіви пшениці озимої доказаним.

Значний вплив строку відновлення вегетації на виробництво пшениці озимої обумовлений тим, що за ранньої і пізньої весни рослини потрапляли в різні метеорологічні умови і по-різному росли й розвивались. За ранньої весни погодні умови для росту і розвитку пшениці були значно сприятливіші, ніж за пізньої весни. Так, за ранньої весни вегетація пшениці до виходу в трубку проходила за пониженої температури повітря 4–7 °С, а в роки з пізньою весною – при значно вищій температурі – 8–10 °С. Світловий день, за ранньої весни, тривав 9–11 годин, а за пізньої – 12–14 годин.

Різні умови за ранньої і пізньої весни суттєво впливали на тривалість вегетації рослин. Так, за ранньої весни період весняного кушіння пшениці (до виходу рослин у трубку) тривав 55–60 днів, а за пізньої – лише 18–22 дні. Різниця складала 30–40 днів. Це свідчить, що за пізньої весни посіви пшениці на місяць менше працювали на врожай.

За ранньої весни рослини пшениці добре кущились, створювали потужну кореневу систему, формували краще розвинені посіви, які мали значно більшу надземну масу й густоту стеблостою, ніж при пізній весні.

В умовах ранньої весни навіть слабкі, нерозкущені з осені посіви, весною добре кущилися, створювали вузлові корені, формували розвинену надземну масу, значно покращували свій стан і забезпечували задовільну врожайність.

За пізньої весни, спостерігалось стрімке підвищення температури повітря і висока сонячна інсоляція, які погіршували регенерацію надземних органів і коренів, гальмували кушіння і ріст рослин, внаслідок чого формувалися низькорослі, зріджені посіви з малою надземною масою та слабко розвиненими коренями. Пізня весна особливо негативно впливала на нерозкущені з осені посіви, які за температурного стресу, весною практично не кущились, не формували вузлових коренів, а тому були зріджені, низькорослі. Такі посіви господарства вимушено пересівали, що призводило до зменшення площі збирання пшениці та обсягів збору її зерна. Отже, рання весна зменшує негативні наслідки слабко розвинених з осені посівів, а пізня їх погіршує.

Виявлена закономірність впливу характеру весни на збір зерна пшениці іноді порушувалась, але відхилення були в межах 15–20% випадів. Тому з вірогідністю 80–85% можна передбачати, що при ранній весні вегетація озимих буде проходити в сприятливих температурних і світлових умовах та вологості ґрунту. При

пізній весні вегетація проходитиме за різкого наростання температури, високої інсоляції, тривалішому дні та нестачі вологи. Це дає можливість у перші дні весни передбачати умови вегетації на весняно-літній період та вносити необхідні корективи в процес догляду за посівами.

Висновки та перспективи подальших досліджень. В Одеській області за 1960–2021 рік значно зросла врожайність і валовий збір зерна пшениці озимої, разом із цим їх рівень суттєво коливається за роками. Коефіцієнт варіації врожайності пшениці становить 26,5%, а валового збору зерна – сягає 43,5%.

На рівень виробництва зерна пшениці озимої значно впливає строк відновлення весняної вегетації. Цей чинник значною мірою визначає площу збирання, урожайність і валовий збір зерна. За ранньої весни формується висока врожайність і валовий збір зерна пшениці озимої, а за пізньої весни зменшується площа збирання, формується низький урожай і значно знижується збір зерна.

Найвищу врожайність і валовий збір зерна пшениця забезпечує за ранньої весни, а за середньої врожайність знижується в середньому на 10,5%, за пізньої весни – на 33%. Валовий збір зерна за середньої весни знижується на 25,7%, а за пізньої – на 53,2%, у порівнянні з ранньою весною.

Виявлена закономірність дає можливість, з вірогідністю 80%, прогнозувати сприятливі і несприятливі роки для формування врожаю пшениці озимої та вносити відповідні корективи в догляд за посівами, щоб реалізувати потенціал їх продуктивності за ранньої, середньої і пізньої весни. У подальшому важливо дослідити вплив строку відновлення вегетації озимих культур на якість зерна та інші питання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Орлюк А.П., Гончарова К.В. Адаптивний і продуктивний потенціали пшениці: Монографія. Херсон: Айлант, 2002. 276 с.
2. Мединець В.Д., Слепцов В.Р., Опара М.М. Ощадна технологія диференційного догляду озимої пшениці. Полтава, 2004. 36 с.
3. Булах М.А. Наслідки 27-річних досліджень експериментального регулювання ЧВВВ озимих культур. Наукові праці. Вип.1. Нові знання про управління онтогенезом рослин. Полтава: Верстка, 1997. С.16–30.
4. Нетіс І.Т. Характер осені й весни та посіви озимої пшениці: Монографія. Херсон: Айлант, 2004. 152 с.
5. Нетіс І.Т. Початок весняної вегетації озимої пшениці та ефективність агроприйомів. Вісник аграрної науки. 1995. №5. С. 61–66.
6. Час відновлення весняної вегетації озимої пшениці – догляд та продуктивність /Браженко І.П., Гангур В.В., Крамаренко І.В., Чекрізов І.О., Удовенко К.П. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2006. № 2. С. 19–25.
7. Нетіс І.Т. Початок весни та догляд за посівами озимої пшениці. Наук. пр. Управління онтогенезом рослин. Полтава, 2001. Вип.2. С. 60–62.
8. Бойчук І.В., Базалій В.В. Тривалість осінньої вегетації і ЧВВВ та вплив їх на зимостійкість сортів пшениці озимої за різних умов вирощування. Таврійський науковий вісник. 2011. Вип. 74. С.34–42.
9. Нестерець В., Солодушко М., Ярошенко С. Особливості перезимівлі та відновлення весняної вегетації озимої пшениці. *Агрономія сьогодні*. 2017. URL: http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-ohodni/item/8795-osoblyvosti_perezymivli-ta-vidnovlennia-vesnianoi-vehetatsii-ozymoi-pshenytsi.html

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.88:581.132:631.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.23>

ІНДЕКС ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ТА ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПОСІВІВ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ТА ПІДЖИВЛЕННЯ ГУМАТОМ КАЛІЮ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Носенко В.Г. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. М. К. Шукли,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0002-4917-3514

У статті наведено результати п'ятирічних польових досліджень (2021–2025 рр.) щодо особливостей формування фотосинтетичного апарату міскантусу гігантського (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) сорту Осінній зорецвіт залежно від системи удобрення та застосування позакореневого підживлення гуматом калію в умовах Лісостепу України. Дослідження проводили у ВП НУБІП України «Великоснітинське ім. О. В. Музиченка» Фастівського району Київської області на чорноземі опідзоленому сильнозмитому легкосушливому. Схema двофакторного польового дослідження передбачала три рівні фактора А – системи удобрення (контроль без добрив, органічна – внесення Леонардиту 100 кг/га, мінеральна – $N_{60}P_{16}K_{30}$) та чотири рівні фактора В – позакореневе підживлення гуматом калію (без підживлення; одноразове у фазу куціння; одноразове у фазу виходу в трубку; дворазове – у обидві фази по 2 л/га).

У процесі досліджень встановлено, що формування асиміляційної поверхні рослин міскантусу істотно залежало від системи удобрення та застосування гуматів. Індекс листкової поверхні (ЛП) у перший рік вегетації становив 1,12–1,96 м²/м², тоді як на п'ятий рік зростав до 4,52–7,93 м²/м², що свідчить про поступове наростання фотосинтетично активної біомаси культури в процесі формування багаторічних насаджень. Найвищі значення ЛП формувалися за мінеральної системи удобрення, де приріст порівняно з контролем становив 46,3%, тоді як органічна система забезпечувала підвищення показника на 24,5%. Дворазове позакореневе підживлення гуматом калію додатково сприяло збільшенню ЛП на 16,4–19,6% порівняно з варіантами без підживлення.

Фотосинтетичний потенціал агроценозу змінювався в широких межах – від 1344 до 13481 тис. м²-діб/га залежно від року вирощування та варіанту дослідження. Максимальні значення показника формувалися на мінеральному фоні удобрення у поєднанні з дворазовим позакореневим підживленням гуматом калію, де середній фотосинтетичний потенціал становив 9577 тис. м²-діб/га. Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) залишалася відносно стабільною – у середньому 1,37 г/м²-добу – і практично не залежала від варіантів удобрення. Це свідчить про те, що підвищення продуктивності агрофітоценозу міскантусу відбувалося переважно за рахунок збільшення площі асиміляційної поверхні та фотосинтетичного потенціалу посівів, а не за рахунок інтенсивності фотосинтетичних процесів окремих листків. Отримані результати підтверджують доцільність застосування мінеральної системи удобрення у поєднанні з позакореневим підживленням гуматом калію для оптимізації фотосинтетичної діяльності та підвищення продуктивності посівів міскантусу гігантського в умовах Лісостепу України.

Ключові слова: міскантус гігантський, індекс листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу, система удобрення, гумат калію, Леонардит, біоенергетичні культури.



© Носенко В.Г., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Nosenko V.G. Leaf area index and photosynthetic potential of miscanthus × giganteus depending on fertilization system and potassium humate foliar application in the Forest-Steppe of Ukraine

The article presents the results of a five-year field study (2021–2025) devoted to the formation and development of the photosynthetic apparatus of *Miscanthus × giganteus* Greef et Deu. cv. Osinnii Zoretsvit depending on fertilization system and foliar application of potassium humate under the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine. The research was conducted at the educational and research farm of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine “Velykosnytynske named after O.V. Muzychenko” (Fastiv district, Kyiv region). The experimental site was characterized by podzolized chernozem soil, strongly eroded, light loamy in texture, which is typical for the northern part of the Forest-Steppe zone.

The experimental design was a two-factor field experiment. Factor A represented the fertilization system and included three treatments: control without fertilizers, organic fertilization with Leonardite at a rate of 100 kg/ha, and mineral fertilization with $N_{60}P_{16}K_{80}$. Factor B involved foliar application of potassium humate and consisted of four variants: without application, single application at the tillering stage, single application at the stem elongation stage, and double application at both growth stages at a rate of 2 L/ha. The purpose of the study was to evaluate how different fertilization strategies and biostimulant treatments influence the formation of the leaf surface, photosynthetic potential, and efficiency of photosynthesis in perennial energy crop stands of miscanthus.

The results showed that the formation of the leaf surface area and the functioning of the photosynthetic apparatus were strongly affected by fertilization and foliar feeding. During the establishment and development of the crop, the leaf area index (LAI) gradually increased from 1.12–1.96 m²/m² in the first year of vegetation to 4.52–7.93 m²/m² in the fifth year, reflecting the progressive accumulation of vegetative biomass typical for perennial rhizomatous grasses. The highest LAI values were obtained under the mineral fertilization system, where the increase compared to the unfertilized control reached 46.3%, while the organic fertilization treatment increased LAI by 24.5%. Additional stimulation of plant growth was observed after foliar application of potassium humate. The double application of the biostimulant at tillering and stem elongation stages provided an additional increase in LAI by 16.4–19.6% compared with the untreated variants.

Photosynthetic potential (PP) of miscanthus stands varied widely depending on the treatment and year of vegetation, ranging from 1,344 to 13,481 thousand m²-day/ha. The maximum values were obtained under the mineral fertilization background combined with double foliar application of potassium humate, where the average PP reached 9,577 thousand m²-day/ha. Net photosynthetic productivity (NPP) remained relatively stable during the study period and averaged 1.37 g/m²-day, showing little dependence on fertilization treatment. This indicates that the increase in crop productivity was mainly associated with the expansion of the assimilative surface and the overall photosynthetic potential of the crop canopy rather than with changes in the physiological intensity of photosynthesis at the leaf level. The obtained results confirm the effectiveness of combining mineral fertilization with foliar potassium humate application for optimizing the photosynthetic activity and productivity of *Miscanthus × giganteus* plantations in the Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: *Miscanthus × giganteus*, leaf area index, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity, fertilization system, potassium humate, Leonardite, bioenergy crops.

Постановка проблеми. В умовах глобальних кліматичних змін та зростаючої потреби у відновлюваних джерелах енергії важливого значення набувають дослідження біоенергетичних культур, зокрема міскантусу гігантського (*Miscanthus × giganteus*). Ця багаторічна злакова С₄-культура характеризується високою продуктивністю біомаси, низькими вимогами до родючості ґрунту та здатністю ефективно секвеструвати вуглець [1, с. 209]. Фотосинтетична активність рослинного угруповання є визначальним чинником формування врожаю біомаси, а її кількісна оцінка через показники індексу листової поверхні (ЛІП), фотосинтетичного потенціалу (ФП) та чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) дозволяє обґрунтувати оптимальні технологічні прийоми вирощування [2, с. 2104]. Водночас питання впливу різних систем удобрення у поєднанні з позакореневим підживленням гуматом калію на фотосинтетичний апарат міскантусу в умовах Лісостепу України залишається недостатньо вивченим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження фотосинтетичної діяльності міскантусу гігантського є предметом численних наукових праць. Clifton-Brown et al. [3, с. 509] встановили, що в умовах помірного клімату Європи міскантус здатний формувати ЛПП від 4 до 10 м²/м² залежно від віку плантації та умов вирощування. Dohleman та Long [2, с. 2106] продемонстрували, що міскантус перевищує кукурудзу за фотосинтетичною продуктивністю завдяки більш тривалому періоду активного фотосинтезу та вищому ЛПП. Lewandowski et al. [1, с. 215] узагальнили європейський досвід і показали залежність фотосинтетичних показників від забезпеченості елементами живлення. Рахметов [4, с. 245] визначив особливості формування листкового апарату інтродукованих біоенергетичних культур в Україні. Stasik et al. [5] зазначають про важливість оцінки фотосинтетичної діяльності рослин у посівах. Стимулювальну дію гумінових речовин на формування листкового апарату та фотосинтетичну активність злакових культур підтвердили Canellas et al. [6, с. 18] та Rose et al. [7, с. 45]. Zub та Brancourt-Hulmel [8, с. 205] здійснили комплексний огляд фізіологічних особливостей різних видів міскантусу, відзначивши високу варіабельність ЛПП залежно від генотипу та агро-екологічних умов.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на значний обсяг досліджень фотосинтетичної діяльності міскантусу гігантського у Західній Європі, відомості щодо формування фотосинтетичного апарату цієї культури в умовах Лісостепу України за різних систем удобрення у поєднанні з позакореневим підживленням гуматом калію є фрагментарними. Зокрема, не з'ясовано закономірності динаміки ЛПП та ФП протягом перших п'яти років вегетації залежно від органічної (Леонардит) та мінеральної (N₆₀P₁₆K₈₀) систем удобрення та їх поєднання з гуматом калію. Відсутні також дані щодо стабільності ЧПФ міскантусу сорту Осінній зорецвіт за цих умов.

Мета статті – встановити закономірності формування індексу листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу посівів міскантусу гігантського сорту Осінній зорецвіт залежно від системи удобрення та позакореневого підживлення гуматом калію в умовах Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводилися впродовж 2021–2025 рр. у ВП НУБіП України «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області на чорноземі опідзоленому сильнозмитому легкосуглинковому на лесовидному суглинку. Агрохімічна характеристика ґрунту орного шару: вміст гумусу – 1,43%, азоту, що легко гідролізується – 70,6 мг/кг, рухомого фосфору – 66,6 мг/кг, обмінного калію – 123,7 мг/кг, рНКСІ – 5,76, щільність зложення – 1,17 г/см³.

Дослід – двофакторний, повторність – триразова. Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 35 м². Культура – міскантус гігантський, сорт Осінній зорецвіт. Фактор А (система удобрення): А₁ – контроль (без добрив); А₂ – органічна система (щорічне внесення Леонардиту, 100 кг/га по мерзлоталому ґрунту навесні); А₃ – мінеральна система (N₆₀P₁₆K₈₀). Фактор В (позакореневе підживлення гуматом калію, 2 л/га): В₁ – без підживлення; В₂ – у фазу кушіння; В₃ – у фазу виходу в трубку; В₄ – у обидві фази.

ЛПП визначали методом висічок у фазу максимального розвитку листкового апарату (липень-серпень). ФП обчислювали як добуток ЛПП на тривалість вегетаційного періоду та площу посіву. Тривалість вегетації становила: 2021 р. – 120 діб, 2022 р. – 150 діб, 2023–2025 рр. – 170 діб. ЧПФ розраховували як відношення приросту сухої біомаси до фотосинтетичного потенціалу. Статистичний

аналіз експериментальних даних було проведено за допомогою Excel з програмного забезпечення MS Office 365 та Statistica 10.

Результати досліджень засвідчили суттєву динаміку ІЛП міскантусу гігантського залежно як від року вегетації, так і від варіантів удобрення (табл. 1). У перший рік після садіння (2021 р.) значення ІЛП були мінімальними і становили від 1,12 м²/м² на контролі без підживлення до 1,96 м²/м² за мінеральної системи удобрення з дворазовим підживленням гуматом калію. Це пояснюється тим, що у рік закладки плантації рослини міскантусу формують переважно кореневу систему, а надземна біомаса залишається незначною [3, с. 512].

Починаючи з другого року вегетації (2022 р.) спостерігалось інтенсивне наростання листового апарату: ІЛП збільшився у 2,1–2,5 рази порівняно з першим роком. Найвищі темпи зростання ІЛП відмічено на третій рік (2023 р.), коли значення цього показника сягали 3,94–6,90 м²/м² залежно від варіанту. Надалі (2024–2025 рр.) приріст ІЛП дещо уповільнився, що свідчить про наближення плантації до стабільного стану продуктивності, характерного для 4–5-річних насаджень міскантусу [8, с. 210].

Аналіз впливу фактора А (система удобрення) показав, що найвищі середні значення ІЛП за весь період досліджень сформувалися за мінеральної системи удобрення N₆₀P₁₆K₈₀ – від 4,90 до 5,86 м²/м² залежно від варіанту підживлення. За органічної системи (Леонардит, 100 кг/га) ІЛП становив 4,17–4,99 м²/м², а на контролі – лише 3,35–4,01 м²/м². Таким чином, мінеральна система удобрення забезпечила приріст ІЛП на 46,3% порівняно з контролем (середнє по фактору А), а органічна – на 24,5%.

Вплив фактора В (позакореневе підживлення гуматом калію) також був статистично достовірним (НР_{0,05} = 1,47 м²/м²). Найефективнішим виявилось дворазове підживлення гуматом калію (у фази кушіння та виходу в трубку по 2 л/га) – середній ІЛП зріс на 16,4–19,6% порівняно з варіантами без підживлення. Одноразове підживлення у фазу кушіння забезпечувало приріст ІЛП на 10,1–11,1%, а у фазу виходу в трубку – на 7,9–8,6%. Це підтверджує дані Пономаренко С.П. [10, с. 128] про стимулювальну дію гумінових речовин на ростові процеси.

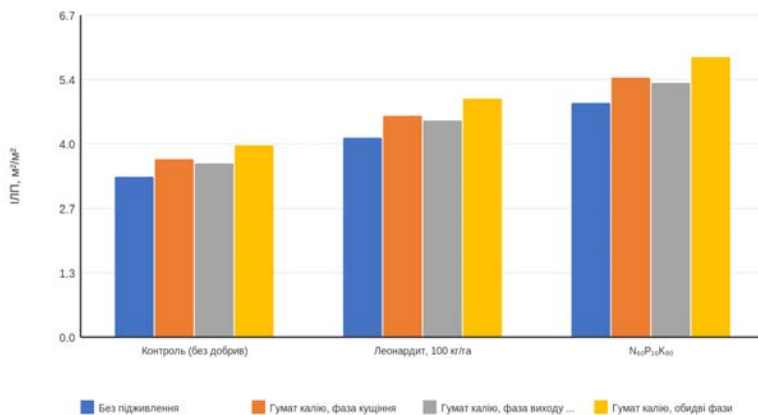


Рис. 1. Індекс листової поверхні міскантусу гігантського залежно від системи удобрення та підживлення гуматами (середнє за 2021–2025 рр.)

Таблиця 1

Індекс листкової поверхні (ІЛП) посівів міскантусу гігантського залежно від системи удобрення та підживлення гуматами, м²/м² (2021–2025 рр.)

Фактор А	Фактор В	Роки досліджень					Середнє	±SD	V, %
		2021	2022	2023	2024	2025			
Контроль (без добрив)	Без підживлення	1,12	2,85	3,94	4,34	4,52	3,35	1,41	42,0
	Гумат калію, фаза кущіння	1,24	3,16	4,37	4,82	5,01	3,72	1,56	42,0
	Гумат калію, фаза виходу в трубку	1,21	3,08	4,26	4,70	4,89	3,63	1,52	42,0
	Гумат калію, обидві фази	1,34	3,38	4,71	5,20	5,41	4,01	1,69	42,1
	<i>Середнє А1</i>	<i>1,23</i>	<i>3,12</i>	<i>4,32</i>	<i>4,76</i>	<i>4,96</i>	<i>3,68</i>	–	–
Леонардит, 100 кг/га	Без підживлення	1,40	3,52	4,90	5,42	5,63	4,17	1,76	42,0
	Гумат калію, фаза кущіння	1,55	3,90	5,43	6,01	6,24	4,63	1,95	42,1
	Гумат калію, фаза виходу в трубку	1,51	3,82	5,31	5,88	6,11	4,53	1,91	42,1
	Гумат калію, обидві фази	1,68	4,17	5,86	6,48	6,74	4,99	2,10	42,2
	<i>Середнє А2</i>	<i>1,53</i>	<i>3,85</i>	<i>5,38</i>	<i>5,95</i>	<i>6,18</i>	<i>4,58</i>	–	–
N ₆₀ P ₁₆ K ₈₀	Без підживлення	1,63	4,13	5,76	6,37	6,62	4,90	2,07	42,2
	Гумат калію, фаза кущіння	1,81	4,57	6,37	7,05	7,33	5,43	2,29	42,2
	Гумат калію, фаза виходу в трубку	1,77	4,49	6,25	6,91	7,18	5,32	2,24	42,2
	Гумат калію, обидві фази	1,96	4,90	6,90	7,63	7,93	5,86	2,48	42,3
	<i>Середнє А3</i>	<i>1,79</i>	<i>4,52</i>	<i>6,32</i>	<i>6,99</i>	<i>7,27</i>	<i>5,38</i>	–	–
НІР _{0,05} фактор А				1,18			–	–	–
НІР _{0,05} фактор В				1,47			–	–	–

Примітка. ІЛП визначено методом висічок у фазу максимального розвитку листкового апарату (липень-серпень). SD – стандартне відхилення; V – коефіцієнт варіації.

Коефіцієнт варіації (V) ІЛП по роках був досить високим (42,0–42,3%), що обумовлено закономірним наростанням листкового апарату від першого до п'ятого року вегетації. Це є типовою характеристикою багаторічних біоенергетичних культур у період формування продуктивного стеблостою [3, с. 514; 8, с. 208].

Фотосинтетичний потенціал (ФП) є інтегральним показником, що враховує як площу листкової поверхні, так і тривалість її функціонування [5, с. 55]. Динаміка ФП повторювала закономірності, встановлені для ІЛП, проте відмінності між варіантами були ще більш вираженими завдяки кумулятивному ефекту (табл. 2).

Середнє значення ФП за весь період досліджень варіювало від 5476 тис. м²·діб/га на контролі без підживлення до 9577 тис. м²·діб/га за мінеральної системи удобрення з дворазовим підживленням гуматом калію, що становить різницю

Таблиця 2

**Фотосинтетичний потенціал (ФП) посівів міскантусу гігантського, тис.
м²·діб/га (2021–2025 рр.)**

Фактор А	Фактор В	Роки досліджень					Середнє	±SD	V, %
		2021	2022	2023	2024	2025			
Контроль (без добрив)	Без підживлення	1344	4275	6698	7378	7684	5476	2669	48,7
	Гумат калію, кущіння	1488	4740	7429	8194	8517	6074	2963	48,8
	Гумат калію, вих. в тр.	1452	4620	7242	7990	8313	5923	2890	48,8
	Гумат калію, обидві	1608	5070	8007	8840	9197	6544	3201	48,9
Леонардит, 100 кг/га	Без підживлення	1680	5280	8330	9214	9571	6815	3331	48,9
	Гумат калію, кущіння	1860	5850	9231	10217	10608	7553	3693	48,9
	Гумат калію, вих. в тр.	1812	5730	9027	9996	10387	7390	3616	48,9
	Гумат калію, обидві	2016	6255	9962	11016	11458	8141	3989	49,0
N ₆₀ P ₁₆ K ₈₀	Без підживлення	1956	6195	9792	10829	11254	8005	3924	49,0
	Гумат калію, кущіння	2172	6855	10829	11985	12461	8860	4341	49,0
	Гумат калію, вих. в тр.	2124	6735	10625	11747	12206	8687	4254	49,0
	Гумат калію, обидві	2352	7350	11730	12971	13481	9577	4705	49,1
НІР _{0,05} фактор А		2239					–	–	–
НІР _{0,05} фактор В		2731					–	–	–

Примітка. ФП = ІПП × тривалість вегетації × 10000. Тривалість вегетації: 2021 – 120 діб, 2022 – 150 діб, 2023–2025 – 170 діб.

у 74,9%. Максимальні значення ФП зафіксовано у 2025 р.: 7684–13481 тис. м²·діб/га залежно від варіанту. На мінеральному фоні (N₆₀P₁₆K₈₀) з дворазовим підживленням гуматом калію ФП у 2025 р. сягнув 13481 тис. м²·діб/га, що є одним із найвищих показників серед біоенергетичних культур у зоні Лісостепу. Аналогічні значення ФП для міскантусу в умовах помірного клімату наводять Dohleman та Long [2, с. 2108].

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) характеризує ефективність роботи одиниці площі листової поверхні (табл. 3). Середні значення ЧПФ за весь період досліджень практично не залежали від варіанту удобрення та підживлення і становили 1,37 г/м²·доба для всіх комбінацій факторів. Така стабільність ЧПФ є характерною ознакою С₄-рослин [2, с. 2110] та свідчить про те, що підвищення врожайності міскантусу відбувається переважно за рахунок збільшення фотосинтетичного потенціалу, а не ефективності одиниці листової поверхні.

Таблиця 3

**Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) міскантусу гігантського,
г/м²·доба (2021–2025 рр.)**

Фактор А	Фактор В	Роки досліджень					Серед.	±SD	V, %
		2021	2022	2023	2024	2025			
Контроль (без добрив)	Без підживлення	1,59	1,36	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,3
	Гумат калію, кущіння	1,60	1,36	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,6
	Гумат калію, вих. в тр.	1,59	1,37	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,2
	Гумат калію, обидві	1,59	1,36	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,3
Леонардит, 100 кг/га	Без підживлення	1,59	1,37	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,2
	Гумат калію, кущіння	1,59	1,36	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,3
	Гумат калію, вих. в тр.	1,59	1,36	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,3
	Гумат калію, обидві	1,59	1,37	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,2
N ₆₀ P ₁₆ K ₈₀	Без підживлення	1,60	1,36	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,6
	Гумат калію, кущіння	1,59	1,36	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,3
	Гумат калію, вих. в тр.	1,59	1,36	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,3
	Гумат калію, обидві	1,59	1,36	1,26	1,32	1,33	1,37	0,13	9,3
НІР _{0,05} фактор А		0,08					—	—	—
НІР _{0,05} фактор В		0,09					—	—	—

Примітка. ЧПФ = урожайність сухої біомаси (г/м²) / (ЛПП × тривалість вегетації, діб).

У динаміці по роках спостерігалася певна тенденція: ЧПФ була найвищою у перший рік вегетації (1,59–1,60 г/м²·доба), дещо знизилася у другий рік (1,36–1,37 г/м²·доба) та стабілізувалася на рівні 1,26–1,33 г/м²·доба у 2023–2025 рр. Зниження ЧПФ зі збільшенням ЛПП є загальнобіологічною закономірністю і пояснюється зростанням взаємного затінення листків у щільному стеблостій [11, с. 553]. Низький коефіцієнт варіації ЧПФ (9,2–9,6%) на противагу високому V для ЛПП (42,0–42,3%) підтверджує стабільність ефективності фотосинтезу на рівні одиниці листової поверхні.

Отримані результати мають важливе практичне значення для оптимізації технології вирощування міскантусу гігантського в умовах Лісостепу. Встановлено, що максимальний ФП (і, відповідно, найвищу продуктивність біомаси) забезпечує поєднання мінеральної системи удобрення N₆₀P₁₆K₈₀ з дворазовим позакореневим підживленням гуматом калію по 2 л/га. Органічна система удобрення (Леонардит) є ефективною альтернативою, що забезпечує приріст ФП на 24,5% порівняно з контролем при одночасному покращенні ґрунтових умов. Стабільність ЧПФ незалежно від системи удобрення підтверджує, що основним шляхом підвищення продуктивності міскантусу є збільшення ЛПП та подовження періоду активного фотосинтезу.

Висновки. За результатами п'ятирічних досліджень (2021–2025 рр.) фотосинтетичних параметрів посівів міскантусу гігантського сорту Осінній зорецвіт в умовах Лісостепу України встановлено:

1. ІЛП зростав від 1,12–1,96 м²/м² у перший рік до 4,52–7,93 м²/м² на п'ятий рік. Мінеральна система удобрення N₆₀P₁₆K₈₀ забезпечила приріст ІЛП на 46,3% порівняно з контролем, органічна (Леонардит, 100 кг/га) – на 24,5%. Дворазове підживлення гуматом калію додатково підвищувало ІЛП на 16,4–19,6%.

2. ФП варіював від 1344 до 13481 тис. м²·діб/га. Найвищі значення (9577 тис. м²·діб/га у середньому) забезпечувала мінеральна система удобрення з дворазовим підживленням гуматом калію, що на 74,9% перевищувало контроль без підживлення.

3. ЧПФ була стабільною (1,37 г/м²·доба) незалежно від варіанту удобрення. Підвищення продуктивності міскантусу відбувається переважно за рахунок зростання ФП (площі та тривалості роботи листового апарату), а не підвищення ефективності одиниці листової поверхні.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу досліджуваних агротехнічних заходів на якісні показники біомаси міскантусу гігантського та його енергетичну цінність, а також у встановленні кореляційних зв'язків між фотосинтетичними параметрами та врожайністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Scurlock J.M.O., Huisman W. *Miscanthus: European experience with a novel energy crop*. Biomass and Bioenergy. 2000. Vol. 19, No. 4. P. 209–227.
2. Dohleman F.G., Long S.P. More productive than maize in the Midwest: How does *Miscanthus* do it? *Plant Physiology*. 2009. Vol. 150, No. 4. P. 2104–2115.
3. Clifton-Brown J.C., Stampfl P.F., Jones M.B. *Miscanthus biomass production for energy in Europe and its potential contribution to decreasing fossil fuel carbon emissions*. Global Change Biology. 2004. Vol. 10, No. 4. P. 509–518.
4. Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні. Київ : Аграр Медіа Груп, 2011. 398 с.
5. Stasik O.O., Kiriziy D.A., Priadkina G.O. Photosynthesis and productivity: main scientific achievements and innovative developments. *Fiziol. rosl. genet.* 2021, vol. 53, no. 2, 160–184, doi: <https://doi.org/10.15407/frg2021.02.160>
6. Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O. et al. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*. 2015. Vol. 196. P. 15–27.
7. Rose M.T., Patti A.F., Little K.R. et al. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. *Advances in Agronomy*. 2014. Vol. 124. P. 37–89.
8. Zub H.W., Brancourt-Hulmel M. Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*, a major energy crop. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010. Vol. 30, No. 2. P. 201–214.
9. Пономаренко С.П. Регулятори росту рослин на основі N-оксидів похідних піридину. Київ : Техніка, 1999. 272 с.
10. Monsi M., Saeki T. On the factor light in plant communities and its importance for matter production. *Annals of Botany*. 2005. Vol. 95, No. 3. P. 549–567.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION,
STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

УДК 636.2.082 / 57.087.01

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.24>

ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОВИМІРНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ДЛЯ МІЖПОРОДНОЇ ДИФЕРЕНЦІЇ МОЛОЧНОЇ ХУДОБИ НА ПІДСТАВІ МАСО-МЕТРИЧНИХ ОЗНАК

Каратєєва О.І. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри біотехнології та біоінженерії,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-0652-1240

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.б.н., професор,
професор кафедри біотехнології та біоінженерії,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5658-1244

Головною метою даної роботи була оцінка ефективності використання багатовимірних методів аналізу для міжпородної диференціації молочної худоби на підставі масо-метричних ознак. Отримані результати свідчать про наявність вірогідних відмінностей між оцінками живої маси тварин різних порід молочної худоби у різному віці. Для всіх вікових груп відмічено вірогідне переважання тварин української чорно-рябої молочної породи, яким поступалися тварини української червоної молочної породи і, нарешті, найнижчі оцінки живої маси в різні вікові періоди було відмічено для тварин червоної степової породи.

Аналогічну ситуацію було відмічено і у відношенні промірів будови тіла первісток – для всіх використаних у аналізі ознак було відмічено суттєвий вплив породної належності тварин; особливо, він мав місце для висоти у холці, глибини грудей, ширини у маклоках та



© Каратєєва О.І., Крамаренко О.С., Крамаренко С.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

обхвату грудей. Для деяких промірів було відмічено суттєве переважання тварин української червоної молочної породи (висота у холці, глибина і обхват грудей, ширина в маклоках), у той час як для інших – найвищі оцінки було відмічено для тварин української чорно-рябої молочної породи. Отже, при аналізі міжпородної диференціації треба враховувати не лише прояв окремих промірів будови тіла первісток, але й характер зв'язку між ними.

Тварини української чорно-рябої молочної породи формують компактний кластер, який чітко відокремлюється від інших двох порід на підставі значень першої Головної Компоненти (PC1) матриці ознак живої маси від народження до 18-місячного віку. Тварини червоної степової породи та української червоної молочної породи гірше диференціюються між собою. І границя диференціації між ними формується значеннями як по PC1, так і по PC2. Тобто, відмінності між телицями червоної степової породи та української червоної молочної породи базуються як на відмінностях загальної живої маси нетелів, так і враховують приріст живої маси від народження до 3-міс. віку.

Тварини української чорно-рябої молочної породи та української червоної молочної породи формують більш-менш компактні та відокремлені один від одного кластери у просторі PC1 та PC2 матриці промірів будови тіла. В проекції PC1 vs PC3 тварини всіх трьох порід молочної худоби чітко відокремлюються одна від одної і формують свої власні відокремлені кластери. При цьому, тварини української червоної молочної породи чітко відокремлюються від тварин української чорно-рябої молочної породи, насамперед, вздовж PC3 (тобто, за обхватом п'ястка), а від тварин червоної степової породи вздовж PC1 (тобто, за загальними розмірами тіла).

В проекції PC2 vs PC3 також є певні скупчення первісток окремих порід; в цілому, ступінь міжпородної диференціації при одночасному використанні PC2 та PC3 була найгіршою. В найбільшому ступені інтрогресія із іншими породами в просторі PC2 та PC3 притаманна первісткам червоної степової породи.

Ключові слова: масо-метричні ознаки, Аналіз Головних Компонент, молочна худоба.

Karatieieva O.I., Kramarenko O.S., Kramarenko S.S. Use of multivariate analysis methods for interbreed differentiation of dairy cattle based on body weight and metric traits

The primary objective of this study was to assess the effectiveness of multivariate analysis methods for interbreed differentiation of dairy cattle based on body weight and metric traits. The results indicate significant differences in body weight estimates among animals of different dairy cattle breeds at various ages. Across all age groups, heifers of the Ukrainian Black-and-White dairy breed showed significantly higher values, followed by the Ukrainian Red dairy breed, while the lowest body weight estimates at various ages were observed in the Red Steppe breed.

A similar pattern was observed for the exterior traits of primiparous cows. For all traits included in the analysis, breed had a significant effect, particularly for withers height, chest depth, hip width, and chest girth. For certain measurements, the Ukrainian Red dairy breed showed a clear advantage (withers height, chest depth and girth, hip width), whereas for other traits, the highest values were observed in the Ukrainian Black-and-White dairy breed. Thus, interbreed differentiation should consider not only individual exterior traits of primiparous cows but also the relationships among these traits.

Animals of the Ukrainian Black-and-White dairy breed formed a compact cluster, clearly separated from the other two breeds based on the values of the first principal component (PC1) of the body weight matrix from birth to 18 months of age. In contrast, the Red Steppe and Ukrainian Red dairy breeds were less distinctly differentiated, with boundaries between them interpreted using both PC1 and PC2. In other words, differences between Red Steppe and Ukrainian Red primiparous cows were determined both by overall body weight and by body weight gain from birth to 3 months of age.

The Ukrainian Black-and-White and Ukrainian Red dairy breeds formed relatively compact and mutually separated clusters in the PC1-PC2 space of exterior traits. In the PC1 vs. PC3 projection, animals of all three dairy breeds were clearly separated from each other, forming distinct clusters. In this projection, the Ukrainian Red dairy breed was clearly differentiated from the Ukrainian Black-and-White breed primarily along PC3, representing metacarpal girth, and from the Red Steppe breed along PC1, representing overall body size.

In the PC2 vs. PC3 projection, certain clustering of primiparous cows by breed was also observed. Overall, interbreed differentiation was the least distinct when using PC2 and PC3 simultaneously. The greatest degree of introgression with other breeds in the PC2-PC3 space was observed in Red Steppe primiparous cows.

Key words: body metric traits, Principal Component Analysis, dairy cattle.

Постановка проблеми. У селекційній роботі, спрямованій на підвищення молочної продуктивності, важливе значення має рання діагностика господарсько-корисних ознак молочної худоби. Для ефективного регулювання процесів розвитку сільськогосподарських тварин необхідно передусім встановити закономірності морфо-функціонального росту та формування специфічних властивостей організму на різних періодах, етапах і стадіях онтогенезу. У зв'язку з цим особливого значення набуває визначення критеріїв оцінки інтенсивності росту корів у ранньому онтогенезі та встановлення його зв'язку з подальшим формуванням високопродуктивних тварин. Зміни живої маси тварин у процесі росту відбуваються неоднаково і значною мірою залежать від спадкових особливостей, що визначають послідовність темпів росту в різні періоди онтогенезу, а також від умов утримання та годівлі [2].

Постановка завдання. Вирощування ремонтного молодняку є одним із ключових факторів, що визначає рівень продуктивності молочної худоби. Інтенсивність росту ремонтних телиць забезпечує реалізацію їхнього генетичного потенціалу, впливає на тривалість господарського використання та значною мірою визначає економічну ефективність виробництва молока. Невідповідність живої маси тварин стандартам вагового та лінійного росту в різні періоди вирощування може призводити до зниження молочної продуктивності й подовження сервіс-періоду після першого отелення. Крім того, жива маса телиць у різні вікові періоди може слугувати одним із найбільш ранніх критеріїв прогнозування ефективності довічного використання корів дійного стада [1].

Рівень вирощування молодняку може порушувати закономірну послідовність формування структурних елементів органів і пов'язаних із ними функціональних можливостей організму на різних етапах онтогенезу. Дослідники відзначають, що вища жива маса при народженні зазвичай супроводжується більш інтенсивним ростом у період вирощування, зменшенням віку першого осіменіння та підвищенням молочної продуктивності корів у подальшому. Водночас численні дослідження свідчать, що недостатній розвиток ремонтних телиць, які не досягають цільових стандартів вагового та лінійного росту до моменту першого плідного осіменіння і, відповідно, першого отелення, можуть призводити до істотного зниження рівня їхньої молочної продуктивності [3].

У роботі [4] показано, що найвищою молочною продуктивністю характеризувалися корови, які у період від народження до 6-місячного віку мали середньодобові прирости на рівні 708...815 г. За таких умов забезпечувалося отримання найбільшої кількості молока базисної жирності. Найвищі показники надою, вмісту молочного жиру та білка в молоці також було відмічено у тварин із середньодобовими приростами у вікові періоди 6-12 та 12-18 міс. на рівні 778 г і більше.

У дослідженні [5] встановлено, що аналіз показників росту та подальшої молочної продуктивності підтверджував доцільність прогнозування продуктивності корів на основі кривих росту. Про це свідчили середні та високі коефіцієнти кореляції між інтенсивністю формування організму та рівнем їх продуктивності. Крім того, показники енергії спаду росту та типу зниження відносної швидкості росту також вірогідно корелювало із продуктивністю [6].

У роботі [7] було встановлено наявність зв'язку між надоєм первісток та їх живою масою при народженні. Разом з тим встановлено, що найбільше значення для формування високої молочної продуктивності мала жива маса телиць у 3-місячному віці. У старші вікові періоди вплив інтенсивності вирощування на формування молочної продуктивності зменшувався, а оптимальна жива маса та швидкість росту відповідали середнім значенням по стаду.

Отже, між надоем та показниками лінійної оцінки у більшості випадків було встановлено позитивний кореляційний зв'язок, що свідчить про можливість цілеспрямованого ведення селекційно-племінної роботи з удосконалення стада за молочною продуктивністю та екстер'єрними ознаками [8].

При цьому, у дослідженнях екстер'єрних ознак молочних корів дедалі ширше застосовуються багатовимірні статистичні методи, серед яких важливе місце займає **Аналіз головних компонент** (Principal Component Analysis, PCA). Цей метод дозволяє трансформувати значну кількість взаємопов'язаних морфометричних ознак у меншу кількість незалежних (*латентних*) змінних, що відображають основні закономірності будови тіла тварин. Основною перевагою PCA є можливість суттєвого зменшення розмірності даних без значної втрати інформації, що особливо важливо при аналізі екстер'єрних ознак, що характеризуються високим рівнем фенотипової кореляції між собою [9].

Іншим важливим напрямом застосування PCA є визначення ключових морфологічних ознак, що мають найбільше значення для продуктивності корів. Наприклад, при дослідженні голштинських корів було встановлено, що такі показники, як глибина грудей, глибина тулуба та глибина вимені мають найбільші факторні навантаження для перших Головних Компонент і можуть розглядатися, як важливі селекційні критерії, пов'язані із молочною продуктивністю тварин [13].

PCA також широко використовується для дослідження морфологічної структури вимені, яка має важливе значення для молочної продуктивності та стійкості корів до маститу. Наприклад, у генетичних дослідженнях типових ознак вимені було встановлено, що перша Головна Компонента (PC1), що характеризувалася загальним розміром і формою вимені, пояснювала біля 41,0% фенотипової дисперсії цих ознак і використовувалася як інтегральний показник у геномних асоціативних дослідженнях [11].

Крім того, PCA застосовується для інтеграції морфологічних та продуктивних показників у єдину систему оцінки тварин. Використання цього методу дозволяє визначити періоди росту або групи ознак, що найбільшою мірою пов'язані з майбутньою продуктивністю корів. Так, у дослідженні росту телиць червоної степової породи було показано, що перші три головні компоненти показників живої маси пояснювали 79,7% загальної дисперсії, а окремі компоненти були пов'язані з подальшою молочною продуктивністю первісток [10].

Отже, *головною метою* даної роботи була оцінка ефективності використання багатовимірних методів аналізу для міжпородної диференціації молочної худоби на підставі масо-метричних ознак.

Матеріали і методи досліджень. В дослідженні було використано матеріали первинного зоотехнічного обліку тварин молочної худоби трьох порід: червоної степової породи (ДП «Племрепродуктор «Степовий» Миколаївської області; $n = 88$), української чорно-рябої молочної породи (ДП «Племрепродуктор «Степовий» Миколаївської області; $n = 52$) та української червоної молочної породи (ПСГП «Козирське» Миколаївської області; $n = 49$).

Для кожної особини було визначено живу масу (у кг) при народженні та у віці 3, 6, 9, 12, 15, 18 та 24 міс. Крім того, під час 2-3 місяців першої лактації для кожної з них було виміряні основні проміри будови тіла (у см): висота у холці, коса довжина тулуба, глибина, ширина та обхват грудей, обхват п'ястка та ширина у маклоках.

Для визначення рівня міжпородної диференціації у відношенні всіх використаних в аналізі масо-метричних ознак було використано алгоритм однофакторного

дисперсійного аналізу Р.Фішера (з фіксованими факторами). Крім того, *post-hoc*-аналіз у форматі множинних попарних порівнянь оцінок середніх арифметичних різних порід молочної худоби було проведено з використанням LSD-тесту Р.Фішера (при $P < 0,05$).

Між ознаками живої маси у різному віці та промірів будови тіла тварин кожної породи було розраховано оцінки коефіцієнту фенотипової кореляції. Візуалізацію кореляційних матриць проведено з використанням «теплових карт» (*heat maps*), що було побудовано за допомогою програми JAMOVI v. 2.6.19 [12]. Даний тип представлення результатів вказує як напрямок кореляції (зелений колір використовується для позитивних оцінок коефіцієнту кореляції, а червоний – для негативних), так і ступінь прояву кореляції (чим інтенсивніше колір, тим ближче оцінка коефіцієнту кореляції до +1 чи -1, відповідно).

Багатовимірний Аналіз Головних Компонент було проведено окремо для варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць трьох порід молочної худоби від народження до 18-місячного віку та для варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби. В першому випадку для подальшого аналізу було виділено перші дві Головні Компоненти (PC1 та PC2), у другому – перші три Головні Компоненти (PC1, PC2 та PC3). Інтерпретацію Головних Компонент було проведено на підставі оцінок факторних навантажень, що представляють собою значення коефіцієнту кореляції між значеннями вихідних ознак та відповідних Головних Компонент. Для візуалізації міжпородної диференціації було використано ординацію особин кожної породи в просторі кожної пари Головних Компонент – PC1 vs PC2, PC1 vs PC3 та PC2 vs PC3, що було розраховано та побудовано за допомогою програми STATISTICA v. 7.0 (StatSoft Inc.).

Виклад основного матеріалу дослідження. Отримані результати свідчать про наявність вірогідних відмінностей між оцінками живої маси тварин різних порід молочної худоби у різному віці (табл. 1).

Для всіх вікових груп відмічено вірогідне переважання тварин української чорно-рябої молочної породи, яким поступалися тварини української червоної молочної породи і, нарешті, найнижчі оцінки живої маси в різні вікові періоди було відмічено для тварин червоної степової породи. Найвища міжпородна різниця за живою масою відмічалася у віці 12, 15, 18 та 24 міс.

Аналогічну ситуацію було відмічено і у відношенні промірів будови тіла первісток – для всіх використаних у аналізі ознак було відмічено суттєвий вплив породної належності тварин; особливо, він мав місце для висоти у холці, глибини грудей, ширини у маклоках та обхвату грудей (табл. 2).

Для деяких промірів спостерігалася суттєва перевага тварин української червоної молочної породи (висота у холці, глибина і обхват грудей, ширина в маклоках), у той час як для інших – найвищі оцінки було відмічено для тварин української чорно-рябої молочної породи. Отже, при аналізі міжпородної диференціації треба враховувати не лише прояв окремих промірів будови тіла первісток, але й характер зв'язку між ними.

На рис. 1 наведено «теплові карти» кореляційної матриці між значеннями живої маси особин різних порід молочної худоби в різному віці.

Таблиця 1
Показники мінливості ($Mean \pm SE$) живої маси молочної худоби у різному віці,
кг

Жива маса у віці	Порода			$F_{2; 186} (P)$
	червона степова ($n = 88$)	українська чорно- ряба молочна ($n = 52$)	українська червона молочна ($n = 49$)	
при народженні	28,8±0,16a	29,8±0,12b	29,0±0,15a	11,31 ($P < 0,001$)
3 міс.	72,3±1,32a	97,5±1,19c	92,7±0,41b	134,46 ($P < 0,001$)
6 міс.	148,6±1,49a	168,6±0,44c	160,1± 0,38b	71,39 ($P < 0,001$)
9 міс.	201,5±1,51a	227,0±0,73c	214,8±0,39b	105,55 ($P < 0,001$)
12 міс.	251,5±1,39a	282,3±0,45c	261,4±0,45b	183,60 ($P < 0,001$)
15 міс.	302,0±1,37a	331,3±0,45c	309,8±0,41b	171,77 ($P < 0,001$)
18 міс.	351,3±1,27a	378,0±0,39c	354,6±0,41b	177,63 ($P < 0,001$)
24 міс.	401,2±1,08a	460,3±1,90c	444,6±0,86b	600,89 ($P < 0,001$)

Примітка: Оцінки середніх арифметичних, між якими відмічено вірогідні відмінності ($P < 0,05$) на підставі LSD-тесту Фішера, позначено різними літерами.

Таблиця 2
Показники мінливості ($Mean \pm SE$) екстер'єрних ознак первісток різних
порід молочної худоби, см

Ознака	Порода			$F_{2; 186} (P)$
	червона степова ($n = 88$)	українська чорно-ряба молочна ($n = 52$)	українська червона молочна ($n = 49$)	
висота у холці	128,9 ± 0,39a	130,4 ± 0,28b	134,9 ± 0,27c	68,13 ($P < 0,001$)
коса довжина тулуба	155,6 ± 0,72b	155,4 ± 0,34b	150,2 ± 0,34a	20,74 ($P < 0,001$)
глибина грудей	67,4 ± 0,36a	71,9 ± 0,46b	73,8 ± 0,23c	83,70 ($P < 0,001$)
ширина грудей	45,2 ± 0,42b	46,3 ± 0,35c	41,9 ± 0,24a	27,11 ($P < 0,001$)
обхват грудей	181,4 ± 0,75a	189,5 ± 0,60b	199,8 ± 0,25c	186,61 ($P < 0,001$)
обхват п'ястка	18,5 ± 0,14a	19,8 ± 0,15c	19,1 ± 0,13b	19,02 ($P < 0,001$)
ширина в маклоках	52,8 ± 0,30a	52,3 ± 0,35a	57,7 ± 0,25b	75,16 ($P < 0,001$)

Примітка: Оцінки середніх арифметичних, між якими відмічено вірогідні відмінності ($P < 0,05$) на підставі LSD-тесту Фішера, позначено різними літерами.

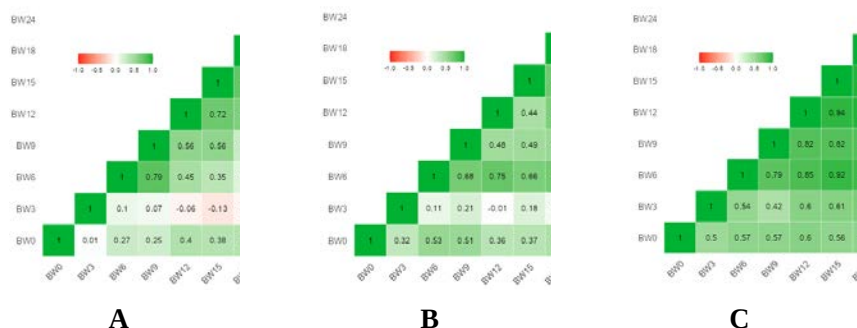


Рис. 1. «Теплові карти» (heat maps) кореляційної матриці між значеннями живої маси телиць та корів молочної худоби в різному віці: А – червона степова порода; В – українська чорно-ряба молочна порода; С – українська червона молочна порода

Оскільки для тварин української червоної молочної породи всі отримані оцінки було забарвлено у інтенсивний зелений колір, можна відмітити, що для них мала місце висока та позитивна інтеркореляція між живою масою в різному віці. Для тварин червоної степової породи та української чорно-рябої молочної породи відмічалася низька (а інколи навіть від'ємна) кореляція між оцінками живої маси у віці 3 та 24 міс., з одного боку, та рештою вікових інтервалів, з іншого.

Близьку картину відмічено і у відношенні величини оцінок коефіцієнту кореляції між промірами будови тіла (рис. 2). Для тварин української червоної молочної породи всі відповідні оцінки коефіцієнту кореляції мали позитивний знак та відносно високі значення, для тварин української чорно-рябої молочної породи ступінь взаємозв'язку був нижче (але при позитивних оцінках коефіцієнту кореляції) і, нарешті, для первісток червоної степової породи більшість оцінок коефіцієнту кореляції були низькими, а деякі навіть мали від'ємний знак.

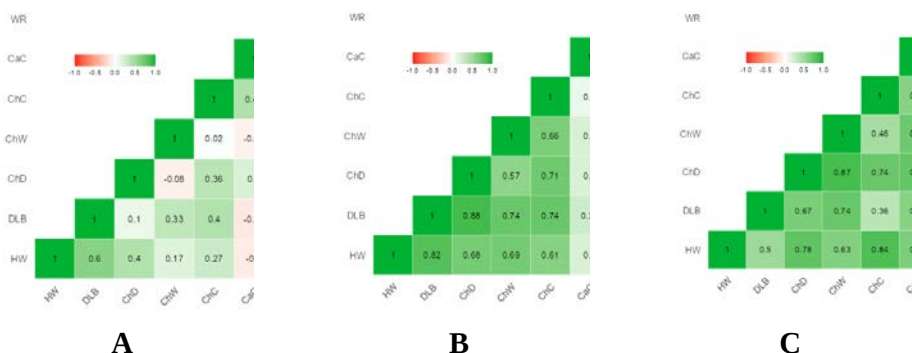


Рис. 2. «Теплові карти» (heat maps) кореляційної матриці між промірами будови тіла молочної худоби: А – червона степова порода; В – українська чорно-ряба молочна порода; С – українська червона молочна порода

Отримані попередні результати свідчать про необхідність використання для аналізу міжпородної диференціації молочної худоби багатовимірних методів

аналізу (насамперед, Аналіз Головних Компонент), що враховують як ступінь варіабельності ознак, так і міру інтеркореляції між ними.

В табл. 3 наведено оцінки факторних навантажень перших двох Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси від народження до 18-місячного віку телиць трьох порід молочної худоби.

Перша Головна Компонента (PC1) описувала 68,5 % загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць від народження до 18-місячного віку. Високі (по модулю) оцінки факторних навантажень для PC1 було відмічено для живої маси телиць у віці 6, 9, 12, 15 та 18 міс. Отже, дану Головну Компоненту можна інтерпретувати, як *«загальна жива маса нетелів»* і вона відокремлює нетелів із низькою та високою живою масою на момент першого осіменіння.

Таблиця 3

Оцінки факторних навантажень перших двох Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць трьох порід молочної худоби від народження до 18-місячного віку

Жива маса у віці	Головна Компонентна	
	PC1	PC2
при народженні	-0,573	-0,661
3 міс.	-0,663	0,457
6 міс.	-0,838	0,242
9 міс.	-0,904	0,207
12 міс.	-0,939	-0,051
15 міс.	-0,928	-0,102
18 міс.	-0,873	-0,197
Частка мінливості, %	68,5	11,4

Примітка: Напівжирним курсивом виділено оцінки факторних навантажень ознак, що вносять найбільший внесок в інтерпретацію Головних Компонент.

Друга Головна Компонента (PC2) описувала додатково ще 11,4 % загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць від народження до 18-місячного вік. Вона мала високу позитивну оцінку факторного навантаження для живої маси у віці 3 міс. (+0,467) та високу негативну оцінку факторного навантаження для живої маси при народженні (-0,661). Отже, дану Головну Компоненту можна інтерпретувати, як *«приріст живої маси від народження до 3-міс. віку»* і вона відокремлює телиць із низькою живою масою при народженні, але високою у віці 3 міс. (високий приріст) та із високою живою масою при народженні, але низькою у віці 3 міс. (низький приріст).

На рис. 3 наведено ординацію в просторі першої (PC1) та другої (PC2) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць від народження до 18-місячного віку для трьох порід молочної худоби.

Як бачимо, тварини української чорно-рябої молочної породи формують компактний кластер, який чітко відокремлюється (блакитна лінія на рис. 3) від інших двох порід на підставі значень Першої Головної Компоненти (PC1).

Від'ємні оцінки щодо PC1 свідчать, знову ж, про дуже високі оцінки живої маси цих тварин у віці нетелів. Тварини червоної степової породи та української червоної молочної породи диференціюються між собою гірше. І границя диференціації між ними (червона лінія на рис. 3) інтерпретується значеннями як PC1,

так і PC2. Тобто, диференціація між телицями червоної степової породи та української червоної молочної породи базуються як на відмінностях загальної живої маси нетелів, так і враховує приріст живої маси від народження до 3-міс. віку.

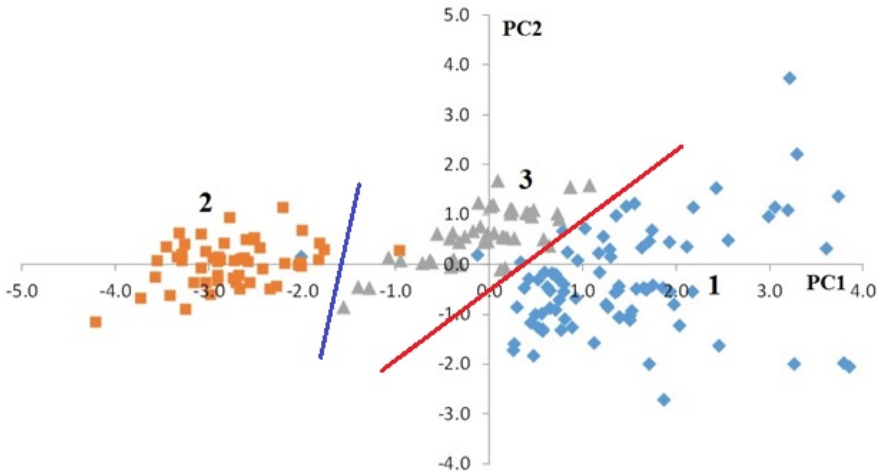


Рис. 3. Ординація телиць в просторі першої (PC1) та другої (PC2) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці значень живої маси телиць від народження до 18-місячного віку для трьох порід молочної худоби:

1 – червона степова порода; 2 – українська чорно-ряба молочна порода;
3 – українська червона молочна порода

В роботі [10] нами було виділено три перші Головні Компоненти варіаційно-коваріаційної матриці ознак живої маси телиць червоної степової породи від народження до 18-місячного віку, що разом описували біля 80 % загальної варіації. Перша Головна Компонента, як і у нашому випадку, була пов'язана із живою масою телиць у віці 9-15 міс., друга Головна Компонента описувала мінливість живої маси у віці 3-6 міс., і, нарешті, третя Головна Компонента характеризувала живу масу телиць при народженні.

В табл. 4 наведено оцінки факторних навантажень перших трьох Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби.

Перша Головна Компонента (PC1) описувала 41,7% загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби. Високі позитивні оцінки факторних навантажень для PC1 було відмічено для висоти у холці, глибини грудей, обхвату грудей, ширини в маклоках первісток та живої маси у 2-річному віці. Отже, дану Головну Компоненту можна інтерпретувати, як «**загальні розміри тіла**» і вона відокремлює первісток із великими та малими розмірами тіла.

Друга Головна Компонента (PC2) описувала додаткові 19,9% загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби. Для неї характерні високі позитивні оцінки факторних навантажень для косої довжини тулуба та ширини грудей. Отже, її можна інтерпретувати, як «**форма тіла**». Вона відокремлює тварин із широким і довгим тулубом та вузьким і коротким тулубом.

Таблиця 4

Оцінки факторних навантажень перших трьох головних компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби

Ознака	Головна Компонентна		
	PC1	PC2	PC3
жива маса у віці 24 міс.	0,668	-0,235	-0,396
висота у холці	0,828	0,267	0,303
коса довжина тулуба	-0,049	0,872	-0,117
глибина грудей	0,878	-0,029	-0,100
ширина грудей	-0,122	0,744	-0,465
обхват грудей	0,901	-0,095	0,031
обхват п'ястка	0,437	-0,122	-0,732
ширина в маклоках	0,645	0,360	0,513
Частка мінливості, %	41,7	19,9	16,1

Примітка: Напівжирним курсивом виділено оцінки факторних навантажень ознак, що вносять найбільший внесок в інтерпретацію Головних Компонент.

Нарешті, третя Головна Компонента (PC1) описувала ще додаткові 16,1% загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла корів різних порід молочної худоби. Вона пов'язана, у першу чергу, із обхватом п'ястка.

На рис. 4 наведено ординацію первісток трьох порід молочної худоби у просторі першої (PC1) та другої (PC2) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла.

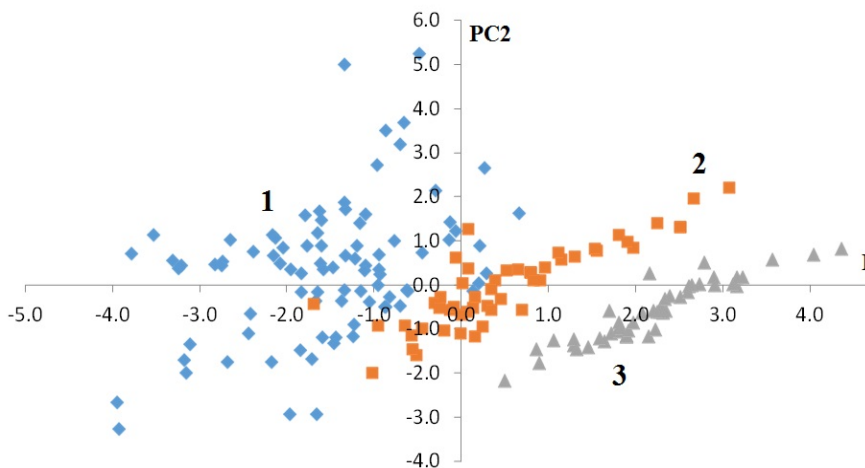


Рис. 4. Ординація первісток трьох порід молочної худоби у просторі першої (PC1) та другої (PC2) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла: 1 – червона степова порода; 2 – українська чорно-ряба молочна порода; 3 – українська червона молочна порода

Тварини української чорно-рябої молочної породи та української червоної молочної породи формують більш-менш компактні та відокремлені одна від одної кластери

у просторі PC1 та PC2. При цьому, в їх диференціацію вносять внесок як PC1, так і PC2, тобто, як загальні розміри, так і форма тіла тварин. Це ще раз підкреслює високий рівень інтеркореляції між екстер'єрними ознаками первісток цих двох порід.

Тварини червоної степової породи, навпаки, формують дуже неоднорідне скупчення особи, які мають низькі значення для PC1 (тобто, характеризуються низькими загальними промірами тіла) і широкий спектр значень для PC2 (тобто, характеризуються як вузько-, так і широкотілим екстер'єром).

На рис. 5 наведено ординацію первісток трьох порід молочної худоби у просторі першої (PC1) та третьої (PC3) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла.

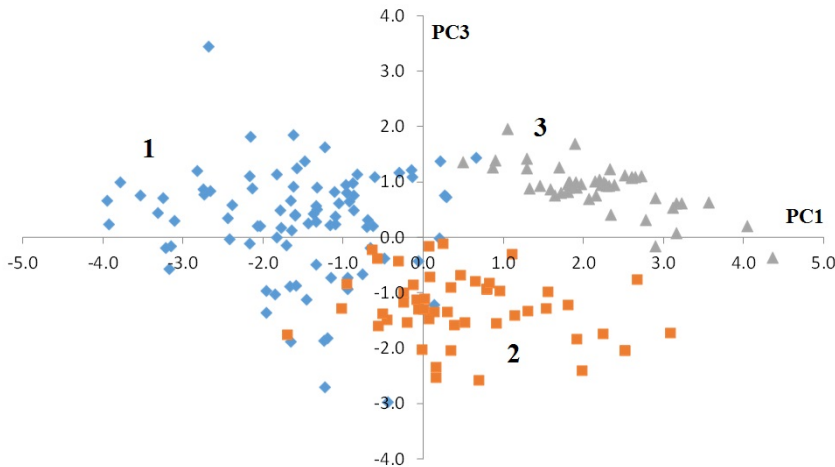


Рис. 5. Ординація первісток трьох порід молочної худоби у просторі першої (PC1) та третьої (PC3) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла: 1 – червона степова порода; 2 – українська чорно-ряба молочна порода; 3 – українська червона молочна порода

В цій проекції тварини всіх трьох порід молочної худоби чітко відокремлюються одна від одної і формують свої власні відокремлені кластери. При цьому, первістки української червоної молочної породи чітко відокремлюються від тварин української чорно-рябої молочної породи, насамперед, вздовж третій Головній Компоненті (тобто, за обхватом п'ястка), а від тварин червоної степової породи – вздовж першій Головній Компоненті, (тобто, за загальними розмірами тіла).

На фоні цього, все ж таки проглядається деяка інтрогресія між первістками червоної степової та української чорно-рябої молочної породи.

Нарешті, на рис. 6 наведено ординацію первісток трьох порід молочної худоби у просторі другої (PC2) та третьої (PC3) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла. І хоча в цій проекції також є певні скупчення первісток окремих порід, в цілому, ступінь міжпородної диференціації при одночасному використанні PC2 та PC3 була найгіршою. В найбільшому ступені інтрогресія із іншими породами в просторі PC2 та PC3 притаманна первісткам червоної степової породи.

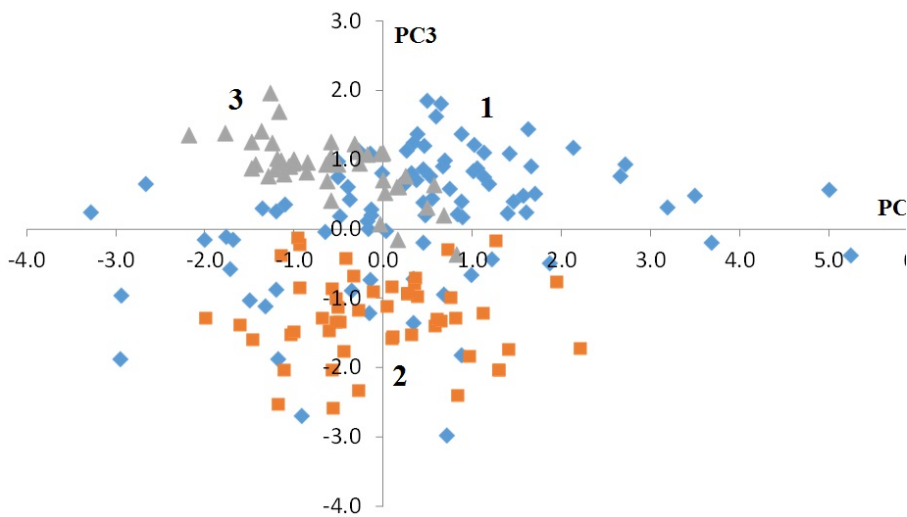


Рис. 6. Ординація первісток трьох порід молочної худоби у просторі другої (PC2) та третьої (PC3) Головних Компонент на підставі варіаційно-коваріаційної матриці промірів будови тіла: 1 – червона степова порода; 2 – українська чорно-ряба молочна порода; 3 – українська червона молочна порода

У попередньому нашому дослідженні [9] при аналізі 109 первісток червоної степової породи з використанням Аналізу Головних Компонент було виділено дві латентні змінні. Перша Головна Компонента (PC1) відображала загальні розміри тіла телиць і пояснювала 33,5 % загальної дисперсії досліджуваних ознак. Друга Головна Компонента (PC2) пояснювала ще додаткові 15,0 % дисперсії та інтерпретувалася як показник форми тіла (*ендоморфний* vs *ектоморфний* тип). Вона характеризувалася високими від’ємними факторними навантаженнями для висоти в холці, висоти в крижах і косої довжини тулуба, а також високими додатними навантаженнями для ширини грудей, глибини грудей, обхвату грудей і обхвату п’ястка.

Отже, результати численних досліджень свідчать, що Аналіз Головних Компонент є ефективним інструментом для узагальнення великої кількості екстер’єрних ознак молочних корів. Його використання дозволяє виділяти латентні фактори морфологічної структури тіла, зменшувати кількість змінних у статистичних моделях та підвищувати точність селекційної оцінки тварин.

Висновки

1. Багатовимірні статистичні методи аналізу є ефективним інструментом для оцінки міжпородної диференціації молочної худоби за масо-метричними ознаками.

2. Встановлено наявність вірогідних міжпородних відмінностей за живою масою у всі досліджувані вікові періоди. Найвищі показники характерні для тварин української чорно-рябої молочної породи, дещо нижчі – для української червоної молочної, у той час як найменші значення відмічено у телиць червоної степової породи.

3. Породна належність істотно впливає і на проміри будови тіла первісток. Найбільш чутливими до породних відмінностей виявилися висота в холці, глибина грудей, ширина в маклоках та обхват грудей. При цьому для окремих промірів перевагу мали тварини української червоної молочної породи, у той час як за низкою показників вищі значення спостерігалися у корів української чорно-рябої молочної породи. Це свідчить про необхідність врахування не лише окремих промірів будови тіла, але і взаємозв'язків між ними.

4. За результатами Аналізу Головних Компонент встановлено чітке кластерування тварин української чорно-рябої молочної породи у просторі PC1 за показниками живої маси від народження до 18-місячного віку. Телиці української червоної молочної та червоної степової порід диференціюються між собою менш виразно, причому їх відмінності обумовлені як загальною живою масою (PC1), так і особливостями росту у ранньому віці (PC2).

5. У просторі Головних Компонент матриці промірів будови тіла тварини української чорно-рябої та української червоної молочної порід формують відносно компактні та відокремлені кластери. Найчіткіша міжпородна диференціація спостерігається у проекції PC1 vs PC3, де всі три породи утворюють окремі групи: українська червона молочна порода відокремлюється від української чорно-рябої переважно за показником обхвату п'ястка (PC3), а від червоної степової – за загальними розмірами тіла (PC1).

6. Найменша міжпородна диференціація відмічена у просторі PC2 vs PC3, де спостерігається певне перекривання кластерів, особливо для первісток червоної степової породи, що свідчить про більший рівень інтеграції або подібності цих тварин з іншими породами за відповідними морфологічними характеристиками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бабік Н. П., Федорович Є. І., Федорович В. В. Вплив живої маси корів голштинської породи у період вирощування на тривалість та ефективність їх господарського використання. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2017. № 19. С. 71–75.
2. Баркарь Є. В., Кириченко В. А. Вплив класової приналежності на показники молочної продуктивності корів. *Молодий вчений*. 2015. № 5(20), Ч. 1. С. 66–68.
3. Боднар П. В., Щербатий З. Є., Павлів Б. А. Ріст телиць та прояв молочної продуктивності корів-первісток української чорно-рябої молочної породи при використанні голштинів. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка: Ветеринарні науки*. 2020. Вип. 35. С. 76–81.
4. Ведмеденко О. В. Швидкість росту телиць української чорно-рябої молочної породи як передумова високої продуктивності. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 120. С. 169–175.
5. Каратєєва О. І. Математичне моделювання росту корів різних типів формування організму та їх наступна молочна продуктивність. *Науково-технічний бюлетень Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. Т. 4. № 1. С. 98–101.
6. Каратєєва О. І. Розвиток лінійних промірів худоби різних порід молочноного напряму продуктивності. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 78(2-1). С. 72–76.
7. Климковецький А. А., Носевич Д. К. Продуктивність первісток української чорно-рябої молочної породи за різного вагового росту телиць. *Тваринництво та технології харчових продуктів*. 2020в. Т. 11. № 3. С. 22–33.

8. Когут М. І., Братюк В. М., Даньків В. Я. Зв'язок екстер'єру і молочної продуктивності у корів симентальської породи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. № 59. С. 199–204.
9. Крамаренко С. С., Кузьмічова Н. І., Крамаренко О. С. Аналіз головних компонент екстер'єрних ознак молочних корів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2017. №19. № 79.С. 48–52.
10. Kramarenko A. S., Kalynychenko H. I., Suso, R. L., Papakina N. S., Kramarenko S. S. Principal component analysis of body weight traits and subsequent milk production in red steppe breed heifers. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*. 2022. Vol. 76(2). P. 307–313.
11. Miles A. M., Posbergh C. J., Huson H. J. Direct phenotyping and principal component analysis of type traits implicate novel QTL in bovine mastitis through genome-wide association. *Animals*. 2021. Vol. 11(4). #1147.
12. Navarro D. Foxcroft, D. R. *Learning Statistics with JAMovi : A Tutorial for Beginners in Statistical Analysis*. Cambridge, UK : Open Book Publishers, 2025, 492 p.
13. Prabowo S., Garip M. Identifying the most important linear body depth traits associated with milk yield in dairy cattle. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 2023. Vol. 22(3). P. 453–460.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 338.43:636.5(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.25>

ГУСІВНИЦТВО, ЯК ОДИН З РЕЗЕРВІВ ВІДНОВЛЕННЯ МАЛОГО БІЗНЕСУ В ПІВДЕННОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

Карпенко О.В. — к.с.-г.н.,

доцент кафедри ветеринарії, гігієни

та розведення тварин імені В. П. Коваленка,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0003-2132-1017

У статті наведено результати досліджень щодо можливостей організації виробництва продукції гусівництва в умовах селянських фермерських господарств, характерних для південного регіону України.

Останніми роками в Україні спостерігається стійка тенденція до зростання частки продукції птахівництва, яка виробляється не в спеціалізованих птахівницьких господарствах. Сюди входять колективні та приватні сільськогосподарські підприємства, підсобні господарства промислових комплексів, фермерські та присадибні господарства. Наразі на такі господарства припадає більше половини всього обсягу виробництва птахівницької продукції в країні.

Тому вивчення можливості розвитку гусівництва в південному регіоні країни зумовлена нагальною потребою у відновленні та збільшенні виробництва доступного і якісного м'ясного ресурсу в повоєнний період, де м'ясо водоплавної птиці може відіграти ключову роль. Даний напрямок має значний потенціал для стимулювання розвитку малого та середнього бізнесу в регіоні.

На основі проведених розрахунків можна зазначити, що на сьогоднішній день виробництвом м'яса гусей займаються дуже мало. Тому існує перспектива розвитку даної галузі птахівництва в області. Розрахунки елементів розробленої технології, а саме (встановлення нового обладнання для вирощування гусенят, використання породи важкого типу і застосування 3-х фаз годівлі) прогнозують рівень рентабельності підприємства для Херсонської області та всього південного регіону на межі 15%. Чистого прибутку за перший рік роботи ферми отримано 2,7 млн. грн. Реалізація інвестиційних надходжень передбачається в два етапи. В перший рік реалізації проекту планується оренда 1 га землі під забудову або реконструкція типового пташника розмірами 18 x 96 м, його технічне оснащення обладнанням, підведення комунікацій: доріг з твердим покриттям, 3-фазної мережі електричного струму, водоводу та каналізації, газу. На другому етапі (на другий рік реалізації проекту) планується придбання добових гусенят, вихід підприємства на проектну потужність. Для цього будуть потрібні інвестиції у розмірах 75% від загальних витрат на організацію роботи селянського фермерського господарства з гусівництва у перший рік роботи об'ємом – 13,2 млн. грн. Окупність розробленої технології виробництва м'яса гусей становить 4,9, тобто приблизно 5 років.

Ключові слова: технологія, порода, добовий молодняк, гусенята, підлогове обладнання, повнорационний комбікорм.

Karpenko O.V. Goose farming as one of the reserves for the restoration of small business in the southern region of Ukraine

The article presents the results of research on the possibilities of organizing the production of goose products in the conditions of peasant farms, typical for the southern region of Ukraine.

In recent years, Ukraine has observed a steady trend towards an increase in the share of poultry products that are not produced in specialized poultry farms. This includes collective and private agricultural enterprises, subsidiary farms of industrial complexes, farms and homestead



© Карпенко О.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

farms. Currently, such farms account for more than half of the total volume of poultry production in the country.

Therefore, studying the possibility of developing goose farming in the southern region of the country is due to the urgent need to restore and increase the production of an affordable and high-quality meat resource in the post-war period, where waterfowl meat can play a key role. This area has significant potential for stimulating the development of small and medium-sized businesses in the region.

Based on the calculations, it can be noted that today very few people are engaged in the production of goose meat. Therefore, there is a prospect for the development of this poultry farming industry in the region. Calculations of the elements of the developed technology, namely (installation of new equipment for growing goslings, use of heavy breed and application of 3 phases of feeding) predict the level of profitability of the enterprise for the Kherson region and the entire southern region at the level of 15%. Net profit for the first year of the farm's operation was UAH 2.7 million. The implementation of investment proceeds is planned in two stages. In the first year of the project, it is planned to rent 1 ha of land for development or reconstruction of a typical poultry house measuring 18 x 96 m, equip it with equipment, and connect communications: paved roads, 3-phase electricity, water and sewage systems, and gas. In the second stage (in the second year of the project), it is planned to purchase day-old goslings and bring the enterprise to its design capacity. This will require investments of 75% of the total costs of organizing the work of a peasant farm for goose breeding in the first year of operation with a volume of 13.2 million UAH. The payback period of the developed technology for the production of goose meat is 4.9, that is, approximately 5 years.

Key words: technology, breed, daily young stock, goslings, floor equipment, complete feed.

Постановка проблеми. Сучасне птахівництво є однією з ключових галузей виробництва, що забезпечує світ високоякісними, відносно доступними та біологічно цінними продуктами харчування. Завдяки впровадженню прогресивних технологій на спеціалізованих птахопідприємствах, цей сектор залишається прибутковим. Це досягається, зокрема, завдяки використанню високопродуктивних гібридних порід птиці, інтенсивним умовам утримання та високому рівню механізації й автоматизації у процесі виробництва м'яса і яєць [1, с. 59–63].

Ще десять років тому основний обсяг продукції птахівництва в Україні забезпечували спеціалізовані господарства – птахофабрики. Ці підприємства працювали за стандартними проектами, були оснащені серійно виготовленим обладнанням і мали кваліфікованих фахівців у галузі птахівництва. Окрім того, вони діяли під адміністративним контролем централізованих органів управління та активно співпрацювали з науковими установами, ветеринарними службами, хімічними й іншими лабораторіями. Такий підхід створював основу для розробки й підтримки технологічних процесів виробництва відповідно до затверджених нормативів [2, с. 33–37].

Останніми роками в Україні спостерігається стійка тенденція до зростання частки продукції птахівництва, яка виробляється не в спеціалізованих птаховиробничих господарствах. Сюди входять колективні та приватні сільськогосподарські підприємства, підсобні господарства промислових комплексів, фермерські та присадибні господарства. Наразі на такі господарства припадає більше половини всього обсягу виробництва птаховиробничої продукції в країні [3].

Тому вивчення можливості розвитку гусівництва в південному регіоні країни зумовлена нагальною потребою у відновленні та збільшенні виробництва доступного і якісного м'ясного ресурсу в повоєнний період, де м'ясо водоплавної птиці може відіграти ключову роль. Даний напрямок має значний потенціал для стимулювання розвитку малого та середнього бізнесу в регіоні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гусівництво, як одна з важливих галузей птахівництва, дає змогу виробляти високоякісне м'ясо птиці з використанням

значної частки зелених, соковитих і грубих кормів при мінімальних витратах на концентровані корми. Це робить його менш конкурентним до людини у споживанні зернових ресурсів порівняно, наприклад, із виробництвом м'яса бройлерів. Крім того, гуси здатні ефективно засвоювати велику кількість клітковини та швидко набирати живу масу. Зокрема, їхній масовий показник від моменту вилуплення до 9-тижневого віку може збільшуватись у 40-45 разів [4, с. 22-23].

Продукція гусівництва користується значним попитом у світі. Особливо цінуються велика жирна печінка, якісний гусячий жир, гусяче масло та перо-пухова сировина. Гусячий жир за своїм жирнокислотним складом наближається до оливкової олії та оцінюється у багатьох країнах Західної Європи навіть вище, ніж коров'яче масло. Він знаходить застосування у парфумерній та фармацевтичній промисловості, а також у народній медицині. Завдяки спеціальним технологіям відгодівлі можна отримувати велику жирну печінку (середньою масою 400–900 г) і внутрішній жир (до 1200 г на одну голову) [5, с. 6-7].

На світовому ринку ціна за 1 кг сирової великої жирної гусячої печінки сягає близько 340 доларів США [6, с. 77-83]. Так само високо цінується гусячий пух, отриманий під час прижиттєвої скубки: за чистий пух, який відповідає стандартам ЄЕС, можуть платити до 130 доларів за кілограм. Гусячий пух – надзвичайно густий, теплий і ніжний, а за своїми теплоізоляційними властивостями поступається лише пуху гаги. Його разом із дрібним пір'ям використовують для виготовлення постільної білизни, а також теплої одягу – курток і спортивних костюмів [7, с. 358–363].

Гусяче м'ясо вирізняється високим вмістом повноцінних білків та незамінних амінокислот. Воно багате на легкоплавкий жир із високим вмістом ненасичених жирних кислот. До складу цього м'яса входить значна кількість екстрактивних речовин, які додають йому характерного смаку й аромату. У віці 60 днів жива маса гусенят досягає 3,5...4,1 кг, причому тушки складаються на 45...50% з м'язової тканини, на 20% – з кісткової, на 15...20% – зі шкіри й підшкірного сала і ще близько 5% припадає на внутрішній жир. Завдяки високій калорійності (середньо понад 4 000 ккал на 1 кг) гусяче м'ясо відносять до енергетично цінних продуктів харчування [8, с. 26–31].

Таким чином, продукція гусівництва – це не лише смачне й поживне м'ясо, але й цінна сировина: пух і перо для текстильної індустрії, а також гусячий жир і печінка для харчової та фармацевтичної галузі. Це робить галузь перспективною для розвитку і популярною на світовому ринку.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є оцінка можливості впровадження виробництва продукції гусівництва в умовах селянських фермерських господарств, характерних для південного регіону України. Для досягнення цієї мети були визначені такі завдання:

- вивчення можливості розробки технології вирощування м'яса гусей за умов утримання на глибокій підстилці по секціям, адаптованої до специфіки зазначеного типу господарства;
- оцінка потенціалу реконструкції стандартних пташників із впровадженням обладнання ОГУ-18;
- прогнозування економічних показників ефективності функціонування господарства.

Для виконання поставлених завдань скористалися необхідними вихідними даними (табл. 1).

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунків

Приміщення	18 x 96
Спосіб утримання	На глибокій підстилці по секціям
Вирощування гусенят, тиж.	20
Технологічний цикл, тиж.	$20 + 4 = 24$
За рік, циклів	2
Основна продукція	М'ясо гусей в живій масі (забійній масі)
	Перо – пухова сировина

З приводу цього для вирощування були обрані гуси важкого типу Великі сірі (рис. 1).



Рис. 1. Гуси важкого типу породи Великі сірі

Для проведення необхідних розрахунків у технології вирощування гусей використовували загальновідомі зоотехнічні методики. Зокрема, це включало методики розрахунку потреби в придбанні добового молодняку, розробку циклограм руху поголів'я, обчислення середньодобових і валових приростів, визначення витрат кормів на одиницю продукції, а також загальні витрати кормів та інші розрахунки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розрахунок щорічного поголів'я гусенят базується на аналізі місткості приміщення та забезпеченні ритмічного циклу виробництва. За підсумками розрахунків, після встановлення підлогового обладнання ОГУ-18, для розміщення добових гусенят упродовж року передбачається закупівля 15 000 голів молодняку. При цьому господарство має можливість виростити 13 950 голів. Для визначення кількості поголів'я в пташнику використовували нормативні показники, характерні для цієї породи.

Оскільки процес вирощування гусенят триває 140 днів і застосовується інтенсивна технологія виробництва, на основі характеристик породи було розраховано обсяги продукції, які господарство може отримати, включно з м'ясом і перо-пуховою сировину. Дані наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Показники виробництва продукції гусівництва

Показники	
1	2
Поголів'я в кінці вирощування за рік, гол.	13 950
Жива маса в кінці вирощування 1 гол., кг*	7,3
Кількість м'яса в живій масі, кг	101 835
Вихід перо – пухової сировини за рік, кг/гол	0,360
Виробництво перо – пухової сировини, кг	2 511

Примітка: * – показник живої маси гусей наведений згідно зі стандартом породи Велика сіра.

Кормова база господарства складається з природних і сіяних пасовищ, посівів кормових культур на орних землях, фуражного зерна та промислових комбікормів. Для забезпечення молодняка власними кормами птахівничому підприємству необхідна певна площа земель для вирощування відповідних культур. Повнораціонні комбікорми, розраховані за фазами годівлі, планується закуповувати. Річна потреба в концентрованих кормах для господарства складає 434 тонни. Щоб забезпечити гусей зеленими кормами, зокрема багаторічними травами, передбачено використання 9,3 га ріллі.

У найближчі роки прогнозується активний розвиток ринку гусячого м'яса в Україні. Очікується приріст обсягів виробництва на 2-3% щорічно. Основна частина продукції реалізовуватиметься у вигляді цілих тушок. Оптова середньорічна ціна на гусине м'ясо в живій вазі коливатиметься в межах 200-240 грн/кг, а в забійній вазі – 260-300 грн/кг. Сезонність і регіональні особливості значно впливатимуть на формування цін. Наприклад, до святкових періодів, таких як Новий рік та Різдво, ціни на відгодованих гусей можуть досягати 320-350 грн/кг у регіонах із переважно міським населенням.

Зважаючи на дефіцит гусячого м'яса в Україні, цей ринок є перспективним для інвестування. За прогнозом, при середній оптовій ціні 250 грн за 1 кг м'яса в забійній вазі і забійному виході 80%, доходи від реалізації продукції становитимуть близько 20,4 млн грн, а додатково за рахунок реалізації пера-пуху – ще 1 млн грн.

Аналіз структури собівартості продукції (табл. 3) свідчить, що головні витрати пов'язані з реконструкцією та підготовкою приміщень (займають 35,6% собівартості). У наступні роки ця частка планово зменшиться. Витрати на корми наразі складають 33% від загальної собівартості продукції. Проте у зв'язку зі здорожчанням вирощування та утримання птиці, частка витрат на корми може зрости до 50-60% у майбутньому. На придбання добового молодняку припадає 9,32% собівартості продукції.

До значних витрат за перший рік будівництва птахівничої ферми можна віднести будівництво або реконструкцію приміщень та встановлення обладнання для вирощування гусенят на пташнику. Але в наступні роки витрати на обладнання будуть виведені із статей витрат і замінені на поточний ремонт обладнання.

Валові витрати на виробництво за розрахунками становлять 17 698,35 тис. грн. Собівартість 1 кг м'яса за розробленою технологією – 217, 24 грн.

Таблиця 3

Розрахунок річних поточних витрат

Статі витрат	Витрати		
	в натуральному вираженні	тис. грн.	% до загальних витрат
1	2	3	4
Орендна плата за землю	4000 грн/га	40,00	0,23
Придбання добового молодняка	110 грн./гол	1650,00	9,32
Заробітна плата з нарахуваннями	3 працівники x 12 x 20000 грн.	720,00	4,07
Корми	868,500 т	5988,35	33,83
в т.ч.: концентровані	434,250 т	5814,65	
зелені і соковиті	434,250 т	173,70	
Підготовка приміщення (ремонт, підстилка, світло, вентиляція)	300 грн./гол	4500,00	25,43
Інвентар (годовниці, поїлки, брудери)	120 грн./гол	1800,00	10,17
Ветеринарія, вакцинація, профілактика	80 грн./гол	1200,00	6,78
Електроенергія, вода, непередбачені витрати	120 грн. /гол	1800,00	10,17
Всього витрат		17698,35	100,00

Висновки і пропозиції. Підводячи підсумок, можна зазначити, що:

– на сьогоднішній день виробництвом м'яса гусей займаються дуже мало. Тому існує перспектива розвитку даної галузі птахівництва в області.

– на основі розрахунків розробленої технології, а саме (встановлення нового обладнання для вирощування гусенят, використання породи важкого типу і застосування 3 фаз годівлі) отримано рівень рентабельності підприємства для Херсонської області та всього південного регіону на межі 15%. Чистого прибутку за перший рік роботи ферми отримано 2,7 млн. грн.

– реалізація інвестиційних надходжень передбачається в два етапи. В перший рік реалізації проекту планується оренда 1 га землі під забудову або реконструкція типового пташника розмірами 18 x 96 м, його технічне оснащення обладнанням, підведення комунікацій: доріг з твердим покриттям, 3-фазної мережі електричного струму, водоводу та каналізації, газу. На другому етапі (на другий рік реалізації проекту) планується придбання добових гусенят, вихід підприємства на проектну потужність. Для цього будуть потрібні інвестиції у розмірах 75% від загальних витрат на організацію роботи селянського фермерського господарства з гусівництва у перший рік роботи об'ємом – 13,2 млн. грн. Окупність розробленої технології виробництва м'яса гусей становить 4,9, тобто приблизно 5 років.

– розрахунки велися на основі одного пташника. У відповідності: реалізація, витрати та економічні показники переносяться на будь яку кількість запланованих приміщень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лаготюк В. О. Аналіз тенденцій розвитку галузі птахівництва в Україні. *Економіка та суспільство*. 2018. № 17. С. 59–63.
2. Івко І.І. Шляхи підвищення ефективності вітчизняного гусівництва. *Ефективне птахівництво*. 2010. №11. С.33–37.
3. Г. Бутт, Ж. Коренева, Г. Овчаренко. Одеський державний аграрний університет. Перспективи розведення гусей ескільдсен для малого бізнесу в Україні. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*. 2024, Issue 110. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4497/1/7.pdf> (дата звернення 02.04.2026)
4. Сокол О. Товарні характеристики продукції гусівництва. *Домашня ферма*. 2004. №1. С. 22-23.
5. Драус Б. Гуси у присадибному господарстві. *Сад, город, пасіка*. 2004. №4. С. 6-7.
6. Любенко О.І., Бойко А.О. Вирощування гусей для отримання жирної печінки в умовах фермерського господарства «Нива-2011» Голопристанського району Херсонської області. *Таврійський науковий вісник. Частина 2*. 2019. № 109. С. 77-83. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-2.12>
7. Копитець Н.Г. Маркетингове дослідження ринку м'яса птиці. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства: Економічні науки*. 2011. Вип. 112. С. 358–363.
8. Івко І.І. Рябініна О., Гунчак А., Кишко В. Інтенсивні технології вирощування і відгодівлі гусенят для отримання продукції, збагаченої активними речовинами. *Ефективне птахівництво*. 2011. №10. С.26–31.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 338.432:632.931.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.26>

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЛЬВІВЩИНИ

Кропивка С.Й. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та захисту довкілля,

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицькогоorcid.org/0000-0002-8095-276X**Калин Б.М.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та захисту довкілля,

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицькогоorcid.org/0000-0002-2230-5628**Хірівський П.Р.** – к.б.н.,

завідувач кафедри екології та захисту довкілля,

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицькогоorcid.org/0000-0001-7246-9260**Момут В.Я.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та захисту довкілля,

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицькогоorcid.org/0000-0002-8658-8196

Проаналізовано вплив сучасних кліматичних змін на врожайність зернових культур Львівської області на основі узагальнення наукових джерел, статистичних матеріалів, кліматичних показників, даних щодо динаміки температурного режиму, кількості атмосферних опадів, запасів продуктивної вологи в ґрунті та змін вегетаційного індексу NDVI. Досліджено особливості трансформації агрокліматичних умов регіону в умовах поступового підвищення середньорічної температури повітря, нерівномірного розподілу опадів і зростання частоти екстремальних погодних явищ. З'ясовано, що для Львівщини характерне поєднання періодів надмірного зволоження з короткочасними посухами, що негативно позначається на водному режимі ґрунтів, стабільності проходження фаз вегетації та формуванні врожайності зернових культур. Встановлено, що підвищення температурного фону частково сприяє подовженню вегетаційного періоду, однак одночасно посилює ризики теплового і водного стресу в критичні фази росту та розвитку рослин, зокрема під час колосіння, цвітіння й наливу зерна. Визначено, що для озимої пшениці та ячменю найбільш небезпечними є температурні аномалії у період формування генеративних органів, тоді як кукурудза особливо чутливо реагує на дефіцит ґрунтової вологи в період інтенсивного росту та цвітіння. Проаналізовано міжрічну мінливість урожайності зернових культур у регіоні та показано її залежність від коливань температури, режиму зволоження і частоти екстремальних погодних явищ. Представлено узагальнення щодо зв'язку між



© Кропивка С.Й., Калин Б.М., Хірівський П.Р., Момут В.Я., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

змiнами температури повітря, станом рослинного покриву за показниками NDVI та продуктивністю агроєкосистем Львівської області. Встановлено, що нестабільність запасів продуктивної вологи впродовж вегетаційного періоду є однією з характерних ознак сучасних кліматичних трансформацій і виступає важливим чинником зниження стійкості врожайності. Обґрунтовано, що за умов подальших кліматичних змін збереження стабільної продуктивності зернового господарства регіону потребує впровадження адаптивних агротехнологій, оптимізації структури посівних площ, використання кліматично стійких сортів, удосконалення систем управління вологою та застосування ґрунтозахисних заходів.

Ключові слова: температурний режим, режим атмосферних опадів, водний режим ґрунтів, агрокліматичні фактори, індекс NDVI, адаптивні агротехнології.

Kropyvka S.Y., Kalyn B.M., Khirivskyi P.R., Momut V.Ya. Impact of climate change on the yield of cereal crops in the Lviv region

The influence of current climate change on the yield of cereal crops in the Lviv region was analysed based on the generalisation of scientific sources, statistical data, climatic indicators, and information on the dynamics of temperature regime, precipitation amounts, soil productive moisture reserves, and changes in the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The transformation of agro-climatic conditions in the region under the conditions of gradual increase in the average annual air temperature, uneven distribution of precipitation, and increasing frequency of extreme weather events was investigated. It was found that the Lviv region is characterised by the alternation of periods of excessive moisture with short-term droughts, which negatively affects the soil water regime, the stability of vegetation phases, and the formation of cereal crop yields. It was established that the rise in temperature partly contributes to the extension of the growing season; however, it simultaneously increases the risks of heat and water stress during critical phases of plant growth and development, particularly during heading, flowering, and grain filling. It was determined that temperature anomalies during the period of generative organ formation are most critical for winter wheat and barley, while maize is particularly sensitive to soil moisture deficiency during the stages of intensive growth and flowering. The interannual variability of cereal crop yields in the region was analysed and its dependence on temperature fluctuations, moisture regime, and the frequency of extreme weather events was demonstrated. A generalisation of the relationships between changes in air temperature, vegetation cover condition according to NDVI indicators, and the productivity of agroecosystems of the Lviv region is presented. It was established that the instability of productive soil moisture reserves during the growing season is one of the characteristic features of modern climatic transformations and acts as an important factor reducing yield stability. It is substantiated that under conditions of further climate change, maintaining stable productivity of cereal production in the region requires the introduction of adaptive agricultural technologies, optimisation of crop structure, the use of climate-resilient varieties, improvement of moisture management systems, and the implementation of soil conservation measures.

Key words: temperature regime, precipitation regime, soil water regime, agroclimatic factors, NDVI index, adaptive agricultural technologies.

Актуальність теми дослідження. Кліматичні зміни є одним із ключових чинників трансформації сучасних агроєкосистем, що безпосередньо впливають на продуктивність сільського господарства та стабільність продовольчого забезпечення. Підвищення середньорічної температури повітря, зміна режиму атмосферних опадів і зростання частоти екстремальних погодних явищ формують нові агрокліматичні умови ведення землеробства та зумовлюють підвищення ризиків нестабільної врожайності основних сільськогосподарських культур. Особливо чутливими до таких змін є зернові культури, продуктивність яких значною мірою залежить від температурного режиму, забезпеченості вологою та стабільності погодних умов у критичні фази розвитку рослин.

Для України проблема адаптації аграрного виробництва до кліматичних трансформацій набуває особливого значення, оскільки зернове господарство є важливою складовою національної продовольчої безпеки та аграрної економіки. У різних природно-кліматичних зонах країни спостерігаються відмінності у характері проявів кліматичних змін, що зумовлює необхідність регіональних досліджень

їх впливу на продуктивність сільськогосподарських культур. Для західного регіону України, зокрема Львівської області, характерними є зміни температурного режиму, нерівномірність опадів і зростання міжрічної мінливості погодних умов, що впливає на водний режим ґрунтів і формування врожайності зернових культур.

У зв'язку з цим дослідження впливу сучасних кліматичних змін на продуктивність зернових культур у Львівській області є важливим для оцінювання агрокліматичних ризиків, визначення тенденцій змін урожайності та обґрунтування напрямів адаптації аграрного виробництва до умов змінного клімату.

Постановка проблеми. Вплив кліматичних змін на сільськогосподарське виробництво має комплексний характер і проявляється через трансформацію температурного режиму, зміну режиму атмосферних опадів та зростання частоти екстремальних погодних явищ. Ці процеси безпосередньо впливають на функціонування агроєкосистем, продуктивність культур і стабільність аграрного виробництва. Підвищення температури повітря, нерівномірний розподіл опадів і частіші посухи або надмірні зливи можуть призводити до порушення фаз розвитку рослин, деградації ґрунтів, ерозійних процесів і зниження врожайності сільськогосподарських культур [1, 3].

За результатами міжнародних досліджень встановлено, що кліматичні трансформації вже мають відчутний вплив на продуктивність основних зернових культур у різних регіонах світу. Зокрема, підвищення температури та дефіцит вологи негативно позначаються на врожайності пшениці, кукурудзи та інших культур, що становлять основу продовольчої безпеки багатьох країн [16–18]. Водночас у деяких північних регіонах певне потепління може тимчасово сприяти подовженню вегетаційного періоду та збільшенню врожайності окремих культур, однак такі ефекти є нестійкими і можуть нівелюватися зростанням температурного та водного стресу в критичні фази розвитку рослин [17, 19].

Для України проблема впливу кліматичних змін на продуктивність сільського господарства набуває особливого значення, оскільки аграрний сектор є однією з ключових галузей національної економіки. На території країни спостерігається тенденція до поступового підвищення середньорічної температури повітря, зміни тривалості вегетаційного періоду та посилення міжрічної мінливості погодних умов, що впливає на агрокліматичні ресурси і можливості вирощування сільськогосподарських культур [1, 13, 14, 20]. Особливо чутливими до таких змін є зернові культури, продуктивність яких значною мірою залежить від температури, забезпеченості вологою та стабільності погодних умов у період вегетації [5].

Для західного регіону України, зокрема Львівської області, характерними є специфічні прояви кліматичних змін, що пов'язані зі змінами режиму опадів, підвищенням температурного фону та збільшенням частоти екстремальних погодних явищ. Незважаючи на відносно сприятливі природно-кліматичні умови, у регіоні спостерігається зростання міжрічної мінливості врожайності зернових культур, що пов'язано як із кліматичними факторами, так і зі змінами агротехнологій [6–8].

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених впливу кліматичних змін на аграрне виробництво, регіональні особливості цього процесу залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, потребує уточнення взаємозв'язок між змінами кліматичних показників і продуктивністю зернових культур у західному регіоні України, що є необхідним для оцінювання агрокліматичних ризиків та розроблення ефективних адаптаційних заходів у землеробстві [9–10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема впливу кліматичних змін на продуктивність сільського господарства є предметом активних досліджень

у світовій та вітчизняній науковій літературі. У роботах багатьох дослідників підкреслюється, що підвищення середньорічної температури повітря, зміна режиму атмосферних опадів та зростання частоти екстремальних погодних явищ істотно впливають на функціонування агроєкосистем і формування врожайності основних сільськогосподарських культур [1, 3]. Зокрема, у міжнародних дослідженнях зазначається, що кліматичні зміни можуть призводити до порушення фаз розвитку рослин, посилення теплового і водного стресу та зниження стабільності врожайності зернових культур [16–18].

У працях українських учених значна увага приділяється аналізу агрокліматичних ресурсів та їх впливу на продуктивність агроєкосистем. Дослідники відзначають, що на території України спостерігається поступове підвищення температурного фону та зміни у розподілі атмосферних опадів, що впливає на тривалість вегетаційного періоду і водний режим ґрунтів [2, 4]. У наукових роботах також підкреслюється, що продуктивність зернових культур значною мірою визначається поєднанням кліматичних чинників, серед яких найбільш важливими є температура повітря, забезпеченість вологою та частота екстремальних погодних явищ [5, 6]. Окремі дослідження свідчать, що в умовах кліматичних змін підвищується роль адаптивних агротехнологій, оптимізації структури посівних площ і використання стійких сортів культур [7, 9].

Водночас у науковій літературі відзначається, що реакція сільськогосподарських культур на кліматичні зміни має значні регіональні особливості. Для західного регіону України характерні специфічні поєднання температурного режиму, зволоження та ґрунтових умов, які можуть суттєво впливати на формування врожайності зернових культур [8, 10]. Окремі дослідження показують, що поряд із кліматичними чинниками важливу роль відіграють агротехнологічні фактори, зокрема застосування сучасних систем землеробства та підвищення ефективності використання природних ресурсів [14, 15].

Незважаючи на значний обсяг наукових праць, питання комплексного аналізу взаємозв'язку між кліматичними показниками та динамікою врожайності зернових культур на регіональному рівні залишається недостатньо висвітленим. Зокрема, для Львівської області потребує подальшого дослідження вплив сучасних кліматичних трансформацій на продуктивність зернових культур із урахуванням змін температурного режиму, режиму опадів та стану рослинного покриву, що зумовлює необхідність проведення відповідних наукових досліджень.

Методика досліджень. Матеріальною основою дослідження стали статистичні дані щодо врожайності зернових культур у Львівській області за останні роки, матеріали державної статистичної звітності, зокрема дані Державної служби статистики України, а також кліматичні показники, що характеризують сучасні тенденції зміни клімату в регіоні. У роботі використано дані про середньорічну температуру повітря, кількість атмосферних опадів, особливості їх розподілу протягом року та частоту прояву екстремальних погодних явищ. Додатково проаналізовано зміни стану рослинного покриву за показниками вегетаційного індексу NDVI, який широко застосовується для оцінювання продуктивності рослинності. Також використано матеріали аналітичних звітів міжнародних і національних організацій у сфері зміни клімату та розвитку сільського господарства.

У процесі дослідження застосовано комплекс загальнонаукових методів. Метод аналізу та узагальнення наукових джерел використано для вивчення сучасних підходів до оцінювання впливу кліматичних змін на продуктивність сільськогосподарських культур. Статистичний метод застосовано для аналізу динаміки

врожайності зернових культур і змін кліматичних показників у регіоні. Порівняльний метод використано для оцінювання змін агрокліматичних умов у різні періоди. Для наочного відображення отриманих результатів та виявлення основних тенденцій застосовано графічний метод.

Результати досліджень. Зміна клімату є одним із ключових глобальних чинників трансформації аграрного виробництва, що впливає на продуктивність рослинництва, стан ґрунтового покриву та стабільність агроландшафтів. За оцінками Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (ІРСС), підвищення середньорічної температури, зростання частоти екстремальних погодних явищ та зміна режиму опадів уже мають відчутний вплив на аграрні системи Європи [20]. Для України ці процеси проявляються у зміні агрокліматичних зон, посиленні посушливості у південних регіонах та зростанні кліматичної нестабільності у західній частині країни.

Підвищення температури повітря та нерівномірність розподілу опадів призводять до зниження врожайності стратегічних культур у регіонах із дефіцитом вологи, зокрема пшениці та кукурудзи. Тепловий стрес у критичні фази розвитку рослин (цвітіння, формування зерна) порушує процеси фотосинтезу та знижує ефективність використання поживних речовин [4, 7, 12]. Водночас у північних регіонах певне потепління може сприяти подовженню вегетаційного періоду, що частково компенсує негативний вплив температурного чинника.

Зростання частоти екстремальних погодних явищ – весняних заморозків після раннього потепління, інтенсивних злив та градобоїв – формує додаткові ризики для аграрного виробництва [13, 14, 16–20]. Зміна кліматичних умов також сприяє розширенню ареалу шкідників і фітопатогенів, оскільки теплі зими забезпечують їх високу виживаність. Інтенсивні опади та скорочення тривалості снігового покриву посилюють процеси водної ерозії, особливо в умовах схилових агроландшафтів Передкарпаття. Втрата гумусового горизонту знижує родючість і водоутримувальну здатність ґрунтів. Одночасно підвищення температури пришвидшує мінералізацію органічної речовини, що веде до зменшення вмісту гумусу та вивільнення додаткового обсягу вуглекислого газу в атмосферу, посилюючи парниковий ефект [13].

Структура посівних площ сільськогосподарських культур у Львівській області свідчить про домінування зернових культур у загальній структурі агровиробництва, що відображено на рис. 1.

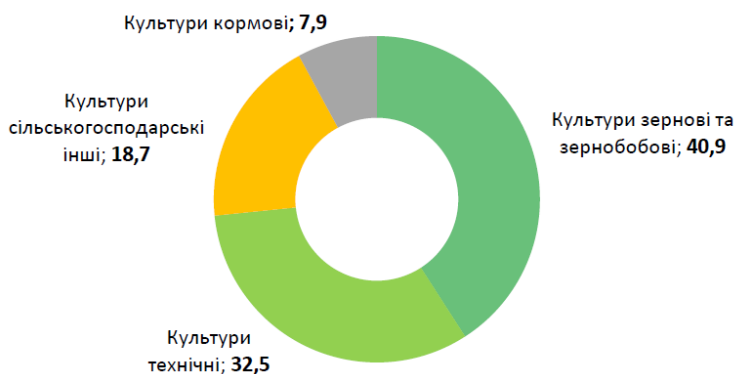


Рис. 1. Структура посівних площ сільськогосподарських культур (у % до загальної посівної площі)

Львівська область розташована у помірно-вологій кліматичній зоні із середніми літніми температурами 16–19 °С та середньою річною кількістю опадів 600–1000 мм, що створює сприятливі умови для вирощування пшениці, жита, овочевих культур та кормових трав [7, 10]. Водночас сучасні кліматичні зміни проявляються у зростанні температурних аномалій, нерівномірності розподілу опадів та частішанні екстремальних погодних явищ, що безпосередньо впливає на продуктивність агровиробництва.

Пшениця (озима та яра) реагує на зміну температурного режиму та умов зволоження скороченням окремих фаз розвитку. Підвищення температури у період цвітіння та наливу зерна може призводити до зменшення маси 1000 зерен і зниження потенційної врожайності. Аналіз агрокліматичних показників свідчить, що кліматичні зміни є одним із чинників підвищеної міжрічної мінливості врожайності зернових культур.

Кукурудза є особливо чутливою до дефіциту ґрунтової вологи у фазах інтенсивного росту та цвітіння. За прогнозами кліматичних змін частота посушливих періодів у літній період може зростати, що призводить до водного стресу та зниження врожайності. За загальними оцінками, внаслідок змін температури та режиму опадів можливі недобори врожаю зернових культур до 35–40 % для кукурудзи і 22–25 % для ячменю порівняно з багаторічними середніми показниками.

Взаємозв'язок між змінами температурного режиму, значеннями вегетаційного індексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) та врожайністю основних культур у регіоні простежується у часовій динаміці (рис. 2).

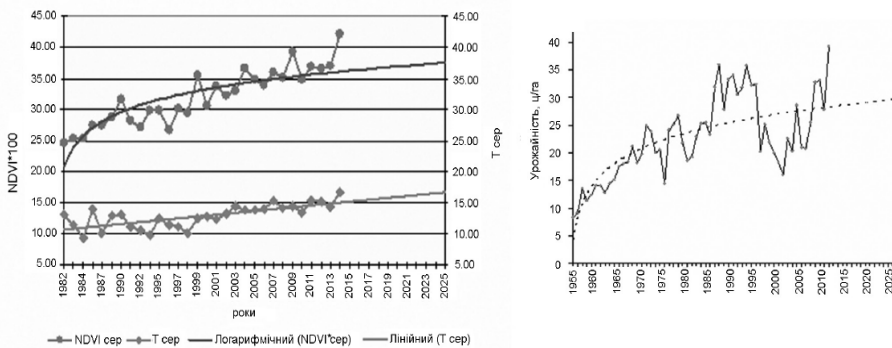


Рис. 2. Динаміка підвищення температури, NDVI та врожайності Львівської області

Порівняльний аналіз даних дозволяє оцінити наявність зв'язку між підвищенням температури та змінами NDVI, а також вплив кліматичних коливань на міжрічну мінливість урожайності. Зокрема, зниження значень NDVI у липні–серпні корелює з періодами літніх посух, що свідчить про пригнічення фотосинтетичної активності посівів.

Особливості погодних умов упродовж досліджуваного періоду ілюструють дані, наведені на рис. 3.

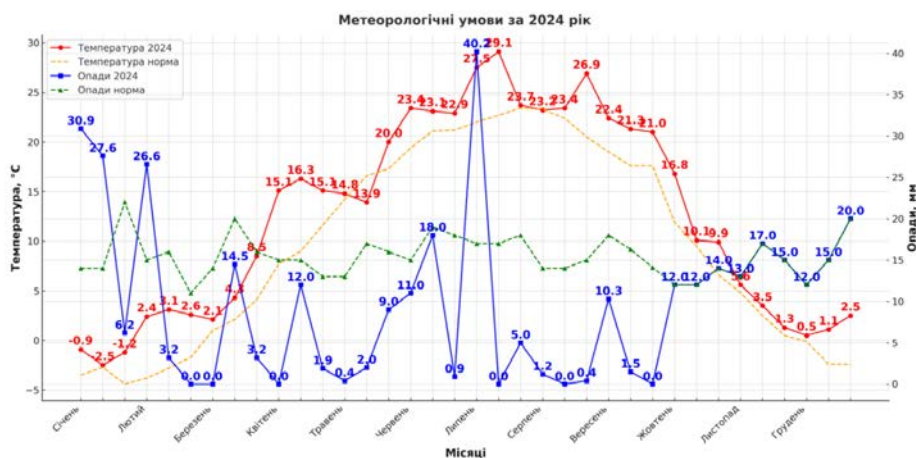


Рис. 3. Погодні умови за 2024 рік

Аналіз графіка свідчить про міжрічну мінливість запасів води, що пов'язано з нерівномірністю розподілу атмосферних опадів та підвищенням температурного фону. Міжрічну динаміку запасів продуктивної води у ґрунті в сівозміні протягом 2022–2024 рр. представлено на рис. 4.

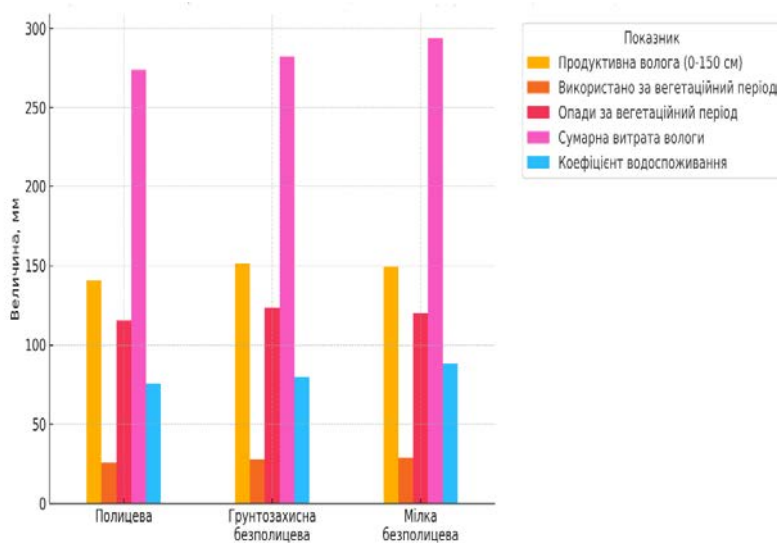


Рис. 4. Динаміка запасів води по сівозміні за 2022–2024 рр.

Зменшення запасів продуктивної води в окремі фази росту культур може бути зумовлене підвищенням температури повітря та посиленням випаровування, збільшенням частоти короткочасних інтенсивних опадів, які не забезпечують рівномірного зволоження ґрунтового профілю, а також скороченням періоду снігового покриву і зменшенням весняного водонакопичення.

Отримані результати свідчать про зростання агрокліматичних ризиків у регіоні та підтверджують вплив кліматичних змін на водний режим ґрунтів і продуктивність агроєкосистем Львівської області. Підвищення температури сприяє подовженню вегетаційного періоду, однак одночасно зростає частота екстремальних погодних явищ – весняних заморозків, літніх посух та зливових опадів, що знижують стабільність урожайності.

Для озимої пшениці та ячменю критичними є температурні аномалії у фазах колосіння та наливу зерна, тоді як кукурудза особливо чутливо реагує на дефіцит ґрунтової вологи у період цвітіння. Міжрічна мінливість врожайності зернових культур у регіоні зростає, що свідчить про підвищення агрокліматичних ризиків.

Отримані результати підкреслюють необхідність подальшого аналізу впливу кліматичних чинників на продуктивність агроєкосистем та формування адаптаційних підходів до ведення сільського господарства в умовах змінного клімату.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження підтвердило, що сучасні кліматичні зміни істотно впливають на функціонування агроєкосистем і продуктивність рослинництва. Підвищення середньорічної температури повітря, нерівномірний розподіл атмосферних опадів та зростання частоти екстремальних погодних явищ зумовлюють підвищення міжрічної мінливості врожайності зернових культур і посилення агрокліматичних ризиків.

Для умов Львівської області характерним є поєднання періодів надмірного зволоження з короткочасними посушливими фазами, що впливає на водний режим ґрунтів і формування врожайності сільськогосподарських культур. Встановлено, що підвищення температурного фону сприяє подовженню вегетаційного періоду, однак водночас підсилює ризики теплового та водного стресу у критичні фази розвитку рослин.

Аналіз кліматичних показників, динаміки вегетаційного індексу NDVI та врожайності культур свідчить про наявність взаємозв'язку між змінами температурного режиму, станом рослинного покриву та продуктивністю агроєкосистем регіону. Отримані результати підтверджують необхідність впровадження адаптивних агротехнологій, оптимізації структури посівних площ, використання кліматично стійких сортів культур та вдосконалення систем управління водними ресурсами.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з поглибленим аналізом взаємозв'язку між кліматичними показниками, вегетаційними індексами дистанційного зондування Землі та врожайністю сільськогосподарських культур. Подальші наукові роботи доцільно спрямувати на моделювання впливу кліматичних сценаріїв на продуктивність зернових культур у Львівській області та розроблення ефективних адаптаційних стратегій ведення сільського господарства в умовах змінного клімату. Отримані результати можуть бути використані як наукова основа для оцінювання агрокліматичних ризиків та планування адаптаційних заходів у регіональних системах аграрного виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шевченко О. В. Вплив змін клімату на використання сільськогосподарських земель в Україні. Збалансоване природокористування. 2023. № 4. С. 108–114. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292725>
2. Сахненко В. В., Сахненко Д. В. Динаміка чисельності основних шкідливих видів комах на зернових культурах у сучасних агроценозах. Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». 2018. № 1. С. 146–151. URL: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/04/znp-1-2018.pdf>

3. Luck J., Spackman M., Freeman A., Trebicki P., Griffiths W., Finlay K. et al. Climate change and diseases of food crops. *Plant Pathology*. 2011. Vol. 60. P. 113–121. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02414.x>
4. Войтків П. С. Технології захисту та відновлення ґрунтів : метод. посіб. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2022. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/04/Voytkiv-Tekhnolohii-zakhystu-ta-vidnovlennia-hruntiv-book2022.pdf>
5. Панас Р. М. Екологія ґрунтів : навч. посіб. Київ : Новий Світ-2000, 2021. URL: <https://ns2000.com.ua/wp-content/uploads/2021/03/Ekologhiia-hruntiv-navch.-posibnyk.pdf>
6. Балок С. А., Тимченко Д. О., Гічка М. М., Куценко М. В., Бураков В. І. та ін. Науково-прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні. Харків : ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», 2010. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/212f1ac0-9e77-4186-a9e5-3584ab947aba/content>
7. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Каленська С. М., Єрмакова Л. М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця : Вінницький національний аграрний університет, 2011. URL: <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/3663.pdf>
8. Екологічні основи збалансованого природокористування в агросфері / за ред. С. П. Сонька, Н. В. Максименко. Харків : Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2015. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054272.pdf>
9. Державна служба статистики України. Офіційний вебсайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
10. Ємельянов М. О., Шелестов А. Ю., Яїлимова Г. О., Шуміло Л. Л. Вплив змін клімату на площі основних сільськогосподарських культур. *Космічна наука і технологія*. 2022. Т. 28, № 2. С. 30–38. DOI: <https://doi.org/10.15407/knit2022.02.030>
11. Безуглий М. Д., Присяжнюк М. В. Сучасний стан реформування агропромислового комплексу України. Київ : Аграрна наука, 2012. URL: <https://agro-science.com.ua>
12. Третяк А. М., Третяк В. М., Третяк Н. А. Земельна реформа в Україні: тенденції та наслідки в контексті якості життя та безпеки населення. Херсон : Грінь Д. С., 2017.
13. Оцінка впливу змін клімату на галузі економіки України / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса : Екологія, 2011. URL: <http://engo.osenu.org.ua/metodychni-rozrobky/vydannia/otsinka-vplyvuklimatychnyh-zmin-na-haluzi-ekonomiky-ukrajiny/>
14. Адаменко Т. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що потрібно знати аграріям. Київ : Німецько-український аграрно-політичний діалог, 2019. URL: https://www.apd-ukraine.de/fileadmin/user_upload/Hanbuecher/Zmina_klimatu_v_Ukrajini_web3.pdf
15. Kałyn B., Kropyvka S., Paraniak R., Momut V., Zhuk M. Environmentally oriented yield monitoring as a tool for adaptation to climate change. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*. 2025. Vol. 27, № 103. P. 290–297. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10335>
16. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*. 2016. Vol. 529. P. 84–87. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature16467>
17. Lobell D. B., Schlenker W., Costa-Roberts J. Climate trends and global crop production since 1980. *Science*. 2011. Vol. 333, № 6042. P. 616–620. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1204531>

18. Parry M. L., Rosenzweig C., Iglesias A., Livermore M., Fischer G. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*. 2004. Vol. 14, № 1. P. 53–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2003.10.008>.

19. Yuan X., Zhang T., Chen F. Impacts of global climate change on agricultural production: A comprehensive review. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, № 7. Article 1360. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14071360>.

20. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Geneva : IPCC, 2023. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 636.4 / 57.087.01

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.27>

ЗВ'ЯЗОК ТРИВАЛОСТІ ПОРОСНОСТІ ІЗ ВІДТВОРЮВАЛЬНИМИ ЯКОСТЯМИ СВИНОМАТОК

Луговий С. І. – д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри технології виробництва продукції тваринництва,
Миколаївський національний аграрний університет
<https://orcid.org/0000-0001-6505-8105>

Шевченко П.В. – аспірант кафедри технології виробництва продукції
тваринництва,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0001-7809-5965

Незважаючи на наявність відомостей щодо відтворювальних якостей свиноматок залежно від тривалості їх поросності, вплив тривалості внутрішньоутробного розвитку на інтенсивність росту, продуктивність, забійні та м'ясні якості свиней вивчено недостатньо, що зумовлює актуальність подальших досліджень. Головною метою даної роботи був аналіз зв'язку тривалості поросності із відтворювальними якістьми свиноматок. У роботі було використано первинні дані щодо відтворювальних ознак повновікових помісних свиноматок – (велика біла × ландрас) × п'єтрин – що утримувалися в умовах СГПП «Техмет-Юг» Миколаївської області. Для кожної тварини було оцінено наступні відтворювальні ознаки: тривалість поросності (із градаціями ≤114 днів, 115, 116, 117, 118, 119 та ≥120 днів), загальна кількість порослят при народженні, багатоплідність, кількість порослят при відлученні, кількість живонароджених кнуриців та свинок у гнізді, кількість та частка мертвонароджених порослят у гнізді, великоплідність, вирівняність гнізда та збереженість порослят до відлучення.

Встановлено, що для більшості відтворювальних ознак мав місце криволінійний зв'язок із тривалістю поросності свиноматок. При аналізі залежності відтворювальних ознак свиноматок від тривалості їх поросності було встановлено наявність двох груп ознак, що характеризувалися різним напрямком цього зв'язку. До першої групи можна віднести розмір гнізда (як при народженні, так і при відлученні), а також рівень мертвонародженості. Для цих ознак оптимальні значення спостерігалися у свиноматок із крайніми термінами поросності (≤114 або ≥119 днів), тоді як за тривалості, близької до середньої (116-118 днів), відмічено відносно погіршення цих показників. Натомість, за другою групою ознак (великоплідність, вирівняність гнізда та збереженість порослят до відлучення), навпаки, оптимальні значення було відмічено у свиноматок із тривалістю поросності 115-117 днів, тоді як за крайніх значень (114 або 120 днів) ці показники були найнижчими.

Ключові слова: свиноматки, відтворювальні якості, тривалість поросності

Luhovyi S.I., Shevchenko P.V. Relationship between gestation length and reproductive performance of sows

Despite the availability of data on the reproductive performance of sows depending on gestation length, the influence of embryonic development duration on growth intensity, productivity, slaughter traits, and meat quality of pigs remains insufficiently studied, which underscores the relevance of further research. The main objective of this study was to analyze the relationship between gestation length and the reproductive traits of sows. Primary data on the reproductive characteristics of multiparous crossbred sows – (Large White × Landrace) × Pietrain – kept under the conditions of the agricultural enterprise "Tekhmet-Yuh" (Mykolaiv



region) were used in the study. For each animal, the following reproductive traits were evaluated: gestation length (categorized as ≤ 114 days, 115, 116, 117, 118, 119, and ≥ 120 days), total number of piglets at birth, litter size, number of piglets at weaning, number of live-born male and female piglets per litter, number and proportion of stillborn piglets per litter, individual birth weight, litter uniformity, and piglet survival to weaning.

It was established that most reproductive traits showed a curvilinear relationship with sow gestation length. Analysis of the dependence of reproductive traits on gestation duration revealed two groups of traits characterized by different directions of association. The first group included litter size (both at birth and at weaning) as well as the level of stillbirths. For these traits, the most favorable values were observed in sows with extreme gestation lengths (≤ 114 or ≥ 119 days), whereas at durations close to the mean (116–118 days) a relative decline in these indicators was noted. In contrast, the second group of traits (individual birth weight, litter uniformity, and piglet survival to weaning) demonstrated optimal values in sows with gestation lengths of 115–117 days, while at extreme values (114 or 120 days) these indicators were the lowest.

Key words: sows, reproductive performance, gestation length.

Постановка проблеми. Рівень відтворювальних ознак свиней істотно визначає ефективність галузі свинарства та виробництво племінної й товарної продукції. Тривалість поросності (поряд із багатоплідністю та великоплідністю) є важливим показником внутрішньоутробного розвитку, що відображає життєздатність та майбутню продуктивність тварин і залежить від породних та індивідуальних особливостей, кількості плодів під час поросності, сезону, умов утримання й годівлі, а також віку свиноматки [3].

У різних порід тривалість поросності зазвичай становить 112–118 днів (у середньому 114–115 днів) із загальними коливаннями 109–133 днів, хоча значні відхилення трапляються рідко й можуть мати патологічний характер. Тривалість поросності була коротшою у дрібніших свиноматок, довшою – за розвитку плодів чоловічої статі та у первісток [8].

Тривалість поросності як критерій відтворювальної здатності пов'язана зі ступенем зрілості новонароджених. За її середнього значення (114–115 днів) отримують близько 2,0 опоросів на рік, а за осіменіння після раннього відлучення – 2,1...2,3 і більше. Але скорочення цього періоду може знижувати внутрішньоутробну зрілість порослят [7].

Незважаючи на наявність відомостей щодо відтворювальних якостей свиноматок залежно від тривалості поросності, вплив тривалості внутрішньоутробного розвитку на інтенсивність росту, продуктивність, забійні та м'ясні якості свиней вивчено недостатньо, що зумовлює актуальність подальших досліджень [4].

У дослідженні [1] було встановлено, що оптимальною для свиногомплексів є тривалість поросності 114–115 днів. За цієї тривалості багатоплідність свиней дослідних груп перевищувала контроль на 14,2% і 16,4% відповідно, а великоплідність була вірогідно вищою ($P < 0,01$). Також було показано, що тривалість поросності практично не відрізнялася у свиноматок із мертвнонародженими порослятами [1]. Аналіз розподілу опоросів за строками поросності свідчив, що найбільша їх частка припадала на 112–114 добу, коли народжується максимальна кількість порослят у гнізді [3].

Встановлено, що порослята від свиноматок зі скороченою тривалістю поросності мали нижчу масу при народженні, однак у подальшому характеризувалися вищою інтенсивністю росту та кращими гематологічними показниками (еритроцити, гемоглобін, загальний білок). Це свідчить про зв'язок енергії росту з фізіологічним станом організму та доцільність урахування тривалості ембріонального розвитку в селекційній роботі [5].

У роботі [6] було встановлено, що тривалість поросності практично не корелювала із іншими показниками відтворювальної здатності, тоді як багатоплідність мала тісний негативний зв'язок зі збереженістю порослят, а маса гнізда при відлученні позитивно корелювала з кількістю порослят та їх індивідуальною масою ($P < 0,001$). За тривалості поросності 114-116 днів спостерігалися кращі показники багатоплідності, збереженості та кількості порослят при відлученні, тоді як при тривалості поросності ≥ 117 днів – вища молочність та маса гнізда. Сила впливу тривалості поросності на відтворювальні ознаки становила 2,4...8,1 %, а кореляційні зв'язки мали переважно слабкий характер [7].

Дані багаторічного аналізу свідчили, що тривалість поросності була найбільш консолідованою ознакою і мала мінімальний рівень кореляції з іншими відтворювальними показниками ($r = 0,009...0,082$) [9]. А поділ свиноматок на класи за тривалістю поросності не виявив вірогідних відмінностей за відтворювальною здатністю; встановлені кореляції були незначними, що обмежує використання цієї ознаки як селекційного критерію [10].

Постановка завдання. Метою даної роботи був аналіз зв'язку тривалості поросності із відтворювальними якостями свиноматок.

Матеріали і методи досліджень. У роботі було використано первинні дані щодо відтворювальних ознак повновікових помісних свиноматок – (велика біла $\times$ ландрас) $\times$ п'єтрен – що утримувалися в умовах СГПП «Техмет-Юг» Миколаївської області.

Для кожної тварини було оцінено наступні відтворювальні ознаки: тривалість поросності (із градаціями ≤ 114 днів, 115, 116, 117, 118, 119 та ≥ 120 днів), загальна кількість порослят при народженні (TNB), багатоплідність (NBA), кількість порослят при відлученні (NW), кількість живонароджених кнурців та свинок у гнізді, кількість та частка мертвонароджених порослят у гнізді (SB), великоплідність, вирівняність гнізда та збереженість порослят до відлучення.

Для кожної групи свиноматок із відповідною тривалістю поросності було розраховано оцінки середнього арифметичного та його статистичної помилки. Для виявлення залежності відтворювальних ознак від тривалості поросності було використано апроксимацію лінійною моделлю чи нелінійними моделями із визначенням коефіцієнта детермінації (R^2) у якості оцінки ступеня адекватності апроксимації вихідних даних.

Весь математико-статистичний аналіз було проведено на підставі алгоритмів, що описано у посібнику [2] із використанням табличного редактора MS Excel.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виявлено, що тривалість поросності помісних свиноматок асоціювалася з варіабельністю їхніх відтворювальних показників (рис. 1). Зокрема, найвищі значення загальної кількості порослят при народженні відмічено у свиноматок із тривалістю поросності ≤ 114 днів (13,6 гол.) та 119 днів (12,9 гол.). Натомість мінімальний рівень цього показника зафіксовано у тварин із тривалістю поросності 117 днів (11,7 гол.).

Аналогічна тенденція простежувалася і щодо багатоплідності: максимальні її значення встановлено у свиноматок із тривалістю поросності ≤ 114 днів (12,6 гол.) та 119 днів (12,2 гол.), тоді як найнижчий показник відзначено при тривалості поросності 117 днів (10,7 гол.). Найвищі показники загальної кількості порослят при відлученні встановлено у свиноматок із тривалістю поросності ≤ 114 днів (10,8 гол.) та 119 днів (10,6 гол.). Водночас мінімальні значення цього показника зафіксовано у тварин із тривалістю поросності 117-118 днів (9,7...9,8 гол.).

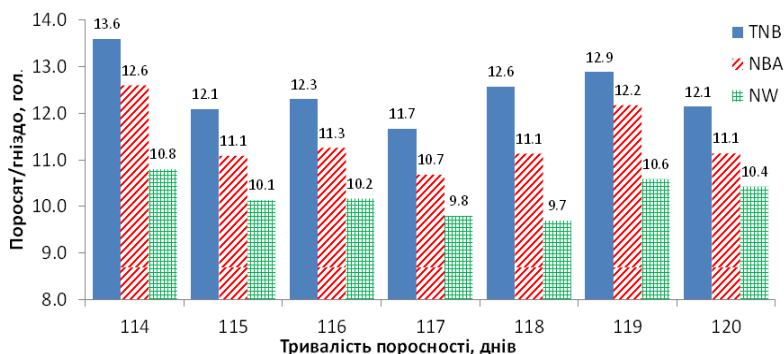


Рис. 1. Зв'язок тривалості поросності із загальною кількістю поросят при народженні (TNB), багатоплідністю (NBA) та кількістю поросят при відлученні (NW) помісних свиноматок

Щодо статевого співвідношення новонароджених поросят у гнізді, для кнурців і свинок виявлено принципово різний характер зв'язку з тривалістю поросності свиноматок (рис. 2). Зокрема, для кількості новонароджених свинок простежувалася майже лінійна зворотна залежність від тривалості поросності помісних свиноматок: за коротких термінів поросності середня кількість свинок у гнізді була максимальною (6,0 гол.), тоді як за подовження поросності понад 120 днів цей показник знижувався до мінімальних значень (5,0 гол.). Загалом встановлено, що подовження тривалості поросності на 1 день супроводжувалося зменшенням кількості свинок у гнізді в середньому на 0,17 гол.

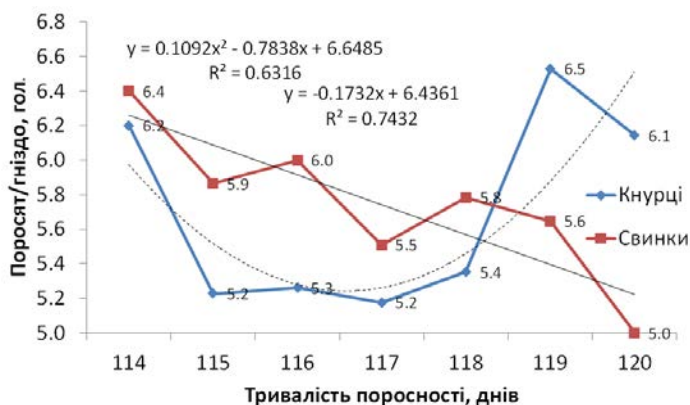


Рис. 2. Зв'язок тривалості поросності із кількістю кнурців та свинок при народженні у гнізді помісних свиноматок

Водночас для кількості кнурців характер зв'язку з тривалістю поросності був нелінійним. Мінімальні значення цього показника (5,2...5,3 гол.) відзначено у свиноматок із тривалістю поросності, близькою до середньої (115-117 днів). Як скорочення, так і подовження поросності зумовлювало зростання середньої кількості кнурців у гнізді, яка досягала свого максимуму (6,1...6,5 гол.) за тривалості поросності ≤ 114 або ≥ 120 днів.

Криволінійний характер також мала залежність рівня мертвонародженості від тривалості поросності (рис. 3). Найнижчу частку мертвонароджених поросят у гнізді зафіксовано у свиноматок із тривалістю поросності ≤ 114 днів (7,4%). Із подовженням поросності цей показник поступово зростає, досягаючи максимуму (11,4%) у тварин із тривалістю поросності 118 днів. Разом із тим за тривалості поросності понад 119 днів відмічено тенденцію до зниження частки мертвонароджених поросят у гнізді помісних свиноматок (5,5...8,2%).

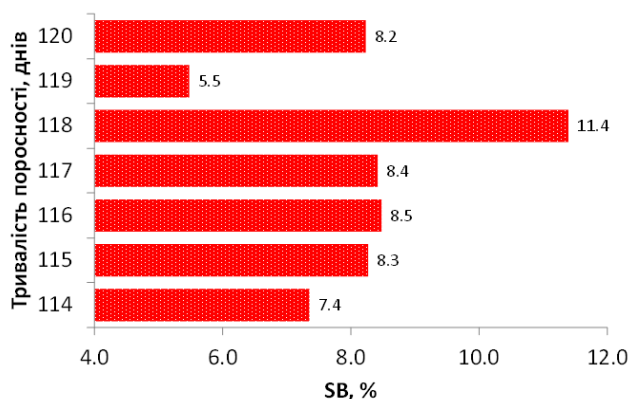


Рис. 3. Зв'язок тривалості поросності із часткою мертвонароджених поросят у гнізді (SB) помісних свиноматок

Встановлено, що тривалість поросності впливала на розподіл помісних свиноматок за кількістю мертвонароджених поросят у гнізді (рис. 4). Найвищу частку гнізд без жодного мертвонародженого поросеня зафіксовано у свиноматок із тривалістю поросності 119 днів (64,7%), а також у тварин із показниками, близькими до середнього рівня (116-117 днів). Водночас для крайніх варіантів тривалості поросності (≤ 114 днів або ≥ 120 днів) відзначено найвищу частку гнізд, у яких реєстрували щонайменше одне мертвонароджене поросеня – 60,0% та 71,4% відповідно.

Таким чином, рівень мертвонародженості у помісних свиноматок зазнає впливу стабілізуючого відбору, що проявляється залежно від тривалості поросності.

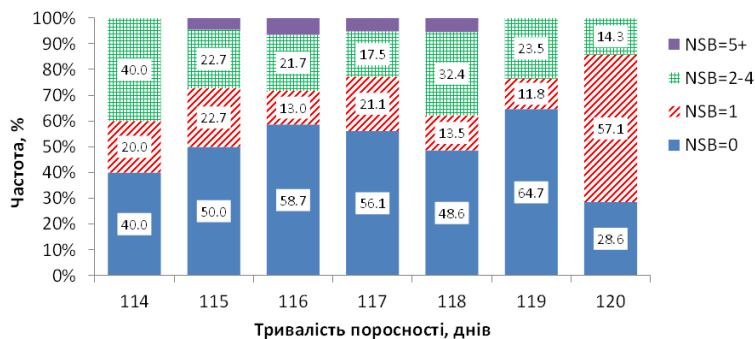


Рис. 4. Зв'язок тривалості поросності із розподілом помісних свиноматок за кількістю мертвонароджених поросят у гнізді (NSB)

Найвищу ймовірність появи у гнізді щонайменше одного мертвонародженого поросля продемонстрували свиноматки з екстремальними значеннями тривалості поросності – дуже короткою (≤ 114 днів) або, навпаки, подовженою (≥ 120 днів).

Крім того, між тривалістю поросності помісних свиноматок і показниками великоплідності встановлено нелінійну залежність (рис. 5).

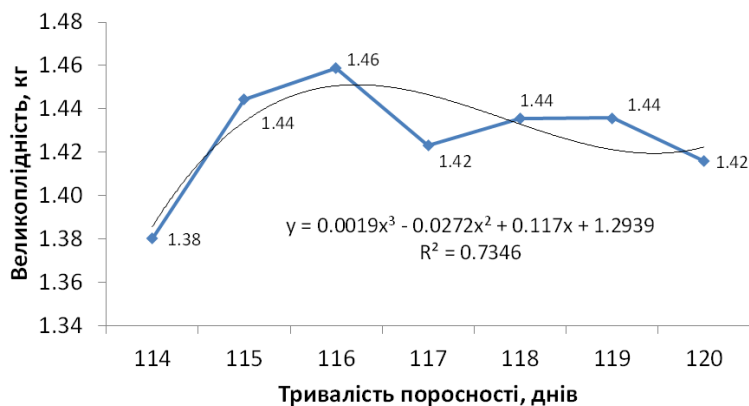


Рис. 5. Зв'язок тривалості поросності із великоплідністю порослят помісних свиноматок

Із подовженням поросності значення великоплідності зростали, досягаючи максимуму (1,46 кг) у свиноматок із тривалістю поросності 116 днів, після чого спостерігалось їх незначне, поступове зниження.

Мінімальні значення показника великоплідності зафіксовано у свиноматок із максимальною тривалістю поросності (≥ 120 днів) – 1,42 кг, а також у тварин із найкоротшою поросністю (< 114 днів) – 1,38 кг. Таким чином, найбільш виражені значення великоплідності характерні для свиноматок з оптимальною тривалістю поросності (116-117 днів).

Найбільш виражений прояв стабілізуючого відбору за показником тривалості поросності встановлено щодо вирівняності гнізда у помісних свиноматок (рис. 6).

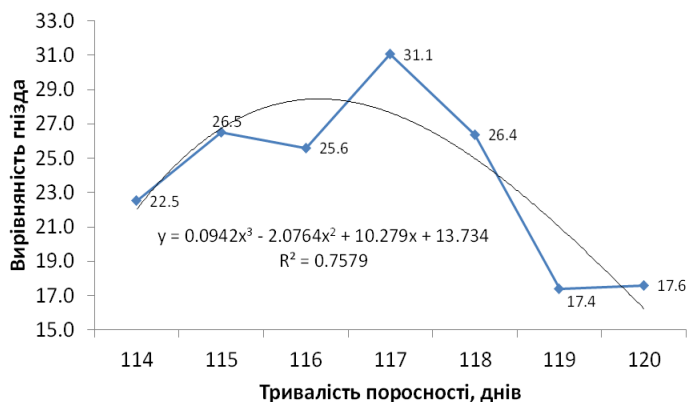


Рис. 6. Зв'язок тривалості поросності із вирівняністю гнізда помісних свиноматок

Максимальну однорідність поросят за живою масою при народженні зафіксовано у гніздах тварин, тривалість поросності яких була наближеною до середнього значення (117 діб). У цій групі показник вирівняності гнізда становив 31,1 бала. Водночас, як при скороченні тривалості поросності, так і, більшою мірою, при її подовженні, спостерігалось суттєве зниження оцінки вирівняності гнізда. Мінімальні значення (17,4...17,6 бала) відмічено у свиноматок із найдовшим терміном поросності (≥ 119 діб). Отже, збільшення тривалості поросності асоціюється з формуванням значної варіабельності живої маси поросят у межах гнізда при народженні.

Встановлено, що свиноматки з різною тривалістю поросності відрізнялися за рівнем збереженості поросят до відлучення (рис. 7).

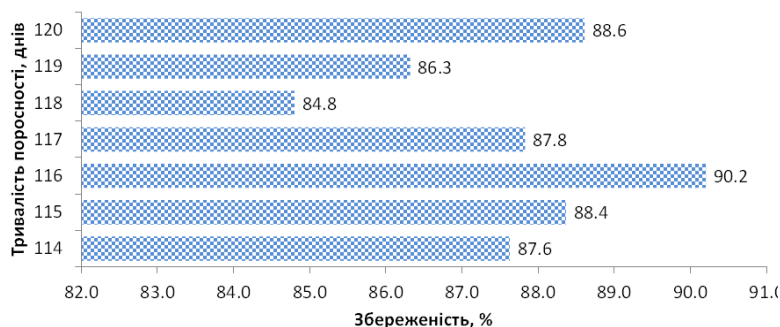


Рис. 7. Зв'язок тривалості поросності із збереженістю поросят до відлучення помісних свиноматок

Найнижчий показник збереженості зафіксовано у тварин із тривалістю поросності 118 днів (84,8%), тоді як максимальне значення спостерігалось у свиноматок із тривалістю поросності 116 днів (90,2%).

Загалом найвищі показники збереженості відзначено у групі свиноматок із тривалістю поросності 114-117 днів (близько 90%). Із подовженням поросності понад зазначений інтервал простежувалася тенденція до зниження рівня збереженості поросят до відлучення.

Зазначені відмінності були зумовлені особливостями падежу поросят у період від народження до відлучення (рис. 8).

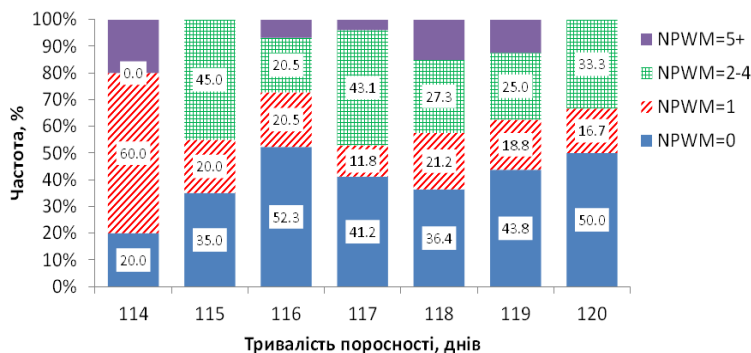


Рис. 8. Зв'язок тривалості поросності із розподілом помісних свиноматок за кількістю порослят, які загинули від народження до відлучення

Найбільшу частку гнізд, у яких не було зафіксовано жодного випадку загибелі поросят у цей період, відмічено у свиноматок із тривалістю поросності 116 днів (52,3%). Водночас найменша частка таких гнізд (20,0 %) спостерігалася серед тварин із найкоротшою тривалістю поросності (≤ 114 днів).

Водночас тварини останньої групи відзначалися найвищою часткою гнізд, у яких від народження до відлучення загинуло одне поросля (60,0%). Найбільшу частку гнізд із втратою 2-4-х поросят у цей період зафіксовано у свиноматок із тривалістю поросності 115 днів (45,0%).

Висновки. При аналізі залежності відтворювальних ознак свиноматок від тривалості їх поросності було встановлено наявність двох груп ознак, що характеризувалися різним напрямком цього зв'язку. До першої групи можна віднести розмір гнізда (як при народженні, так і при відлученні), а також рівень мертвонародженості.

Для цих ознак оптимальні значення спостерігалися у свиноматок із крайніми термінами поросності (≤ 114 або ≥ 119 днів), тоді як за тривалості, близької до середньої (116-118 днів), відзначено відносно погіршення цих показників.

Натомість друга група ознак (великоплідність, вирівняність гнізда та збереженість поросят до відлучення), навпаки, демонструвала оптимальні значення у свиноматок із тривалістю поросності 115-117 днів, тоді як за крайніх значень (114 або 120 днів) ці показники були найнижчими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Безверха Л.М., Трохименко В.З., Захарін В.В. Відтворювальна здатність свиноматок великої білої породи за використання біологічно активних препаратів «Глютам 1 М» та «Стимулін-Вет». *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. Вип. 1(104). С. 94–102.
2. Крамаренко С. С., Луговий С. І., Лихач А. В., Крамаренко О. С. *Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин* : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.
3. Мартинюк І.М. Відтворювальні якості свиноматок м'ясного напрямку продуктивності. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. 2016. № 115. С. 139–144.
4. Маценко М. І. Гематологічні показники та швидкість росту залежно від тривалості ембріонального розвитку свиней, одержаних за промислового схрещування. *Animal science and food technology*. 2020. Т. 11. № 3. С. 43–49.
5. Маценко М. І. Забійні та м'ясні якості чистопородних свиней із різною тривалістю ембріонального розвитку. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2017. № 271. С. 122–126.
6. Повод М. Г., Корж О. В., Нестеров А. М., Повод Н. Г., Нестеров А. Н. Вплив пори року на відтворні якості свиноматок данської селекції. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Тваринництво*. 2017. Вип. 5(2). С. 111–113.
7. Ставецька Р. В., Буштрук М. В., Піотрович Н. А. Відтворювальні якості свиноматок залежно від тривалості поросності. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. 2017. № 7. С. 211–216.

8. Харенко М. І., Мусієнко Ю. В. Характеристика тривалості поросності при фізіологічних і патологічних родах. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2005. № 91. С. 121–127.
9. Хватов А. І., Хватова М. А. Залежність відтворювальних ознак свиней від комбінаційної здатності їх ліній і родин в уельській породі. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2008. № 96. С. 435–445.
10. Церенюк О. М. Зв'язок тривалості поросності з іншими ознаками продуктивності свиноматок. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2017. № 117. С. 227–232.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 636.2:636.5:631.147:636.089

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.28>

ПРЕЦИЗИЙНЕ ЖИВЛЕННЯ В СВИНАРСТВІ ТА ПТАХІВНИЦТВІ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО ВИРОБНИЦТВА

Недашківський В.М. – д.с.-г.н., професор,
перший проректор, проректор з організаційної роботи,
Білоцерківський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5487-6807

Позняковський Ю.В. – науковий співробітник,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-0120-0296

Куриленко Ю.Ф. – науковий співробітник,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-4679-0242

Цап С.В. – доцент кафедри технології годівлі і розведення тварин,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-2495-949X

За останні п'ятдесят років тваринництво зазнало значних змін, особливо у свинарстві та птахівництві. В Україні ці процеси відбуваються швидше, що створює додатковий економічний, соціальний і екологічний тиск на фермерів. Галузь стикається з нестабільністю торгівлі, зменшенням державної підтримки, зростанням суспільних вимог щодо добробуту тварин і охорони довкілля, подорожчанням кормів та дефіцитом протеїнових ресурсів, а також обмеженою робочою силою. У цих умовах розширення виробництва та впровадження інноваційних технологій стають критично важливими для економічної стійкості господарств.

Мета, яку вирішує дана стаття, полягає у виявленні проблем високих витрат кормів, низькій ефективності використання поживних речовин і негативному впливі традиційних систем годівлі на довкілля. Дослідження спрямоване на аналіз впровадження прецизійного тваринництва та прецизійного живлення (PN) як засобу для оптимізації годівлі свиней і птиці, підвищення продуктивності та зниження екологічного навантаження.

Прецизійне тваринництво базується на інтеграції сенсорних систем, автоматичної ідентифікації, аналізу великих даних та алгоритмів штучного інтелекту, що дозволяє ефективно контролювати стан здоров'я тварин, формувати оптимальні раціони, регулювати темпи росту та своєчасно реагувати на ризики. Системи PN забезпечують точну подачу корму індивідуально або для малих груп, коригуючи обсяг і склад раціонів залежно від потреб тварин і стадії росту. Змішувальна годівля та автоматизовані годівниці дозволяють адаптувати раціони для кожної тварини, підвищуючи ефективність використання кормів. Прецизійне живлення здатне підвищити економічну та екологічну ефективність виробництва: знизити витрати на корм, скоротити викиди азоту та фосфору, зменшити парникові гази, зберігаючи продуктивність. Основні виклики впровадження пов'язані з необхідністю точного моніторингу поведінки та стану тварин, обробки великих даних і створення ефективних алгоритмів керування. Найефективнішими є системи,



© Недашківський В.М., Позняковський Ю.В., Куриленко Ю.Ф., Цап С.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

які поєднують емпіричні та механістичні моделі та здатні адаптуватися до індивідуальних потреб тварин і змін у часі.

Прецизійна годівля дозволяє підвищити ресурсну ефективність, знизити екологічний вплив, створювати персоналізовані раціони та покращувати добробут і продуктивність тварин. Для комерційного застосування необхідне створення інтегрованих, доступних і надійних систем. Незважаючи на високі початкові витрати, очікується, що прецизійне тваринництво та системи PN стануть масовими завдяки зниженню вартості технологій, зростанню попиту на низьковуглецеві системи та обмеженості робочої сили.

Ключові слова: продуктивність, конверсія корму, кормові добавки, молодняк свиней, курчата-бройлери, жива маса.

Nedashkivskiy V.M., Pozniakovskiy Yu.V., Kurylenko Yu.F., Tsap S.V. Precision nutrition in pig and poultry production: modern technologies, challenges, and sustainable production perspectives

Over the past fifty years, livestock production has undergone significant changes, particularly in pig and poultry farming. In Ukraine, these processes are occurring at an accelerated pace, creating additional economic, social, and environmental pressures on farmers. The industry faces trade instability, reduced government support, increasing societal demands for animal welfare and environmental protection, rising feed costs, a shortage of protein resources, and limited labor availability. Under these conditions, expanding production and implementing innovative technologies become critically important for the economic sustainability of farms.

The problem addressed in this study concerns high feed costs, low efficiency in nutrient utilization, and the negative environmental impact of traditional feeding systems. The study focuses on analyzing the implementation of precision livestock farming (PLF) and precision nutrition (PN) as tools to optimize the feeding of pigs and poultry, enhance productivity, and reduce environmental burdens.

Precision livestock farming relies on the integration of sensor systems, automatic identification, big data analysis, and artificial intelligence algorithms, enabling effective monitoring of animal health, formulation of optimal diets, regulation of growth rates, and timely responses to risks. PN systems provide accurate feed delivery for individual animals or small groups, adjusting feed quantity and composition according to the animals' needs and growth stages. Blend feeding and automated feeders allow ration adaptation for each animal, increasing feed use efficiency. Precision nutrition can improve both the economic and environmental efficiency of production by reducing feed costs, lowering nitrogen and phosphorus excretion, and decreasing greenhouse gas emissions while maintaining productivity. The main challenges in implementation include the need for precise monitoring of animal behavior and health, processing large volumes of data, and developing effective control algorithms. The most efficient systems combine empirical and mechanistic models and can adapt to individual animal needs and temporal variations.

Precision feeding enhances resource efficiency, minimizes environmental impact, enables personalized diets, and improves animal welfare and performance. Commercial application requires the development of integrated, accessible, and reliable systems. Despite high initial costs, PLF and PN systems are expected to become widespread due to decreasing technology costs, increasing demand for low-carbon systems, and limited labor availability.

Key words: productivity, feed conversion, feed additives, piglets, broiler chickens, body weight.

Актуальність теми дослідження. Протягом останніх п'ятдесяти років тваринництво у багатьох країнах світу зазнало суттєвих змін у структурі та технологіях виробництва. Наразі у свинарстві та птахівництві спостерігається різке зростання інтенсивності виробництва, що супроводжувалося концентрацією поголів'я та скороченням кількості господарств. В Україні, де тваринництво активно розвивається й сьогодні, ці процеси відбуваються значно швидше, ніж раніше.

Сучасні виробники тваринницької продукції працюють під значним економічним, соціальним та екологічним тиском. Галузь змушена адаптуватися до нестабільності міжнародної торгівлі, зменшення державної підтримки, зростання суспільних вимог щодо добробуту тварин та охорони довкілля, підвищення вартості кормів і ресурсів, а також дефіциту рослинних джерел протеїну. Додатковими

викликами є скорочення трудових ресурсів, зміна очікувань працівників щодо умов праці та балансу між роботою та особистим життям, а також необхідність скорочення викидів парникових газів. У таких умовах розширення масштабів і підвищення інтенсивності виробництва стають критично важливими для економічної стійкості ферм. Впровадження інноваційних технологій розглядається як ключовий інструмент створення сталих систем тваринництва, здатних одночасно задовольняти економічні, екологічні та соціальні вимоги.

Прецизійне тваринництво (*precision livestock farming*, PLF), або «розумне» тваринництво, передбачає інтеграцію підходів процесного управління з сучасними цифровими технологіями. Ця концепція охоплює використання комплексних сенсорних систем, автоматизованої ідентифікації та відстеження тварин, обробку великих обсягів даних, а також застосування математичних моделей і алгоритмів штучного інтелекту, що відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та ефективності виробничих процесів. Інтенсивний розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, включно з Інтернетом та хмарними обчисленнями, значно пришвидшує впровадження PLF у практику тваринництва. Завдяки безперервному автоматизованому моніторингу фізіологічного стану та поведінки тварин, фермери отримують змогу точніше формувати раціони, ефективніше регулювати темпи росту та своєчасно реагувати на потенційні загрози для здоров'я, що сприяє підвищенню загальної продуктивності та добробуту тварин.

Постановка проблеми. Прецизійне тваринництво (PLF) є сучасним підходом, який дозволяє одночасно підвищувати економічну ефективність виробництва, оптимізувати використання ресурсів, покращувати добробут тварин та забезпечувати екологічну сталість тваринницьких систем. Незважаючи на значний прогрес у впровадженні PLF, ефективне управління годівлею тварин залишається одним із найскладніших і найбільш дискусійних аспектів цієї системи, оскільки потребує інтеграції передових технологій, індивідуалізації раціонів та точного контролю фізіологічних і продуктивних параметрів тварин.

Метою цього огляду є комплексний аналіз застосування прецизійного тваринництва у годівлі свиней та курей, оцінка сучасних технологій і методів, а також визначення ключових викликів і перспектив для підвищення продуктивності та сталості виробництва.

Результати досліджень. Дані, що збираються та аналізуються в системах прецизійного живлення, використовуються для точного регулювання як кількості, так і поживного складу кормів, що подаються тваринам. Серцем таких систем є автоматизовані годівниці, які забезпечують подачу раціонів із заданими параметрами на відповідних етапах виробничого циклу. Залежно від обраної стратегії PN, управління може здійснюватися через зміну обсягу корму, його нутрієнтної щільності або їх комбінацію. У випадку обмеженої годівлі переважно коригують саме кількість корму, залишаючи незмінним його склад [14].

Для адаптації поживного профілю раціонів у системах прецизійного живлення (PN) широко застосовується метод змішувальної годівлі, який передбачає комбінування кормів із різною поживною щільністю – один з високим вмістом нутрієнтів, інший – з низьким [15]. Регулювання співвідношення цих компонентів дозволяє точно контролювати концентрацію поживних речовин у раціоні для окремих тварин або груп, забезпечуючи їх оптимальний рівень на різних етапах росту і розвитку, що особливо важливо для досягнення цільових продуктивних показників і ефективного використання кормових ресурсів [16]. У сучасних індивідуалізованих системах PN автоматична ідентифікація тварини в годівниці дає

змогу формувати та подавати персоналізовану кормову суміш відповідно до розрахованих потреб кожного індивіда, враховуючи його фізіологічний стан, стадію росту та продуктивність [17]. Такий підхід сприяє підвищенню точності годівлі, мінімізації надлишкового використання кормів та зменшенню екологічного навантаження за рахунок скорочення екскреції нутрієнтів.

Прецизійне живлення, особливо при індивідуальному підході до тварин, демонструє значний потенціал для підвищення як економічної, так і екологічної ефективності тваринницьких систем. Його впровадження дозволяє оптимізувати використання кормів, зменшити екскрецію Азоту та Фосфору, а також скоротити викиди парникових газів без зниження продуктивності тварин [17, 18, 19]. Незважаючи на очевидні переваги, широкомасштабне комерційне застосування PN досі обмежене [5]. Причинами цього є не лише економічні та організаційні труднощі, а й концептуальні бар'єри, зокрема складності у зборі та аналізі великих обсягів даних, розробці і впровадженні ефективних керуючих алгоритмів, а також інтеграції систем прецизійного живлення з іншими компонентами прецизійного тваринництва. Подолання цих обмежень є критично важливим для розвитку PN як інструменту сталого та ефективного виробництва.

Обробка даних. У прецизійній годівлі (PN) стратегія керування визначає не лише ключові параметри для контролю, а й методи їх обробки, аналізу та використання в управлінських рішеннях. Основними контрольованими показниками залишаються кількість корму та його поживний склад, тоді як контроль темпів росту переважно застосовується у тварин, для яких критично підтримувати стабільну масу та кондицію, таких як свиноматки або батьківські стада бройлерів, і значно рідше – у м'ясному виробництві, де основним пріоритетом є економічна ефективність і оптимізація конверсії корму.

Для м'ясних тварин головною проблемою PN є точне визначення оптимального забезпечення численними поживними речовинами з урахуванням індивідуальних потреб тварин, що змінюються з часом. Використання алгоритмів зворотного зв'язку часто обмежене через часові затримки реакції організму на зміни в складі корму та неоднорідність продуктивної відповіді тварин, що може призводити до нестабільного або субоптимального керування [14]. Тому такі методи є малоприматними для м'ясного виробництва і доцільні лише у поєднанні з іншими підходами в спеціалізованих групах тварин [20].

Механістичні моделі, які описують біологічні процеси на основі знань про метаболізм і фізіологію, часто виявляються занадто складними для практичного використання на фермах, тоді як чисто емпіричні, побудовані на статистичних даних, не можуть повністю відобразити складну взаємодію між поживними речовинами, середовищем, станом здоров'я та поведінкою тварин. Обидва підходи потребують калібрування на основі еталонних популяцій, що не завжди відповідають сучасним умовам виробництва і можуть не враховувати зміни в генетиці, технології годівлі та кліматичних факторах [16, 21].

Сучасні системи PN повинні оперувати з великими потоками даних у режимі реального часу, що вимагає застосування нових адаптивних моделей та спеціальних методів статистичної обробки, включно з аналізом великих даних (big data) та алгоритмами машинного навчання [22]. Це дозволяє враховувати міжіндивідуальні відмінності, динаміку змін потреб у поживних речовинах у часі та складну взаємодію метаболічних, імунологічних і поведінкових реакцій тварин.

Найбільш ефективним підходом є інтеграція механістичних та емпіричних моделей, що дозволяє системам PN адаптуватися до поточного стану тварин і умов

виробництва, формувати персоналізовані раціони та забезпечувати стабільну продуктивність і якість продукції. При цьому основними джерелами варіабельності, які повинні враховуватися, залишаються міжіндивідуальні відмінності, зміни потреб у поживних речовинах у різні періоди росту та ефекти зовнішніх факторів, таких як температура, вологість та стресові чинники [16, 23].

У практичному впровадженні PN автоматизовані годівниці забезпечують точну подачу корму як для окремих тварин, так і для невеликих груп, коригуючи обсяг та склад раціону відповідно до розрахованих потреб. Розроблено різні типи годівниць для свиней [24], птиці [9] та інших видів тварин [25], що дозволяє гнучко адаптуватися до специфіки фермерського господарства.

Для ефективного використання PN на фермах критично важливо: створювати повністю інтегровані автоматизовані системи, оскільки окреме використання ваг, годівниць, систем ідентифікації та інших компонентів PLF значно ускладнює роботу фермерів і знижує ефективність управління; залучати різних фахівців та зацікавлених сторін – дослідників, інженерів, постачальників технологій, економістів, фермерів і навіть споживачів, забезпечуючи міждисциплінарний підхід до впровадження PN [26]; Забезпечувати навчання та сервісну підтримку для фермерів, що передбачає розвиток нової сервісної індустрії, оскільки більшість фермерів більше орієнтовані на технічне обладнання, ніж на програмне забезпечення або сенсори [12]. Завдяки таким інтегрованим підходам системи PN можуть значно підвищити точність годівлі, економічну ефективність, знизити екологічне навантаження та покращити добробут тварин, водночас забезпечуючи стабільність та сталий розвиток виробництва.

Перспективи розвитку. Прецизійне живлення (PN) має потенціал суттєво зменшити екологічне навантаження тваринництва, забезпечуючи подачу поживних речовин відповідно до фактичних потреб кожної тварини або невеликих груп. Невикористані нутрієнти, що виводяться з організму, не лише підвищують виробничі витрати, але й негативно впливають на стійкість фермерських систем [27]. Найбільш ефективні стратегії PN враховують міжіндивідуальні відмінності в потребах тварин та їх динамічні зміни протягом росту, що дозволяє мінімізувати надлишкове внесення кормів і підвищити екологічну ефективність виробництва.

Для подальшого розвитку PN необхідне більш глибоке розуміння метаболічних процесів тварин. Традиційні моделі та концепції, що базуються на середніх показниках популяції, не здатні врахувати індивідуальні відмінності у споживанні та засвоєнні поживних речовин [28]. Індивідуальні тварини демонструють здатність коригувати темпи росту та склад приросту залежно від доступності енергії та амінокислот [28], при цьому однакова кількість поживних речовин може по-різному впливати на різних особин через варіабельність метаболічних і фізіологічних реакцій [29, 30]. Поточні моделі PN ще не враховують ці міжособинні та динамічні відмінності [31], що обмежує точність прогнозування потреб та ефективність застосування систем.

Сучасні підходи передбачають інтеграцію відомих (*knowledge-driven*) та експериментальних даних (*data-driven*) моделей, що дозволяє більш точно оцінювати нутрієнтні потреби тварин та ефективно використовувати великі обсяги даних ферми в реальному часі [5, 16, 32]. Таке поєднання дозволяє підвищити продуктивність та економічну ефективність виробництва, одночасно зменшуючи екологічний вплив [16, 23, 24]. Удосконалені методи аналізу включають використання алгоритмів машинного та глибинного навчання в поєднанні з класичними механістичними та емпіричними моделями, що дозволяє більш точно прогнозувати

потреби в енергії, амінокислотах та інших нутрієнтах для кожної тварини [5, 32].

Впровадження PN повинно розглядатися як складова інтегрованої виробничої системи, де процес годівлі пов'язаний із усім циклом виробництва та інтегрований з виробництвом кормів. Такий підхід забезпечує комплексне управління ресурсами, знижує втрати кормів та небажане виведення поживних речовин, сприяючи скороченню екологічного сліду тваринництва та підвищенню сталості виробничих систем [1, 33]

Висновки. Прецизійна годівля (PN) у тваринництві дозволяє значно підвищити ефективність використання кормів, зменшити викиди поживних речовин та оптимізувати продуктивність тварин. Водночас її впровадження вимагає точного й оперативного моніторингу поведінки, фізіологічного стану та індивідуальних потреб тварин, що забезпечується сучасними сенсорними технологіями та автоматизованими системами спостереження. Ключову роль відіграють алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу даних і формування персоналізованих стратегій годівлі. Ефективна комерційна реалізація PN потребує автоматизованого обладнання, здатного точно контролювати споживання корму, а також досліджень довгострокового впливу на здоров'я, добробут і продуктивність тварин. Перспективи PN полягають у підвищенні ресурсної ефективності, зниженні екологічного впливу та розвитку індивідуалізованих систем годівлі, які сприяють здоров'ю тварин і покращенню якості продукції. Основними обмеженнями залишаються високі початкові витрати на обладнання та технології, однак очікується, що PN і PLF стануть масовими завдяки зниженню вартості технологій, зростанню попиту на низьковуглецеві системи та обмеженості робочої сили.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Menendez H.M., Brennan J.R., Gaillard C., Ehlert K., Quintana J., Neethirajan S., Remus A., Jacobs M., Teixeira I.A.M.A., Turner B.L., Tedeschi L.O.. ASAS-NANP Symposium: Mathematical Modeling In Animal Nutrition: Opportunities and Challenges of Confined and Extensive Precision Livestock Production. *Journal of Animal Science*. 2022. Vol. 100. P. skac160. doi:10.1093/jas/skac160
2. Tedeschi L.O. ASAS-NANP Symposium: Mathematical Modeling In Animal Nutrition: The progression of data analytics and artificial intelligence in support of sustainable development in animal science. *Journal of Animal Science*. Vol. 100. P. skac111. doi:10.1093/jas/skac111
3. Berckmans D. General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*. 2017. Vol. 7. P. 6–11. doi:10.2527/af.2017.0102
4. Leite M., Abe, Jair T., Leandro S. M. (2026). Sistemas de suporte à decisão para controle ambiental na avicultura: tendências, avanços e perspectivas. *Conference: XXXII SIMPEP*. 2026. P. 1–16. doi:10.29327/18097189.1219301
5. Ellis J.L., Jacobs M., Dijkstra J., van Laar H., Cant J.P., Tulpan D., Ferguson N. Review: Synergy between mechanistic modelling and data-driven models for modern animal production systems in the era of big data. *Animal*. 2020. Vol. P. s223-s237. doi:10.1017/S1751731120000312
6. Azubuike B., Chlingaryan A., Correa L., Martin C., Cameron G. S. (2025). A Data-Driven Approach for Optimising Supplement Allocation to Individual Lactating Dairy Cows in Pasture-Based Systems. *Smart Agricultural Technology*. 2025. Vol. 12. P. 101669. doi:10.1016/j.atech.2025.101669
7. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*. 2017. Vol. 153 P. 69–80. doi:10.1016/j.agsy.2017.01.023
8. Pomar C., Van Milgen J., Remus A. Precision animal nutrition, principle and practice W. Hendriks, M. Verstegen, L. Babinszky (Eds.), Poultry and pig nutrition:

challenges of the 21st century, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Netherlands, 2019. pp. 397–418. doi:10.3920/978-90-8686-884-1_18

9. Zuidhof M.J. Precision livestock feeding: matching nutrient supply with nutrient requirements of individual animals. *Journal of Applied Poultry Research*. 2020. Vol. 29. P. 11–14. doi:10.1016/j.japr.2019.12.009

10. Norton T., Chen C., Larsen M.L.V., Berckmans D. Review: Precision livestock farming: building ‘digital representations’ to bring the animals closer to the farmer. *Animal*. 2019. Vol.13. P. 3009–3017. doi:10.1017/S175173111900199X

11. Warsono R., Rizal M., Mutiara G. Automated Livestock Monitoring: Real-Time Weighing and RFID Integration for Modern Farms. *BIO Web of Conferences*. 2025. Vol. 201. P. 01002. doi:10.1051/bioconf/202520101002.

12. Banhazi T.M., Lehr H., Black J.L., Crabtree H., Schofield P., Tschärke M., Berckmans D. Precision Livestock Farming: An international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2012. Vol. 5. P. 1–9. doi:10.3965/j.ijabe.20120503.00

13. Bairwa R., Bairwa C., Kanaujia Sukula S., Hanotiya L. The Role of Digital Libraries for Sustainable Research and Innovation: A Review. *International Journal of Research in Library Science*. 2025. Vol. 11. P. 183–190. doi:10.26761/ijrls.11.4.2025.1986

14. Cangar Ö., Aerts J.M., Vranken E., Berckmans D. Effects of different target trajectories on the broiler performance in growth control. *Poultry Science*. 2008. Vol. 87. P. 2196–2207. doi:10.3382/ps.2008-00112

15. Frobose H.L., Sulabo R.C., DeRouchey J.M., Ryder D., Tokach M.D., Dritz S.S., Goodband R.D., Nelssen J.L. The effects of diet blending and feed budgeting on finishing pig growth performance, carcass characteristics, and economic return. *The Professional Animal Scientist*. 2014. Vol. 30. P. 375–392. doi:10.15232/pas.2013-01297

16. Pomar C., Remus A. Precision pig feeding: a breakthrough toward sustainability. *Animal Frontiers*. 2019. Vol. 9. P. 52–59. doi:10.1093/af/vfz006

17. Andretta I., Pomar C., Rivest J., Pomar J., Radunz J. Precision feeding can significantly reduce lysine intake and nitrogen excretion without compromising the performance of growing pigs. *Animal*. 2016. Vol. 10. P. 1137–1147. doi:10.1017/S1751731115003067

18. Andretta I., Hauschild L., Kipper M., Pires P.G.S., Pomar C. Environmental impacts of precision feeding programs applied in pig production. *Animal*. 2018. Vol. P. 1990–1998. doi:10.1017/S1751731117003159

19. Ferguson N.S., Ponsioen T., Villegas B., Honee C., Schumacher L., Gaasbeek A., Lafontaine M., Bicheru C., Cremasco R. Integration of life cycle assessment into a mechanistic pig growth model to determine on-farm environmental footprint. *Animal – Science Proceedings*. 2022. Vol. 13. P. 546–547. doi:10.1016/j.anscip.2022.07.422

20. Dourmad J.-Y., Brossard L., Pomar C., Pomar J., Gagnon P., Cloutier L. Development of a decision support tool for precision feeding of pregnant sows. *Paper presented at the 8th European Conference on Precision Livestock Farming (ECPLF)*, 12–14 September 2017, Nantes, France, 2017. pp. 584–592.

21. Nutrient Requirements of Swine. National Academy Press, Washington, DC, USA, 2012.

22. Morota G., Ventura R.V., Silva F.F., Koyama M., Fernando S.C. Big Data Analytics And Precision Animal Agriculture Symposium: Machine learning and data mining advance predictive big data analysis in precision animal agriculture. *Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 96. P. 1540–1550. doi:10.1093/jas/sky014

23. Black J.L., Banhazi T.M., Economic and social advantages from Precision Livestock Farming in the pig industry. *Paper presented at the 6th European Conference on Precision Livestock Farming, ECPLF 2013*, 10–12 September 2013, Leuven, Belgium, 2013. pp. 199–208.

24. Banhazi T.M., Babinszky L., Halas V., Tschärke M. Precision Livestock Farming: Precision feeding technologies and sustainable livestock production *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2012. Vol. 5. P. 54–61.
25. Halachmi I., Guarino M., Bewley J., Pastell M. Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 99 P. 35–40. doi:10.1016/j.compag.2013.08.012
26. Black J.L. Brief history and future of animal simulation models for science and application. *Animal Production Science*. 2014. Vol. 54. P. 1883–1895. doi:10.1071/AN14650
27. Pomar C., Andretta I., Remus A. Feeding Strategies to Reduce Nutrient Losses and Improve the Sustainability of Growing Pigs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. P. 742220. doi:10.3389/fvets.2021.742220
28. Remus A., Castillo J.R.E. del, Pomar C. Improving the estimation of amino acid requirements to maximize nitrogen retention in precision feeding for growing-finishing pigs. *Animal*. 2020. Vol. 14. P. 2032–2041. doi:10.1017/S1751731120000798
29. Salgado H.H., Pomar C., Palin M.-F., Lapierre H., Létourneau-Montminy M.-P., Cant J.P., Remus A. Insulin sensitivity is associated with the observed variation of de novo lipid synthesis and body composition in finishing pigs. *Scientific Reports*. 2022. Vol.12. P. 14586. doi:10.1038/s41598-022-18799-0
30. Mahankali, V.B., Velraja, S., Parvathi, V.D. et al. Key Players in the Complex Pathophysiology of Obesity: A Cross-Talk Between the Obesogenic Genes and Unraveling the Metabolic Pathway of Action of Capsaicin and Orange Peel. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2025. Vol. 197. P. 649–666. doi:10.1007/s12010-024-04999-z
31. Remus A., Pomar C. One size does not fit all: opportunities and challenges in models applied to sustainable pig precision nutrition. *Animal – Science Proceedings*. 2022. Vol. 13. P. 524–525. doi:10.1016/j.anscip.2022.07.404
32. Jacobs M., Remus A., Gaillard C., Menendez H.M., Tedeschi L.O., Neethirajan S., Ellis J.L. ASAS-NANP symposium: mathematical modeling in animal nutrition: limitations and potential next steps for modeling and modelers in the animal sciences. *Journal of Animal Science*. 2022. Vol. 100. P. skac132. doi:10.1093/jas/skac132
33. Garcia-Launay F., Dusart L., Espagnol S., Laisse-Redoux S., Gaudré D., Méda B., Wilfart A. Multiobjective formulation is an effective method to reduce environmental impacts of livestock feeds. *British Journal of Nutrition*. 2018. Vol. 120 P. 1298–1309. doi: 10.1017/S0007114518002672

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 636.5.636.084

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.29>

ВПЛИВ ЗГОДОВУВАННЯ СЕЛЕНОМЕТІОНІНУ У СКЛАДІ КОМБІКОРМІВ НА ЗАБІЙНІ ПОКАЗНИКИ ТА М'ЯСНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ

Новгородська Н.В. – к.с.-г.н., доцент кафедри біоінженерії,
біо- та харчових технологій,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-7497-0435

Хабінець І.І. – аспірант кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0009-0001-7570-9941

У статті наведено результати дослідження впливу згодовування селенометіоніну у складі комбікормів на забійні показники та м'ясну продуктивність курчат-бройлерів кросу Кобб-500. Метою роботи було встановити ефективність використання селенометіоніну в раціонах птиці та оцінити його вплив на формування м'ясної продукції. Дослідження проводили у формі науково-господарського досліду, у якому було сформовано три групи курчат-бройлерів по 50 голів у кожній: контрольну та дві дослідні. Птиця контрольної групи отримувала повнораціонний комбікорм, тоді як у дослідних групах до раціону додатково вводили селенометіонін у дозах 0,3 та 0,5 мг/кг комбікорму. Тривалість досліду становила 42 доби.

У результаті проведених досліджень встановлено, що використання селенометіоніну сприяє підвищенню основних забійних показників курчат-бройлерів. Передзабійна маса у дослідних групах достовірно зростала на 4,4–7,3%, а забійна маса – на 5,5–9,6% порівняно з контролем ($P < 0,05$). Встановлено також підвищення забійного виходу та покращення розвитку грудних м'язів, маса яких збільшувалася на 8,0–15,2%.

Морфологічний аналіз туш показав збільшення маси напівпатраної тушки на 5,4–9,2% та підвищення частки м'язової тканини за рахунок розвитку грудних і стегнових м'язів. Водночас маса кісток і жирової тканини істотно не змінювалася. Встановлено підвищення виходу істивних частин до 70,2–71,8% та коефіцієнта м'ясності до 2,36–2,55.

Отримані результати свідчать про ефективність використання селенометіоніну як кормової добавки для підвищення м'ясної продуктивності курчат-бройлерів. Найбільш виражений позитивний ефект встановлено при застосуванні дози 0,5 мг/кг комбікорму, що дозволяє рекомендувати її для практичного використання у птахівництві.

Ключові слова: курчата-бройлери, селенометіонін, комбікорм, м'ясна продуктивність, забійні показники, морфологічний склад туші, грудні м'язи, коефіцієнт м'ясності.

Novgorodskaya N.V., Khabinets I.I. Influence of adding selenomethionine in compound feed on slaughter performance and meat productivity of broiler chickens

The article presents the results of a study of the effect of feeding selenomethionine in compound feeds on slaughter rates and meat productivity of broiler chickens of the Cobb-500 cross. The aim of the work was to establish the effectiveness of using selenomethionine in poultry diets and to assess its effect on the formation of meat products. The study was conducted in the form of a scientific and economic experiment, in which three groups of broiler chickens of 50 heads each were formed: a control group and two experimental groups. The birds of the control group received a complete compound feed, while in the experimental groups selenomethionine was additionally introduced into the diet at doses of 0.3 and 0.5 mg/kg of compound feed. The duration of the experiment was 42 days.



© Новгородська Н.В., Хабінець І.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

As a result of the conducted studies, it was found that the use of selenomethionine contributes to an increase in the main slaughter rates of broiler chickens. Pre-slaughter weight in the experimental groups significantly increased by 4.4–7.3%, and slaughter weight by 5.5–9.6% compared to the control ($P < 0.05$). An increase in slaughter yield and improvement in the development of pectoral muscles were also established, the mass of which increased by 8.0–15.2%.

Morphological analysis of carcasses showed an increase in the mass of a semi-gutted carcass by 5.4–9.2% and an increase in the proportion of muscle tissue due to the development of pectoral and thigh muscles. At the same time, the mass of bones and adipose tissue did not change significantly. An increase in the yield of edible parts to 70.2–71.8% and a meat ratio to 2.36–2.55 were established.

The results obtained indicate the effectiveness of using selenomethionine as a feed additive to increase the meat productivity of broiler chickens. The most pronounced positive effect was found when using a dose of 0.5 mg/kg of feed, which allows us to recommend it for practical use in poultry farming.

Key words: broiler chickens, selenomethionine, feed, meat productivity, slaughter indicators, morphological composition of the carcass, breast muscles, meat ratio.

Вступ. У сучасних умовах інтенсифікації птахівництва особливої актуальності набуває пошук ефективних кормових добавок, здатних підвищувати продуктивність птиці та покращувати якість отриманої продукції. Одним із перспективних напрямів є використання органічних форм мікроелементів, зокрема селену, який відіграє важливу роль у регуляції антиоксидантного статусу організму, обміну речовин і формуванні продуктивних ознак тварин.

Селенометіонін як органічна форма селену характеризується високою біодоступністю та здатністю ефективно включатися у метаболічні процеси, що зумовлює його переваги порівняно з неорганічними сполуками селену. У раціонах курчат-бройлерів застосування селенометіоніну сприяє підвищенню інтенсивності росту, покращенню конверсії корму, а також може позитивно впливати на забійні показники та м'ясну продуктивність.

Водночас, незважаючи на значну кількість досліджень, питання оптимального рівня введення селенометіоніну до складу комбікормів та його впливу на показники м'ясної продуктивності курчат-бройлерів потребують подальшого уточнення. У зв'язку з цим метою дослідження є оцінка впливу згодовування селенометіоніну у складі комбікормів на забійні показники та м'ясну продуктивність курчат-бройлерів.

Постановка проблеми. Сучасне птахівництво орієнтоване на отримання високопродуктивної птиці з оптимальними показниками росту, забійного виходу та якості м'яса, що потребує постійного вдосконалення систем годівлі. Одним із ключових чинників, які визначають ефективність виробництва м'яса курчат-бройлерів, є забезпечення раціонів повноцінними біологічно активними речовинами, зокрема мікроелементами у біодоступній формі.

Селен належить до життєво необхідних мікроелементів, який відіграє важливу роль у процесах антиоксидантного захисту, імунної відповіді та метаболізму білків і ліпідів в організмі птиці. Однак традиційні неорганічні форми селену характеризуються обмеженою біодоступністю та можуть мати нижчу ефективність засвоєння, що знижує їх вплив на продуктивні показники. У зв'язку з цим особливого значення набуває використання органічних форм селену, зокрема селенометіоніну, який відзначається кращою засвоюваністю та здатністю інтегруватися в білкові структури тканин.

Разом із тим, наукові дані щодо впливу селенометіоніну у складі комбікормів на забійні показники та м'ясну продуктивність курчат-бройлерів є недостатньо систематизованими, а результати досліджень – суперечливими, особливо в умовах

різних рівнів його введення в раціон. Недостатньо вивчено також вплив цього мікроелемента на формування виходу їстівних частин туші, масу м'язових тканин та якісні характеристики м'яса.

У зв'язку з цим виникає необхідність у проведенні поглиблених досліджень щодо обґрунтування оптимального рівня введення селенометіоніну до складу комбікормів та оцінки його впливу на забійні показники і м'ясну продуктивність курчат-бройлерів, що є актуальним завданням сучасної науки і практики птахівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Селен розглядається як один із ключових мікроелементів у годівлі птиці через його участь у системі антиоксидантного захисту, синтезі селенопротеїнів, підтриманні імунного статусу та стабілізації обмінних процесів у м'язовій тканині. У класичних оглядових роботах показано, що дефіцит селену у птиці асоціюється з погіршенням продуктивності, зниженням антиоксидантної стійкості та порушенням якості продукції, тоді як адекватне забезпечення цим елементом підтримує нормальний ріст і функціональний стан організму. Окремо наголошується, що органічні форми селену, зокрема селенометіонін, мають вищу метаболічну цінність порівняно з неорганічними сполуками, оскільки можуть включатися до білкових структур тканин [1].

Одні з перших переконливих даних щодо впливу джерела селену на м'ясну продуктивність бройлерів отримали M. Choct, A. J. Naylor і N. Reinke. Вони встановили, що підвищення вмісту селену в раціоні покращувало конверсію корму, а використання органічної форми було пов'язане з вищою випотрошеною масою тушок, більшим виходом грудних м'язів і меншими втратами м'ясного соку [2].

Разом із тим результати подальших досліджень виявилися не цілком однозначними. I. Yoon та співавт. показали, що додавання селену підвищувало концентрацію Se у крові та активність глутатіонпероксидази, однак не впливало істотно на ріст бройлерів у 42-добовому віці; при цьому утримання селену залежало і від рівня, і від джерела елемента, а органічні форми забезпечували вищу ретенцію. Подібні висновки отримали R. Bakhshalinejad та співавт.: за використання натрій селеніту, Se-enriched yeast, DL-selenomethionine і nano-selenium істотних змін середньодобового приросту, споживання корму та виходу частин туші не спостерігали, хоча джерело і рівень селену впливали на якість м'яса та депонування Se в тканинах. Це свідчить, що вплив селену на забійні показники не завжди є прямим і значною мірою залежить від форми, дози, віку птиці та умов досліду [3].

Особливий інтерес у сучасних роботах приділяється саме селенометіоніну. У дослідженні V. A. Silva та співавт. вивчали різні строки і рівні введення селенометіоніну та встановили його вплив на якість м'яса, накопичення селену в тканинах і ретенцію елемента. Досліджуючи hydroxy-selenomethionine, виявили істотне підвищення концентрації селену в сироватці та м'язах, але не зафіксували достовірних змін продуктивності, виходу грудних м'язів чи внутрішньом'язового жиру. Отже, органічні форми типу SeMet і OH-SeMet стабільно демонструють кращу біодоступність і здатність до депонування в м'ясі, проте їхній вплив на безпосередній забійний вихід у різних дослідах варіює [4].

Водночас низка робіт свідчить, що позитивний ефект органічного селену може проявлятися через покращення антиоксидантного статусу та збереження якості м'яса. Y. Wang та співавт. показали, що різні форми дієтичного селену відрізняються за впливом на якість м'яса, депонування Se та антиоксидантні властивості. Було встановлено, що підвищення активності глутатіонпероксидази, збільшення вмісту Se у тканинах, покращення живої маси, конверсії корму та окремих

показників якості тушок за використання Se-yeast. Схожі результати отримали С.-L. Wang та співавт., які відзначили підвищення середньодобового приросту, покращення конверсії корму, збільшення випотрошеного виходу та вищу антиоксидантну здатність м'язів у групах із додатковим Se; при цьому Se-yeast виявився ефективнішим за натрій селеніт щодо якості м'яса [5].

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється порівнянню ефективності різних форм селену у годівлі птиці. Узагальнення наукових даних свідчить, що органічні джерела селену характеризуються вищою біодоступністю порівняно з неорганічними, що забезпечує їх краще засвоєння організмом та більш ефективне накопичення у м'язовій тканині. При цьому відзначається позитивний вплив органічних форм селену на антиоксидантний статус організму, якість м'яса та вміст мікроелементів у тканинах бройлерів. Загалом встановлено, що використання органічних сполук селену, зокрема селенометіоніну, є більш ефективним для підвищення біологічної цінності та стабілізації якості м'ясної продукції порівняно з неорганічними формами. [6].

Зокрема, у роботах О. І. Соболева доведено, що рівень введення селену в комбікорми суттєво впливає на ріст і розвиток бройлерів. У результаті експериментальних досліджень встановлено, що оптимальною дозою є близько 0,3 мг/кг корму, яка забезпечує найвищу живу масу та інтенсивність росту птиці, тоді як як зниження, так і перевищення цієї норми призводить до погіршення продуктивних показників. Це свідчить про необхідність точного нормування селену в раціонах [7].

Ряд досліджень, опублікованих у вітчизняних наукових журналах, присвячений впливу селену на якість м'яса бройлерів. Зокрема, встановлено, що введення селену до складу комбікормів сприяє покращенню хімічного складу м'яса, підвищенню його біологічної цінності та смакових характеристик. Крім того, доведено, що збагачення раціонів селеном підвищує його концентрацію в м'язовій тканині на 60–100%, що дозволяє отримувати функціональні харчові продукти з підвищеною харчовою цінністю [8].

У наукових дослідженнях наголошується на широкому спектрі біологічної дії селену. Зокрема, встановлено його антиоксидантні, імуностимулюючі та антитоксичні властивості, що безпосередньо впливають на життєздатність і продуктивність птиці. Це особливо важливо в умовах інтенсивного птахівництва, де птиця піддається значним технологічним і стресовим навантаженням [9].

За даними численних досліджень, введення селеновмісних добавок до раціонів курчат-бройлерів позитивно впливає на їхні продуктивні показники. Зокрема, відмічається збільшення живої маси на 4–5%, підвищення середньодобових та абсолютних приростів на 4–5%, а також покращення конверсії корму, що проявляється у зниженні витрат корму на одиницю приросту до 8–10%. Такі зміни свідчать про більш ефективне використання поживних речовин корму.

Встановлено також позитивний вплив селену на м'ясну продуктивність бройлерів. Зокрема, спостерігається підвищення передзабійної живої маси, маси тушок різного ступеня оброблення (непатраних, напівпатраних і патраних) у межах 5–6%, а також суттєве збільшення маси м'язової тканини, особливо грудних і стегнових м'язів. У ряді досліджень відзначено зростання маси грудних м'язів до 15–16%, а стегнових – до 30% і більше, що свідчить про стимуляцію м'язоутворення.

Крім того, селеновмісні добавки позитивно впливають на забійні показники, зокрема підвищують забійний вихід та частку цінних м'язових тканин. Важливим є і вплив селену на гематологічні показники: встановлено підвищення рівня

гемоглобіну, що свідчить про покращення кисневотранспортної функції крові та загального фізіологічного стану птиці.

Таким чином, результати досліджень свідчать, що використання селеновмісних кормових добавок є ефективним технологічним прийомом підвищення продуктивності курчат-бройлерів, покращення їх м'ясних якостей і фізіологічного статусу [10].

Проте наявні дані щодо впливу саме селенометіоніну на забійні показники залишаються частково суперечливими: в одних роботах встановлено збільшення випрошеного виходу та виходу грудних м'язів, в інших – переважно покращення антиоксидантного статусу, депонування Se і технологічних властивостей м'яса без виражених змін забійних характеристик. Це обґрунтовує доцільність подальших досліджень, спрямованих на уточнення оптимального рівня введення селенометіоніну у складі комбікормів та оцінку його впливу на забійні показники і м'ясну продуктивність курчат-бройлерів [11].

Метою дослідження є встановлення впливу згодовування селенометіоніну у складі комбікормів на забійні показники та м'ясну продуктивність курчат-бройлерів

Методика досліджень. Дослідження проводили у формі науково-господарського досліді на курчатах-бройлерах кросу Кобб-500, яких утримували в умовах, що відповідали зоогігієнічним нормам та технологічним вимогам вирощування птиці. Формування груп здійснювали за принципом аналогів з урахуванням віку, живої маси та фізіологічного стану.

Для проведення досліді було сформовано 3 групи курчат-бройлерів по 50 голів у кожній: контрольну та дві дослідні. Птиця контрольної групи отримувала повнораціонний комбікорм, збалансований відповідно до норм годівлі, тоді як до раціону курчат дослідних груп додатково вводили селенометіонін у дозах 0,3 та 0,5 мг/кг комбікорму відповідно. Тривалість досліді становила 42 доби, що відповідає стандартному періоду вирощування бройлерів [12].

Умови утримання, мікроклімат, режим годівлі та напування були однаковими для всіх груп і відповідали загальноприйнятим технологічним вимогам у птахівництві.

На 42-гу добу вирощування проводили контрольний забій птиці з подальшим визначенням забійних показників [13]. Передзабійну масу визначали шляхом індивідуального зважування птиці перед забоєм. Після забою визначали масу тушки, напівпатраної тушки та розраховували забійний вихід як відношення маси тушки до передзабійної маси, виражене у відсотках.

Морфологічний склад туші визначали шляхом анатомічного розбору з виділенням основних компонентів: грудних і стегнових м'язів, кісток та шкіри з підшкірним жиром. На основі отриманих даних розраховували вихід їстівних і неїстівних частин, а також коефіцієнт м'ясності як відношення маси їстівних частин до неїстівних.

Біометричну обробку результатів досліджень проводили з використанням загальноприйнятих методів варіаційної статистики з визначенням середніх значень (M) та похибки середнього ($\pm m$). Достовірність різниць між показниками оцінювали за критерієм Стюдента з урахуванням рівня значущості $P < 0,05$.

Виклад основного матеріалу. З метою оцінки ефективності використання селенометіоніну у годівлі курчат-бройлерів було досліджено їх основні забійні показники, які є інтегральною характеристикою м'ясної продуктивності птиці та відображають рівень реалізації її генетичного потенціалу.

Визначення передзабійної маси, забійної маси, забійного виходу, а також маси та виходу грудних м'язів дозволяє об'єктивно оцінити вплив кормових факторів на формування продукції та її товарну цінність.

З цією метою у 42-добовому віці було проведено контрольний забій курчат-бройлерів, за результатами якого визначено основні забійні показники (табл. 1).

Таблиця 1

Забійні показники курчат-бройлерів (42 доба, n = 10)

Група	Передзабійна маса, г	Забійна маса, г	Забійний вихід, %	Маса грудних м'язів, г	Вихід грудних м'язів, %
Контроль	2600 ± 16	1820 ± 18	70,0	560 ± 9	21,5
0,3 мг/кг	2715 ± 15*	1920 ± 20*	70,7	605 ± 10*	22,3
0,5 мг/кг	2790 ± 17*	1995 ± 22*	71,5	645 ± 11*	23,1

* P<0,05 порівняно з контролем.

Аналіз даних свідчить, що згодовування селенометіоніну у складі комбікор-мів сприяло покращенню основних показників м'ясної продуктивності птиці. Зокрема, передзабійна маса курчат-бройлерів дослідних груп достовірно перевищувала контрольні значення. У групі, що отримувала 0,3 мг/кг селенометіоніну, цей показник був вищим на 115 г, або 4,4%, тоді як при внесенні 0,5 мг/кг – на 190 г, або 7,3% (P<0,05). Це свідчить про позитивний вплив досліджуваної добавки на інтенсивність росту птиці.

Аналогічна тенденція встановлена і щодо забійної маси. У дослідних групах вона зросла відповідно на 100 г (5,5%) та 175 г (9,6%) порівняно з контролем, що також було статистично достовірним (P<0,05). Підвищення забійної маси є важливим показником ефективності використання кормових добавок у годівлі птиці.

Забійний вихід у курчат-бройлерів дослідних груп мав тенденцію до підвищення і становив 70,7% та 71,5% проти 70,0% у контрольній групі, що свідчить про більш ефективне використання поживних речовин корму та кращу конверсію маси тіла у продукцію.

Особливу увагу привертають показники розвитку грудних м'язів, які є найбільш цінною частиною тушки. У дослідних групах маса грудних м'язів достовірно збільшилась на 45 г (8,0%) при дозі 0,3 мг/кг та на 85 г (15,2%) при дозі 0,5 мг/кг селенометіоніну (P<0,05). Відповідно зростав і їх відносний вихід – до 22,3% та 23,1% проти 21,5% у контрольній групі.

Отримані результати свідчать про стимулюючий вплив селенометіоніну на процеси білкового обміну, що сприяє інтенсивнішому розвитку м'язової тканини та підвищенню м'ясної продуктивності курчат-бройлерів. Таким чином, використання селенометіоніну в раціонах птиці є ефективним технологічним прийомом підвищення забійних показників, причому найбільш виражений ефект спостерігається при дозі 0,5 мг/кг комбікорму.

Поряд із загальними забійними показниками важливе значення для оцінки м'ясної продуктивності має аналіз морфологічного складу туші, який дозволяє більш детально охарактеризувати співвідношення основних тканин та визначити якісні зміни у структурі продукції.

З метою поглибленого вивчення впливу селенометіоніну на формування тканинного складу туш курчат-бройлерів було проведено їх морфологічний аналіз, результати якого наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Морфологічний склад туші курчат-бройлерів (42 доба, n = 10)

Група	Напівпатрана тушка, г	Грудні м'язи, г	Стегнові м'язи, г	Кістки, г	Шкіра з підшкірним жиром, г
Контроль	1950 ± 20	560 ± 9	420 ± 8	380 ± 7	290 ± 6
1 – дослідна	2055 ± 22*	605 ± 10*	445 ± 9*	385 ± 8	295 ± 7
2 – дослідна	2130 ± 25*	645 ± 11*	470 ± 10*	390 ± 8	300 ± 7

* P < 0,05 порівняно з контролем.

Аналіз морфологічного складу туші показав, що згодовування селенометіоніну сприяло покращенню співвідношення тканин у туші курчат-бройлерів. Маса напівпатраної тушки у дослідних групах достовірно перевищувала контроль на 105 г (5,4%) у групі 0,3 мг/кг та на 180 г (9,2%) у групі 0,5 мг/кг (P < 0,05).

Найбільш суттєві зміни встановлено щодо розвитку грудних м'язів: їх маса зросла на 8,0% і 15,2% відповідно у дослідних групах. Маса стегнових м'язів також підвищувалась – на 6,0% та 11,9%, що свідчить про загальне покращення м'ясної продуктивності. При цьому маса кісток та шкіри з підшкірним жиром змінювалась незначно і не мала статистично достовірних відмінностей, що вказує на спрямованість росту переважно на

Для узагальнення отриманих результатів та оцінки харчової цінності туш було визначено вихід їстівних та неїстівних частин (табл. 3).

Таблиця 3

Вихід їстівних частин туші курчат-бройлерів (42 доба, n = 10)

Група	Їстівні частини, %	Неїстівні частини, %	Коефіцієнт м'ясності
Контроль	68,5	31,5	2,17
1 – дослідна	70,2	29,8	2,36
2 – дослідна	71,8	28,2	2,55

Як видно з наведених даних, згодовування селенометіоніну курчатам-бройлерам сприяло покращенню структури туші за рахунок збільшення частки їстівних компонентів. Зокрема, вихід їстівних частин у дослідних групах мав чітку тенденцію до підвищення. У групі, що отримувала 0,3 мг/кг селенометіоніну, цей показник становив 70,2%, що на 1,7 відсоткового пункту більше порівняно з контролем (68,5%). За підвищення дози до 0,5 мг/кг вихід їстівних частин зростав до 71,8%, перевищуючи контроль на 3,3 відсоткового пункту.

Відповідно спостерігалось зниження частки неїстівних компонентів туші. Якщо у контрольній групі цей показник становив 31,5%, то у дослідних групах він зменшувався до 29,8% та 28,2%, що свідчить про більш ефективне формування м'язової тканини та раціональніше використання поживних речовин корму. Коефіцієнт м'ясності, який характеризує співвідношення їстівних і неїстівних частин туші, у дослідних групах також підвищувався. У групі 0,3 мг/кг він становив 2,36, що на 0,19 більше порівняно з контролем (2,17), а у групі 0,5 мг/кг – 2,55, перевищуючи контроль на 0,38. Зростання цього показника свідчить про покращення товарних і споживчих властивостей продукції.

Таким чином, отримані результати вказують на позитивний вплив селенометіоніну на формування туш курчат-бройлерів із підвищеною часткою м'язової тканини, що проявляється у збільшенні частки їстівних компонентів та підвищенні

коефіцієнта м'ясності. Найбільш виражений ефект спостерігається при застосуванні дози 0,5 мг/кг комбікорму.

Висновки. Отримані результати свідчать, що згодовування селенометіоніну у складі комбікормів курчат-бройлерів підвищує їх м'ясну продуктивність, що проявляється у збільшенні передзабійної та забійної маси, а також покращенні забійних показників. Використання добавки сприяє інтенсивнішому розвитку м'язової тканини, зокрема грудних м'язів, та покращенню морфологічного складу туші без суттєвого впливу на вміст кісток і жиру. Встановлено підвищення виходу істівних частин і коефіцієнта м'ясності, що свідчить про покращення якості продукції. Найбільш ефективною є доза селенометіоніну 0,5 мг/кг комбікорму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Habibian M., Sadeghi G., Ghazi S., Moeini M.M. Selenium as a feed supplement for heat-stressed poultry: a review. *Biol Trace Elem Res.* 2015. 65(2):183-93. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0275-x>
2. Choct M., Naylor A.J., Reinke N. Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. *Br Poult Sci.* 2004. 45(5). 677-83. doi: <https://doi.org/10.1080/00071660400006495>
3. Yoon I., Werner T.M., Butler J.M. Effect of Source and Concentration of Selenium on Growth Performance and Selenium Retention in Broiler Chickens. *Poultry Science.* 2007. 86 (4). 727-730. doi: <https://doi.org/10.1093/ps/86.4.727>
4. Silva V.A., Clemente A.H.S., Nogueira B.R.F., de Carvalho A.C., de Freitas L.F.V.B., Ramos A.L.S., Bertechini A.G. Supplementation of selenomethionine at different ages and levels on meat quality, tissue deposition, and selenium retention in broiler chickens. *Poultry Science.* 2019. 98(5). <https://doi.org/10.3382/ps/pey569>.
5. Wang Y., Zhan X., Zhang X., Wu R., Yuan D. Comparison of different forms of dietary selenium supplementation on growth performance, meat quality, selenium deposition, and antioxidant property in broilers. *Biol Trace Elem Res.* 2011. 43(1). 261-73. doi: [10.1007/s12011-010-8839-2](https://doi.org/10.1007/s12011-010-8839-2).
6. Arnaut P.R., da Silva Viana G., da Fonseca, L. et al. Selenium source and level on performance, selenium retention and biochemical responses of young broiler chicks. *BMC Vet Res.* 2021. 17. 151. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02855-4>
7. Sobolev O.I., Lisohurska D.V., Pyvovar P.V., et al. Modeling the effect of different dose of selenium additives in compound feed on the efficiency of broiler chicken growth. *Ukrainian Journal of Ecology* . 2021. Vol. 11(2) . P. 292–299. doi: [10.15421/2021_113](https://doi.org/10.15421/2021_113)
8. Гриневич Н., Ткачук С., Соболев О., Савчук Л. Якість м'яса бройлерних курчат при годівлі неорганічною формою селену. *Наукові звіти Національного університету біоресурсів і природокористування України.* 2023. 19(6). [https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.015](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.015)
9. Соболев О.І., Гутий Б.В., Кузьменко П.І., Різничук І. Ф., Кишлалі О.К., Соболева С.В. Селен та його моделюючий вплив на організм молодяку гусей. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2022. 24(96), 61-69. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9608>
10. Побережець Я.М., Огороднічук Г.М., Разанова О.П., Гутий Б.В., Скоромна О.І., Фаріонік Т.В. Вплив мінеральної кормової добавки на продуктивність курчат-бройлерів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Ветеринарні науки.* 2023. 25(111). 23-27. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11104>

11. Choct M., Naylor A.J., Reinke N. Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. *Br Poult Sci.* 2004. 45(5). 677-83. doi: <https://doi.org/10.1080/00071660400006495>

12. Ібатуллін І.І., Жукорський О.М., Бащенко М.І., та ін. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: посібник. Київ: Аграрна наука, 2017. 327 с.

13. ДСТУ 3136:2017. Птиця сільськогосподарська для забою. Технічні умови. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 12 с.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

UDC 615.89:638.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.30>

APITHERAPEUTIC PYRAMID (UKRAINIAN PATENT NO. UA 160916, AUTHOR: ANATOLII OLSHANSKYI): INTEGRATION OF HONEYBEE COLONIES INTO WELLNESS APITECHNOLOGIES AND IMPLEMENTATION WITHIN THE AMERICAN PROGRAMS "HIVES FOR HEROES" AND "HONEYBEE PROGRAMS"

Olshanskyi A.I. – Apiconsultant, Self-Employed Attorney

orcid.org/0009-0001-5270-4937

The article presents an interdisciplinary analysis of the integration of api-oriented non-pharmacological interventions based on controlled interaction with live honeybee colonies into rehabilitation and preventive care practices in the United States. The study examines two interconnected domains: inhalation practices using "beehive air" and therapeutic beekeeping in veteran-oriented programs, while also introducing a technologically codified Ukrainian case, the Apitherapeutic Pyramid (Ukrainian Patent No. UA 160916). The methodological basis combines critical-analytical synthesis of scientific publications, differentiation of evidence levels, sociological analysis of patient acceptability and communication barriers, and an applied institutional analysis of transfer conditions for the U.S. rehabilitation context. The findings indicate that institutional acceptance in the United States depends primarily on biosafety, procedural reproducibility, and measurable outcomes compatible with rehabilitation administration and quality-improvement practice, including the use of EQ-5D-5L in the HIVES program. Using VA and partner communications, the article also clarifies the role of local dissemination channels referred to as "Honeybee Programs" in translating therapeutic beekeeping from innovation platforms to facility-level recruitment and service delivery. The patented Apitherapeutic Pyramid is interpreted as a technologically structured model for integrating live honeybee colonies into wellness apitechnologies and as a candidate for further standardization in ventilation parameters, sensory exposure composition, biosafety control, and clinical-ethical supervision. The article substantiates the need for subsequent studies that separate inhalation, vibroacoustic, and auditory components of exposure and apply valid quality-of-life indicators in multidisciplinary veteran care trajectories.

Key words: apitherapy, beehive air, therapeutic beekeeping, veterans, rehabilitation, complementary medicine, Apitherapeutic Pyramid, HIVES, Honeybee Programs.

Ольшанський А.І. Апітерапевтична піраміда (Патент України № UA 160916, автор: Анатолій Ольшанський): інтеграція бджолиних колоній в оздоровчі апітехнології та впровадження в межах американських програм Hives for Heroes («Вулики для героїв») та Honeybee Programs («Програми медоносних бджіл»)

У статті здійснено міждисциплінарний аналіз можливостей інтеграції апіорієнтованих нефармакологічних втручань, заснованих на контрольованій взаємодії з живими бджолиними сім'ями, у практики реабілітації та профілактичного супроводу в США. Предметом розгляду є поєднання двох напрямів: інгаляційні практики "вуликового повітря" та терапевтичне бджільництво у ветеранських програмах, а також технологічно кодифікований український кейс – «Апітерапевтична піраміда» (патент України № UA 160916). Методична основа включає критико-аналітичний синтез наукових публікацій, порівняння рівнів доказовості, соціологічний аналіз прийнятності комплементарних практик і прикладний аналіз інституційних умов трансферу в американський реабілітаційний сектор. Показано, що для інституційної легітимзації таких втручань у США визначальними є показники безпечності, відтворюваність процедури та наявність вимірюваних результатів, сумісних зі статистикою реабілітаційних служб (зокрема використання



© Olshanskyi A.I., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

EQ-5D-5L у програмі HIVES). На підставі матеріалів VA та партнерських ресурсів уточнено роль локальних комунікаційних майданчиків ("Honeybee Programs") у поширенні терапевтичного бджільництва на рівні окремих медичних закладів. Патентований виріб «Апі-терапевтична піраміда» розглянуто як технологічно структурований варіант інтеграції живих бджолиних сімей у wellness-апитехнології, придатний для подальшої стандартизації за параметрами вентиляції, сенсорного навантаження, біобезпеки та клініко-етичного супроводу. Обґрунтовано доцільність подальших досліджень із розмежуванням інгаляційного, віброакустичного та аудіального компонентів впливу й використанням валідних індикаторів якості життя.

Ключові слова: апітерапія, вуликове повітря, лікувальне бджільництво, ветерани, реабілітація, комплементарна медицина, апітерапевтична піраміда, вулики, програми бджільництва.

Problem statement. The rehabilitation and preventive care sector in the United States requires non-pharmacological interventions that combine an acceptable safety profile, procedural reproducibility, and measurable outcomes suitable for institutional reporting and quality improvement [3; 4]. Against this background, apitherapeutic practices based on controlled interaction with live honeybee colonies are of practical interest in two formats: inhalation exposure to beehive air and therapeutic beekeeping in veteran-oriented programs [3; 4].

Analysis of recent research and publications. The analytical corpus includes studies on beehive-air volatile composition and chemometric profiling, consumer acceptability of apitherapeutic means, technical aspects of beehive-air sampling and sensing, and preclinical assessments of beehive air and pollen exposure [1; 2; 9; 10; 12]. A separate block of sources documents therapeutic beekeeping for veterans in the United States, including Department of Veterans Affairs materials and partner communications on program organization and dissemination [3; 4; 13-16; 22].

Identification of previously unresolved parts of the general problem. An unresolved issue is the scientific and organizational linkage between inhalation-oriented apitherapeutic practices, institutionally structured therapeutic beekeeping for veterans, and a technically codified Ukrainian design solution that may be adapted for reproducible wellness and rehabilitation use under safety-oriented operating conditions [4; 5; 22].

Formulation of the article's purpose. The purpose of this publication is to substantiate the expediency of scientifically and organizationally managed integration of api-oriented non-pharmacological interventions based on controlled interaction with live bee colonies into the U.S. veteran rehabilitation continuum, and to define the implementation potential of the Apitherapeutic Pyramid (UA No. 160916) within wellness apitechnologies and the American programs Hives for Heroes and Honeybee Programs [4; 5; 15; 16; 22].

Presentation of the main research material with full substantiation of the scientific results obtained. The argument is developed through three interconnected analytical lines: assessment of beehive-air inhalation literature and its evidentiary limits; institutional analysis of therapeutic beekeeping for veterans in the United States; and engineering-implementation analysis of the patented Apitherapeutic Pyramid as a potentially reproducible wellness-apitechnology platform [1-5; 9-10; 12-18; 22]. A comparative summary of these intervention formats and their institutionally relevant characteristics is presented in Table 1.

Publications on apitherapy describe beehive-air inhalation as exposure to a complex mixture of volatile and aerosol components generated in the hive microenvironment. The cited sources mention terpenes, essential oils, pheromonal components, wax fractions, alcohols, glandular secretions, propolis aerosol, trace elements, and enzymatic

Table 1
Comparative Characteristics of Apitherapy-Oriented Interventions by Criteria of Institutional Suitability for Rehabilitation Application in the United States

Direction / intervention format	Primary type of impact	Available evidentiary basis within the article	Institutionally significant advantages
Inhalation practices involving “hive air”	Inhalation exposure to aerosolized and volatile components of the hive environment	Chemical profiling, microbiological observations, and preclinical data; clinical evidence remains limited	Provides a basis for further toxicological, microbiological, and infection-risk assessment; corresponds to the demand for non-pharmacological interventions
Therapeutic beekeeping in veteran programs (HIVES, Hives for Heroes, Honeybee Programs)	Psychosocial, recreational, and socially integrative impact combined with rehabilitation support	VA institutional materials, quality-improvement logic, use of EQ-5D-5L, and reported positive changes in quality of life	Social integration, mentorship, reduced isolation, compatibility with rehabilitation monitoring practices, and availability of dissemination channels
“Apitherapeutic Pyramid” (Patent UA 160916)	Complex sensory impact: inhalation, vibroacoustic, and auditory, without direct patient contact with bees	Patent-based codification of the structure, technical description, and professional and media reports on operational characteristics	Technological formalization, design reproducibility, and potential for standardization of ventilation, sensory load, biosafety, and clinical-ethical supervision

Source: compiled by the author.

admixtures [6-8]. However, chemical characterization should not be equated with clinical proof; it mainly supports hypothesis generation and preliminary risk analysis [1; 10].

Evidence supporting further study includes reports on volatile composition and antibacterial activity, including methyl salicylate, eugenol, and terpene fractions with reported beta-linalool prevalence, as well as activity against *Staphylococcus aureus* and MRSA [1]. For U.S. institutional settings, such data are important primarily as a basis for toxicological, microbiological, and infectious-risk assessment before wider clinical use [1; 4].

A scientifically precise description of beehive-air therapy at the current stage is a hypothesis with partial preclinical support rather than a clinically standardized intervention [10]. Preclinical models assess biochemical and immunological indicators after exposure to beehive air and/or pollen in animals, but these data do not eliminate the need for controlled human studies with defined endpoints [10].

A key methodological problem is the combination of inhalation exposure with auditory and vibroacoustic components (hive sound, rest above colonies, vibration perception). This composite practice may have recreational and psychosocial value, but it prevents clear attribution of outcomes to inhalation and therefore requires analytical separation of sensory factors in study design [11]. In U.S. implementation, this implies standardized procedural descriptions and outcome instruments compatible with rehabilitation statistics and quality-improvement practice [3; 4].

The broader apitherapy discourse demonstrates two stable tendencies in complementary medicine: growing demand for preventive practices integrated into lifestyle and expansion of health-related services in experiential and recreational formats (apitourism, wellness farms, spa services) [2; 19; 20]. At the same time, survey evidence indicates limited consumer awareness and a potential increase in willingness to use apitherapeutic means after structured information is provided [2].

This combination of demand growth and low awareness supports interpretation of an acceptance barrier as a communication problem involving risk description, expected outcomes, and the boundaries of current evidence [12]. In the U.S. setting, informed consent and patient counselling require standardized descriptive modules that specify allergological and infectious risks, procedural conditions, and actions in case of adverse events [4; 12].

The U.S. segment of apitherapeutic practice is especially important because institutional acceptance is shaped by safety, reproducibility, and measurable outcomes rather than by market popularity alone [3; 4]. Therapeutic beekeeping programs for veterans are illustrative in this regard because they combine recreational therapy, psychosocial support, and elements of social and occupational reintegration [3; 15; 16].

Particular attention should be given to the Honeybee Initiative for Veteran's Empowerment and Support (HIVES) in the U.S. Department of Veterans Affairs innovation environment [4]. The program profile uses standardized quality-of-life self-assessment (EQ-5D-5L) in a pre/post measurement logic compatible with rehabilitation administration and quality-improvement reporting [3; 4]. This format is methodologically significant as an institutionally acceptable presentation of a complementary practice, even though it is not final proof of clinical efficacy [3; 4]. The relevance of this approach is strengthened by a VA-associated quality-improvement publication reporting statistically significant changes in mobility, anxiety/depression, and overall health assessment among veterans engaged in beekeeping [3].

Non-governmental initiatives such as Hives for Heroes build a social infrastructure of veteran support through mentoring and inclusion in beekeeping communities [15; 16]. From a sociological and socio-pedagogical perspective, this supports social integration, reduces isolation, and strengthens routines of self-organization relevant to long-term recovery [15]. It also increases demand for technologically structured interventions that can be described through reproducible procedures, safety parameters, and differentiated sensory components [3; 4].

A further dissemination channel is represented by facility-level VA communications that present therapeutic beekeeping under the HIVES/Honeybee Programs designation. For example, the VA Coatesville Health Care announcement describes a free Therapeutic Beekeeping Program for Veterans, specifies the launch of the 2026 cycle, and emphasizes outpatient access through VA referral together with peer connectedness and mindfulness-oriented participation [22]. Analytically, such notices are important because they document the translation of an innovation from a central platform into routine recruitment and local service delivery [4; 22].

A significant technologically codified api-intervention is the utility model Apitherapeutic Pyramid (UA No. 160916) [5]. The patent records features relevant to biosafety and reproducibility: at least one therapeutic bed positioned on hive units with live colonies inside a pyramidal structure oriented to cardinal directions and equipped with windows and doors [5]. Wooden hives with service openings and ventilation grilles formally support controlled gas exchange between the nest volume and the interior space [5]. The structure is placed on supports, covered with reeds, and configured so hive

entrances project outward while the upper parts extend into the pyramid; access is provided by stairs through a floor hatch [5]. Variable design elements in the patent formula indicate scaling potential for different institutional sites under standardized operating conditions [5]. Professional circulation of the technology is additionally reflected in beekeeping periodicals [18]. A visualized model sample is presented in Fig. 1.



Fig. 1. Model of the Apitherapeutic Pyramid: general view of the structure with hive module, access stairs to the working platform, and support frame (visualization sample for describing the structural elements of the patented product)

Scientific and media descriptions of the product add operational characteristics, including multi-hive configurations, approximate colony population, and session/course duration [5; 17; 18]. The author's explanation stresses no direct patient-bee contact and a composite sensory exposure including vibration, background hive sound, and inhalation of nest air [5; 17]. For evidence-oriented evaluation, this requires parameterization of frequency characteristics, temperature and humidity, microparticle and microbial aerosol indicators, and separate assessment of allergological and infectious risks with adverse-event response procedures [3-5]. The patent provides legal codification and technical reproducibility, which is sufficient for preliminary institutional consideration in international wellness and rehabilitation contexts [5].

Conclusions and prospects for further research in this area. Beehive-air inhalation practices should presently be characterized as a promising direction of complementary medicine supported by chemical, microbiological, and preclinical data, but not yet by a sufficient volume of reproducible clinical studies with clearly defined endpoints [1; 10].

The reviewed literature also shows that European legitimization of apitherapy often proceeds through wellness markets and beekeeping traditions, whereas broader patient acceptance depends on structured communication and clinically responsible explanation of risks and expected outcomes [2; 12].

The U.S. experience of therapeutic beekeeping for veterans demonstrates an institutionally acceptable format for integrating complementary practices through

safety-oriented organization, mentoring as a socio-pedagogical resource, and standardized quality-of-life indicators such as EQ-5D-5L in a before/after quality-improvement design [3; 4; 15; 22].

The patented Apitherapeutic Pyramid may be considered a technologically structured option for integrating live bee colonies into health-oriented api-interventions. Its implementation potential in the United States and other countries depends on procedural standardization, biosafety, clinical ethics, and evidence-based outcome assessment with valid indicators [4; 5; 12; 17]. A central research task is controlled separation of inhalation, vibroacoustic, and auditory components followed by multidisciplinary evaluation of quality-of-life outcomes in veteran and other target groups [3; 4; 15; 16].

REFERENCES:

1. Abd El-Wahed A. A., Khalaf E. M., Hassan H. M., Al-Mokaddem A. K. Unravelling the beehive air volatiles profile as analysed via solid-phase microextraction (SPME) and chemometrics. *Journal of King Saud University – Science*. 2021. Vol. 33(4). Article 101449. DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101449.
2. Kopala E., Kuznicka E., Balcerak M. Survey of consumer preferences on the bee product market. Part 1. Honey. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Animal Science*. 2019. Vol. 58(2). P. 153–158. DOI: 10.22630/AAS.2019.58.2.16.
3. Carter V., Ingrao A., Bennett J. L., Gould C. Healing Hives: Exploring the Effects of Beekeeping on Veteran Mental Health and Quality of Life. *Therapeutic Recreation Journal*. 2024. Vol. 58(4). P. 413–422. DOI: 10.18666/TRJ-2024-V58-I4-12407.
4. U.S. Department of Veterans Affairs. HIVES – Honeybee Initiative for Veteran's Empowerment and Support. Diffusion Marketplace. [Electronic resource]. URL: <https://marketplace.va.gov/innovations/hives> (date of access: 28.02.2026).
5. Olshanskyi, A. I. Apiterapevtychna piramida [Apitherapeutic Pyramid]. Patent of Ukraine UA 160916 U. International Patent Classification A01K 47/00, A61G 10/00. Application number u 2024 05813. Filing date 09 December 2024. Publication of information on state registration 22 October 2025, Bulletin number 43. Electronic resource. Available at: <https://iprop-ua.com/inv/9sj1c6fb/> (date of access: 22 February 2026).
6. Bengsch E. Studie über das Potenzial der biomedizinischen Wirksamkeit von inhalierter Bienenluft. [Electronic resource]. URL: <https://www.chm.tu-dresden.de/lc3/dateien/stockluft.pdf> (date of access: 22.02.2026).
7. Musch H. Apitherapie. apiair-muschs Webseite. [Electronic resource]. URL: <https://www.apiair-musch.de/start/apitherapie/> (date of access: 28.02.2026).
8. Uccusic P. Bienenprodukte: Ihre Heilkraft und Anwendung. Genève : Ariston, 1985.
9. Szczurek A., Maciejewska M. Beehive Air Sampling and Sensing Device Operation in Apicultural Applications-Methodological and Technical Aspects. *Sensors*. 2021. Vol. 21(12). Article 4019. DOI: 10.3390/s21124019.
10. Delen S., Sahin E. Y., Altunok V., Sivrikaya A. Evaluation of the effectiveness of beehive air and pollen treatments in rats. *Acta Veterinaria Brno*. 2025. Vol. 94(3). P. 243–250. DOI: 10.2754/avb202594030243.
11. URBACT. BiodiverCity: Beehive therapy. [Electronic resource]. URL: <https://urbact.eu/articles/have-you-ever-tried-beehive-therapy-have-you-ever-met-biodiversity-officer> (date of access: 22.02.2026).
12. Männle H., Riepen T., Münstedt K. Apitherapeutic means and patients' willingness to accept them. *Journal of Apitherapy*. 2020. Vol. 7(1). P. 15–21. DOI: 10.5455/ja.20191228060053.
13. Diffusion Marketplace Monthly Newsletter (May 2024). [Electronic resource]. URL: <https://content.govdelivery.com/accounts/USVHA/bulletins/3983ad3> (date of access: 22.02.2026).

14. BEES & HIVES FOR VETERANS. [Electronic resource]. URL: <https://vets2vets.us/bees-hives-for-veterans/> (date of access: 22.02.2026).
15. Hives for Heroes®. Our Story / About us. [Electronic resource]. URL: <https://hivesforheroes.org/pages/about-us> (date of access: 22.02.2026).
16. Project Apis m. Spotlight: Hives for Heroes. 01.07.2024. [Electronic resource]. URL: <https://www.projectapism.org/pam-blog/spotlight-on-hives-for-heroesnbsp> (date of access: 28.02.2026).
17. Shevchuk M. Therapeutic bee bed in a pyramid: apitherapist Anatolii Olshanskyi described the author's technology. MedOboz. 26.11.2024. [Electronic resource]. URL: <https://med.oboz.ua/ukr/bdzholine-likuvalne-lizhko-v-piramidi-apiterapevt-anatolij-olshanskij-rozpoviv-pro-avtorsku-tehnologiyu.htm> (date of access: 22.02.2026).
18. Journal "Pasika" (issue 2024-12). Table of contents entry: Kononenko O. "Bee therapeutic bed in a pyramid" – invention of Anatolii Olshanskyi. [Electronic resource]. URL: <https://www.dimsadgorod.com/zhurnal-pasika/product/view/6/530> (date of access: 28.02.2026).
19. BeePathNet / Bee Path, Slovenia: Where Heritage meets Urban [Video]. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7EPRQM4iNgA> (date of access: 28.02.2026).
20. AIPH. Green City Case Study: Ljubljana, Slovenia: The Belly of Ljubljana. [Electronic resource]. URL: <https://aiph.org/green-city-case-studies/ljubljana-slovenia/> (date of access: 28.02.2026).
21. MyHoney. Beehive Therapy Secrets (蜂巢療法) [commercial web resource]. [Electronic resource]. URL: <https://myhoney.tw/beehive-therapy-secrets/> (date of access: 28.02.2026).
22. U.S. Department of Veterans Affairs, VA Coatesville Health Care. Therapeutic Beekeeping Program for Veterans. [Electronic resource]. URL: <https://www.va.gov/coatesville-health-care/events/85142/> (date of access: 28.02.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

UDC 638.14

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.31>

INNOVATIVE MULTIFUNCTIONAL CAGE FOR REARING, INTRODUCING, AND TRANSPORTING QUEEN BEES (UKRAINIAN PATENT NO. UA 160776, AUTHOR: OLEKSANDR OLSHANSKYI): A TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH IN COMMERCIAL QUEEN BREEDING AND INDUSTRIAL BEEKEEPING WITH PRACTICAL IMPLEMENTATION IN THE UNITED STATES

Olshanskyi O.I. – Independent researcher, queen breeder, beekeeper,
Fresno, California, United States of America
orcid.org/0009-0007-4234-2577

The article presents a scientific and applied analysis of the technological significance of an innovative multifunctional cage for rearing, introducing, and transporting queen bees protected by Ukrainian utility model patent No. UA 160776. The study evaluates the suitability of this design for commercial queen breeding and industrial beekeeping in the United States, where production cycles are characterized by high seasonal intensity, interstate logistics, and elevated sensitivity of queen quality to temperature fluctuations during shipment and introduction. The paper synthesizes professional and research publications concerning the effects of temperature spikes, shipment parameters, cage types (mailing cage, introduction cage, and push-in cage), and delayed-release procedures on queen acceptance, onset of oviposition, survival, and reproductive performance. It is shown that the engineering characteristics of the Olshanskyi cage correspond to major operational requirements of U.S. beekeeping, including ventilation, functional compartmentalization, transport stability, compatibility with introduction procedures, and applicability in work with instrumentally inseminated queens. The article additionally incorporates documentary confirmation of the legal status of the development through a properly captioned figure of the patent certificate. The practical value of the study lies in substantiating the scalable use of the design in industrial queen supply chains in the United States and in other countries with intensive beekeeping models.

Key words: queen breeding, queen introduction cage, queen transportation, industrial beekeeping, patent, United States.

Ольшанський О.І. Інноваційна багатофункціональна клітка для виведення, підсаджування та транспортування бджолиних маток (патент України № UA 160776, автор: Олександр Ольшанський): технологічний прорив у комерційному матковиведенні та промислому бджільництві з практичним впровадженням у США

У статті здійснено науково-прикладний аналіз технологічного значення інноваційної багатофункціональної клітки для виведення, підсаджування та транспортування бджолиних маток, що захищена патентом України № UA 160776. Дослідження спрямовано на оцінювання придатності конструкції до умов комерційного матковиведення та промислового бджільництва Сполучених Штатів Америки, де виробничі процеси характеризуються високою сезонною інтенсивністю, міжштатною логістикою та підвищеною чутливістю якості маток до температурних коливань під час перевезення і підсаджування. Узагальнено дані фахових публікацій щодо впливу температурних піків, параметрів доставки, типів кліток (mailing cage, introduction cage, push-in cage) та процедур контрольованого випуску матки на прийняття матки, початок яйцекладки, виживаність і репродуктивні показники. Показано, що технічні характеристики клітки Ольшанського корелюють із виробничими потребами американського бджільництва: вентиляція, розмежування функціональних відсіків, можливість безпечного транспортування,



© Olshanskyi O.I., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

придатність до процедур підсаджування та операцій з інструментально осімененими матками. Окремо введено документальне підтвердження правового статусу розробки через візуальне представлення свідоцтва (патентного документа) як ілюстративного матеріалу. Практична цінність статті полягає в обґрунтуванні можливостей масштабованого використання конструкції в промислових ланцюгах постачання маток у США та в інших країнах з інтенсивними моделями бджільництва.

Ключові слова: бджолине матковиведення, бджолина матка, клітка для підсаджування, транспортування маток, промислове бджільництво, патент, США.

Problem statement. American queen-rearing practice in the segment of rearing, introduction, and transportation of queens is characterised by a set of controllable technological risks. These risks directly determine queen acceptance by the recipient colony. A substantial impact is observed at the stage of initiation of oviposition. Additional effects are recorded as shifts in reproductive indicators and colony stability in early-season production cycles. Cage design functions as a critical variable in U.S. industrial supply chains. Domestic operating conditions transform the queen into a standardised object of professional circulation. This object exhibits high sensitivity to the parameters of transportation and introduction.

Analysis of recent research and publications. The U.S. queen market operates under seasonally compressed timelines and a high concentration of demand, directly associated with migratory pollination and early-spring agricultural cycles. Materials prepared to describe the technological solution outline a spatial concentration of the sector by states (for example, California – 930,000 colonies; Texas – 295,000; Florida – 285,000, etc.), which converts interstate movement of queens and package bees into a routine industrial practice rather than a situational episode. Field and production practice in California evidences seasonal intensification of work in the almond sector: “more than 2 million colonies every February” and the requirement to provide “vigorous laying queens in late winter”, meaning productive queens at the end of winter, when even minor deviations in shipping conditions (delay, overheating, or chilling) rapidly translate into quality losses and financial damage.

Identification of previously unresolved parts of the general problem. American professional discourse consolidates three basic cage types—mailing cage, introduction cage, and push-in cage—and the selection of cage type, the method of delayed release (a candy plug or manual release), the presence and number of attendant bees, and the thermal profile of shipment constitute operationalised determinants used to explain variation in queen acceptance, onset of oviposition, survival, and sperm-quality indicators [1–3]. Institutional codification of these practices in the United States is supported by extension documents: Purdue Extension (E-277) systematises common models and formats (including Benton, California mini, JZ-BZ, and push-in), as well as recommendations on placement, screen type, and the organisation of preliminary contact through a barrier [7]. A historical retrospective of the institutionalisation of material means of introduction is reflected in USDA Agriculture Handbook 335, “Beekeeping in the United States”, where the mailing of queens in cages and the use of a candy plug are recorded as a standard for delayed release, indicating the long-term reproduction of these practices within U.S. production culture [10].

Formulation of the objectives of the article. A key problem area for the United States lies in the fact that logistics-related risks have not only a behavioural but also a reproductive dimension. In PLOS ONE, J. S. Pettis, N. Rice, C. Joselow, D. vanEngelsdorp, and W. Chaimanee note that “during shipment queens are exposed to temperature spikes (<8 and > 40°C)”, emphasising the consequence that such spikes “can kill 50% or more of

the sperm” in the queen’s spermatheca [1]. A field-experimental study by J. M. Withrow, J. S. Pettis, and D. R. Tarry (Journal of Economic Entomology) links the temperature conditions of package-bee transportation to subsequent problems of queen establishment and premature queen loss, stressing that part of colony management problems is associated with reduced reproductive quality of queens [2]. Decomposition of shipping into components in *Apidologie* (A. Rousseau, E. Houle, P. Giovenazzo, et al.) specifies the role of abiotic factors and attendant bees; the authors state that “both low and high temperatures significantly decrease sperm viability”, thereby translating requirements for cage ventilation, attendant-bee capacity, and packaging thermal insulation into a unified production configuration rather than “secondary accessories” [3]. Consequently, within U.S. conditions the cage performs the function of an instrument of biosecurity, managed social contact, and logistics stabilisation: it mediates thermoregulation, care by attendant bees, and the pace and method by which the queen is permitted access to the recipient colony [1–3].

Presentation of the main research material with full substantiation of the obtained scientific results. The normative-organisational dimension of the problem is expressed in a gap between codified recommendations and field variability of introduction procedures. K. Given’s document (Purdue Extension, E-277) warns: “Queens may be rejected, injured, or killed by the colony during the introduction process”, thereby legitimising the cage as a means to reduce queen losses and colony destabilisation [7]. At the same time, the corpus of controlled comparative studies in which “cage type” is the central variable remains limited; the classic work of T. I. Szabo (Journal of Apicultural Research, 1978) is illustrative, comparing push-in and mailing cages [4]. The regional factor of Africanized populations in the United States increases the risk of queen rejection; in field data from Arizona, E. Guzmán-Novoa, R. E. Page Jr, and A. Correa-Benitez (American Bee Journal, 1997) describe the Benton mailing cage as a standard introduction tool with high acceptance rates for European queens in colonies of different types [5]. Contrasting material by E. M. Holmes et al. (Journal of Insect Science, 2023) on introducing queen cells into queenright colonies (in honey supers) demonstrates a low probability of successful requeening in the presence of an existing queen, reinforcing the conclusion that controlled introduction of queen material is necessary in situations where colony tolerance constitutes a high-risk variable [6].

Documentary confirmation of the state registration of the utility model is presented in Fig. 1. The certificate confirms the registration in the State Register of Utility Models of Ukraine of patent No. 160776 for the utility model “Multifunctional cage for the introduction, transportation, and rearing of honey bee queens” (registration date: 08.10.2025), which is relevant for the legal substantiation of the use of this design as an object of technological implementation in international beekeeping practice.

Practices of introducing instrumentally inseminated queens in the United States are treated as procedures of heightened technological responsibility. The standard by S. W. Cobey et al. (“Standard methods for instrumental insemination of *Apis mellifera* queens”) defines the push-in cage as a recommended means for introducing a newly inseminated queen with attachment to a comb area and specified holding periods [8]. The applied guide by K. Anton (SARE) reproduces this logic in the format of production training [9]. An additional set of parameters that materially affects the outcome accumulates in professional communication on BeeSource (candy density and moisture, cage orientation, duration of queenlessness, compatibility with JZ-BZ systems and queen-cell protectors), indicating the high significance of micro-conditions of user practice and strengthening demand for designs that reduce the sensitivity of the introduction operation to variation in beekeeper actions [11][12].



Fig. 1. Certificate (Ukrainian utility model patent No. 160776) for a multifunctional cage for introducing, transporting, and rearing queen bees

Practical use of the Olshansky cage in U.S. conditions may be interpreted as an attempt to align the engineering characteristics of the introduction carrier with risks that are typological for the United States: temperature extremes during delivery, controllability of social contact, and reproducibility of procedures across different operations [1–3] [7]. The claims of utility model No. 160776 describe the design as a multifunctional cage for the introduction, transportation, and rearing of honey bee queens, with a rectangular cross-section body; a queen compartment connected through openings to a feed compartment; a bee entrance opening; lateral ventilation openings; and a removable, horizontal top lid [13]. Manufacture of the body and lid from durable transparent food-grade plastic is specified, as is the geometry of an elongated inverted trapezoidal prism, along with the presence of an additional compartment for placing queen cells in the instrumental insemination procedure [13]. The second claim introduces external lateral support projections for connecting cages to one another when stacked vertically, which is constructively relevant for batch circulation of queens in production supply chains [13]. In this interpretation, the cage serves as a material instrument for reducing losses at the stages of introduction and transportation, and for procedures with elevated technological sensitivity, including the

introduction of newly inseminated queens [8][13]. The analytical synthesis of the correlation between the principal production risks of the U.S. queen market and the corresponding functional characteristics of the multifunctional cage for introducing, transporting, and rearing queen bees is presented in Table 1.

Table 1

Correlation between U.S. production risks and the functional characteristics of the multifunctional cage for introducing, transporting, and rearing queen bees

Production risk/operational problem in the USA	Indicator affected by the risk	Functional requirement for the cage	Structural feature of the multifunctional cage described in the article	Expected applied effect
Temperature fluctuations during interstate transportation	Queen survival, sperm viability, and subsequent reproductive quality	Provision of air exchange and reduced sensitivity to overheating or overcooling during shipment	Side ventilation openings; suitability for safe transportation; body made of durable transparent food-grade plastic	Greater transport stability and reduced risk of loss of queen quality
Risk of queen rejection or injury during introduction	Level of queen acceptance by the recipient colony	Provision of controlled contact between the queen, accompanying bees, and the recipient colony	Separation of functional compartments; queen compartment connected to the feeding compartment; opening for bee entry	Reduced tension during introduction and increased probability of queen acceptance
Variability of controlled queen release procedures across different beekeeping practices	Adaptation time, onset of egg laying, and procedural reproducibility	Compatibility with different queen introduction procedures and ease of handling	Removable horizontal top cover; functional subdivision of the internal space; suitability for introduction procedures	Easier standardization of working operations and lower dependence on the beekeeper's individual technique
Increased technological complexity of working with instrumentally inseminated queens	Preservation of reproductive quality and successful queen introduction after insemination	Presence of a specialized space for delicate operations and compatibility with procedures in this category	Additional compartment for placing queen cells in instrumental insemination procedures; suitability for operations involving instrumentally inseminated queens	Expansion of the cage's application in specialized queen rearing
High seasonal intensity and batch-based circulation of queens in industrial supply chains	Operational stability of circulation and convenience of serial use	Suitability for batch movement and compact placement within the production process	External lateral support projections for connecting cages during vertical stacking	Improved logistical convenience and suitability for serial use
Need to combine transportation, temporary holding, and queen introduction in a single device	Continuity of operations and reduction in the number of queen transfers	Multifunctionality of the design without changing the carrier at different stages of work	The cage is defined as multifunctional for queen rearing, transportation, and queen introduction	Reduction in the number of manipulations with the queen and lower technological losses within the production cycle

Source: compiled by the author.

Conclusions and prospects for further research. The described cage design demonstrates features of technological adaptability to the conditions of commercial queen breeding and industrial logistics in the United States, as well as to introduction procedures with increased requirements for preserving the reproductive quality of queens. A promising direction for further research is the conduct of controlled comparative trials with the recording of queen acceptance rates, time to onset of oviposition, survival, and colony stability under different temperature and transportation regimes.

REFERENCES:

1. Pettis J. S., Rice N., Joselow K., vanEngelsdorp D., Chaimanee V. Colony failure linked to low sperm viability in honey bee queens (*Apis mellifera*) and an exploration of potential causative factors. *PLOS ONE*. 2016. Vol. 11(2). e0147220. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147220>
2. Withrow J. M., Pettis J. S., Tarry D. R. Effects of Temperature During Package Transportation on Queen Establishment and Survival in Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*. 2019. Vol. 112(3). P. 1043-1049. <https://doi.org/10.1093/jee/toz003>
3. Rousseau A., Houle E., Giovenazzo P. Effect of shipping boxes, attendant bees, and temperature on honey bee queen sperm quality (*Apis mellifera*). *Apidologie*. 2020. Vol. 51. P. 724-735. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00756-3>
4. Szabo T. I. Queen introduction in push-in cages and mailing cages. *Journal of Apicultural Research*. 1978. Vol. 17(1). P. 41-43. <https://doi.org/10.1080/00218839.1978.11099897>
5. Guzman-Novoa E., Page R. E. Jr., Correa-Benitez A. Introduction and acceptance of European queens in Africanized and European honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *American Bee Journal*. 1997. Vol. 137(9). P. 667-668.
6. Holmes L. A., Kearns J. D., Ovinge L. P., Veiga P. W., Hoover S. E. Requeening queenright honey bee colonies with queen cells in honey supers (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Science*. 2023. Vol. 23(5). Article 20. P. 1-5. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead091>
7. Given K. Methods of Introducing Queens (E-277-W). Purdue Extension. Produced: 31.03.2024. [Electronic resource]. URL: <https://extension.entm.purdue.edu/publications/E-277/E-277.html> (date of access: 28.02.2026).
8. Cobey S. W., Tarry D. R., Woyke J. Standard methods for instrumental insemination of *Apis mellifera* queens. *Journal of Apicultural Research*. 2013. Vol. 52(4). P. 1-18. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.09>
9. Anton K. Honey Bee Insemination: Installing a Queen Using a Push-in Cage. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE). [Electronic resource]. URL: <https://projects.sare.org/media/pdf/a/r/t/art-9172.pdf> (date of access: 28.02.2026).
10. United States Department of Agriculture. Beekeeping in the United States. Agriculture Handbook 335 (revised). 1980. [Electronic resource]. URL: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/60500500/PDFFiles/1-100/015-USDA-%20Beekeeping%20in%20the.pdf> (date of access: 28.02.2026).
11. BeeSource Beekeeping Forums. Caging Virgin Queens and Introducing Into Nuc. [Electronic resource]. URL: <https://www.beesource.com/threads/caging-virgin-queens-and-introducing-into-nuc.201636/> (date of access: 28.02.2026).
12. BeeSource Beekeeping Forums. Queen cell protectors. [Electronic resource]. URL: <https://www.beesource.com/threads/queen-cell-protectors.265457/> (date of access: 28.02.2026).
13. Ukraine. Utility model patent No. 160776. Multifunctional cage for the introduction, transportation, and rearing of honey bee queens / O. I. Olshansky. Filed: 12.02.2025; published: 08.10.2025, Bulletin No. 41. [Electronic resource]. URL: <https://patents.google.com/patent/UA160776U/en> (date of access: 28.02.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 599.3:612.015.3:577.175

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.32>

МУЛЬТИФАКТОРНИЙ ХАРАКТЕР ПРОЦЕСУ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАРІННЯ У СОБАК: РОЛЬ ВОДНОГО ГОМЕОСТАЗУ

Осадча Ю.В. — д.с.-г.н., доцент

доцент кафедри прикладної біології, розведення та генетики тварин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-4126-2456

Старіння у собак є складним, багатокомпонентним і генетично детермінованим біологічним процесом, що реалізується під впливом ендогенних і екзогенних чинників та супроводжується поступовими структурно-функціональними змінами на молекулярному, клітинному, тканинному й системному рівнях. Воно характеризується зниженням адаптаційного потенціалу організму, накопиченням ушкоджень макромолекул, порушенням регуляторних механізмів і зменшенням ефективності відновних процесів. Одним із фундаментальних компонентів підтримання гомеостазу є водний баланс, який забезпечує сталість внутрішнього середовища, оптимальний перебіг біохімічних реакцій, транспорт поживних речовин і метаболітів, електролітну рівновагу та належну клітинну сигналізацію.

У собак похилого віку регуляція гідратаційного статусу зазнає суттєвих змін, що пов'язано зі зниженням чутливості центрів спраги, віковими особливостями функціонування нирок, змінами активності ренін-ангіотензин-альдостеронової системи та секреції вазопресину. Порушення водного гомеостазу супроводжується коливаннями осмолярності плазми, зменшенням об'єму циркулюючої крові, розвитком оксидативного стресу та дисфункцією мітохондрій. Це зумовлює зниження енергетичного забезпечення клітин, активацію прозапальних сигнальних шляхів і посилення процесів клітинного старіння. У клінічному аспекті дегідратація негативно впливає на функціонування нирок, печінки, серцево-судинної та нервової систем, сприяє імунній дисрегуляції, саркопенії та розвитку когнітивної дисфункції.

Сучасні наукові підходи розглядають порушення водного балансу як інтегративний чинник вікових змін, що взаємодіє з епігенетичними модифікаціями, геномною нестабільністю, порушенням протеостазу та хронічним системним запаленням. Зміни внутрішньо- і позаклітинної гідратації впливають на біофізичні властивості мембран, активність ензимів і ефективність міжклітинної комунікації. У зв'язку з цим підтримання адекватного рівня гідратації розглядається як перспективний напрям профілактики вікових порушень і підвищення якості та тривалості життя собак, що потребує подальших експериментальних і клінічних досліджень.

Ключові слова: старіння собак, водний гомеостаз, когнітивний занепад, молекулярні біомаркери, імунна дисфункція, підтримка гідратації.

Osadcha Yu. V. Multifactorial Nature of the Physiological Aging Process in Dogs: The Role of Water Homeostasis

Aging in dogs is a complex, multicomponent and genetically determined biological process influenced by endogenous and exogenous factors, accompanied by gradual structural and functional alterations at the molecular, cellular, tissue, and systemic levels. It is characterized by a decline in adaptive capacity, accumulation of macromolecular damage, dysregulation of homeostatic mechanisms, and reduced efficiency of reparative processes. One of the fundamental components of physiological stability is water balance, which ensures the constancy of the internal environment, optimal progression of biochemical reactions, transport of nutrients and metabolites, maintenance of electrolyte equilibrium, and proper cellular signaling.



© Осадча Ю.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

In geriatric dogs, regulation of hydration status undergoes significant changes associated with decreased sensitivity of thirst centers, age-related alterations in renal function, and modifications in the activity of the renin–angiotensin–aldosterone system and vasopressin secretion. Disturbances of water homeostasis are accompanied by fluctuations in plasma osmolarity, reduced circulating blood volume, development of oxidative stress, and mitochondrial dysfunction. These changes lead to impaired cellular energy supply, activation of proinflammatory signaling pathways, and acceleration of cellular senescence. Clinically, dehydration adversely affects renal, hepatic, cardiovascular, and nervous system function, contributing to immune dysregulation, sarcopenia, and cognitive dysfunction.

Contemporary scientific approaches consider disturbances in water balance as an integrative factor of age-related changes that interacts with epigenetic modifications, genomic instability, impaired proteostasis, and chronic systemic inflammation. Alterations in intra- and extracellular hydration influence membrane biophysical properties, enzymatic activity, and the efficiency of intercellular communication. Therefore, maintaining adequate hydration is regarded as a promising strategy for the prevention of age-associated disorders and for improving the quality and longevity of life in dogs, warranting further experimental and clinical investigation.

Key words: dog aging, water homeostasis, cognitive decline, molecular biomarkers, immune dysfunction, hydration maintenance.

Актуальність теми дослідження. Старіння є складним мультифакторним біологічним процесом, що охоплює всі функціональні системи організму та супроводжується поступовим зниженням здатності підтримувати гомеостаз у відповідь на внутрішні й зовнішні стресори. Це призводить до прогресивного функціонального виснаження на молекулярному, клітинному, тканинному й органному рівнях [1,2]. У ході старіння спостерігаються зниження метаболічної активності, порушення імунної та гормональної регуляції, а також обмеження поведінкової пластичності, що ускладнює адаптацію та подовжує період відновлення після стресу, підвищуючи ризик патологічних станів [3–5]. Важливим чинником підтримання фізіологічної рівноваги є водний гомеостаз, порушення якого суттєво впливає на перебіг вікових змін. Особливу актуальність це має для собак як моделі вивчення старіння ссавців і об'єкта ветеринарної практики, що зумовлює необхідність комплексного дослідження ролі водного балансу у процесах фізіологічного старіння.

Постановка проблеми. Старіння у собак є мультифакторним процесом, що супроводжується поступовим зниженням функціональних можливостей організму на всіх рівнях його організації. Водночас роль водного гомеостазу в механізмах старіння залишається недостатньо вивченою. Порушення регуляції водного балансу на клітинному й тканинному рівнях може прискорювати розвиток інших ознак старіння та негативно впливати на функціонування життєво важливих систем, зокрема ниркової, печінкової, серцево-судинної й нервової. Зневоднення у старіючих собак асоціюється з когнітивним зниженням, метаболічними й імунними порушеннями та підвищеним ризиком хронічних захворювань [37]. Недостатність комплексних досліджень із урахуванням ролі водного гомеостазу зумовлює актуальність системного вивчення його впливу на процеси старіння з метою підвищення якості та тривалості активного життя собак.

Результати досліджень. Особливості старіння у собак. Недавні дослідження підкреслюють значний вплив віку на фізіологію та поведінку собак [6–8], що вимагає врахування вікових факторів у дослідженнях різних стадій розвитку тварин [9]. Собака є ефективною моделлю для вивчення тривалості активного життя (*health span*) людини, а зростання чисельності літніх собак та людей підкреслює її актуальність. Проте молекулярні аспекти старіння у собак досліджені недостатньо, тому пропонується розробка молекулярних біомаркерів для об'єктивного моніторингу фізіологічного старіння і відокремлення його від вікових поведінкових змін

[10]. Проєкт «Dog Aging Project» (DAP), що охоплює близько 50 000 собак, сприяв глибокому розумінню молекулярних, фізіологічних та екологічних факторів старіння у собак [11]. Нижче наведено ключові результати цих досліджень із прикладом їх значення для ветеринарії та трансляційної науки у кінології.

Creevy К.Е. та співавтори (2022) [12] окреслили цілі та методологію Dog Aging Project (DAP) для комплексного вивчення біологічних, поведінкових і екологічних чинників старіння собак з потенційною трансляційною цінністю для біомедицини людини. Bray Е.Е. і колеги (2022) [13] встановили зв'язок між дієтою та тривалістю життя собак, що відкриває шлях до науково обґрунтованих харчових рекомендацій. У подальшому дослідженні (2023) [14] вони довели позитивний вплив регулярної фізичної активності на зниження когнітивного занепаду у старіючих собак, акцентуючи важливість активного способу життя для підтримки функцій центральної нервової системи.

McCoy В.М. та співавтори (2023) [15] показали значний вплив екологічних умов і стилю життя на здоров'я та тривалість життя собак. Morrill К. та колеги (2022) [16] виявили, що порода пояснює лише незначну частку поведінкової варіабельності, наголошуючи на ролі середовищних і індивідуальних факторів. Fleming J.M. і співавтори (2019) [17] проаналізували причини смертності собак у Північній Америці (1984–2004), показавши залежність від віку, розміру і породи, що важливо для профілактики та лікування. Фармакологічні дослідження Urfer S.R. з колегами (2017) [18] продемонстрували безпечність короточасного застосування рапаміцину у середньовікових собак і позитивний вплив на серцево-судинну функцію, відкриваючи перспективи подовження періоду здорового життя. Результати DAP створюють основу для поглибленого вивчення старіння та розробки комплексних стратегій підтримки здоров'я собак. McKenzie В.А. та співавтори (2022) [19] ідентифікували потенційні молекулярні біомаркери старіння для моніторингу фізіологічного віку та розуміння взаємозв'язку молекулярних процесів із хронологічним віком [20,21].

За сучасними оцінками, близько 35 % популяції собак – віком понад сім років, і ця частка зростає завдяки розвитку ветеринарії [22]. Оцінка старіння у собак здебільшого базується на фенотипових та поведінкових показниках, які залежать від породи, маси тіла і способу життя [22]. Великі та гігантські породи старіють швидше і живуть у середньому 5–6 років, тоді як дрібні породи мають триваліший життєвий цикл – до 12 років і більше [23].

Загальні ознаки старіння у собак. До зовнішніх ознак старіння собак належать посивіння шерсті, погіршення стану покриву, зниження зору та слуху, а також млявість і поведінкові зміни, зокрема дратівливість [24]. Старіння супроводжується функціональними порушеннями нирок, печінки та серця, які погіршуються зневодненням [20,25–30]. З віком знижується ниркова функція, підвищується ризик хронічних захворювань, погіршується детоксикація печінки, а зменшення об'єму крові збільшує навантаження на серце. Вплив навколишнього середовища – стрес, фізична активність, харчування та соціалізація – взаємодіє з біологічними процесами запалення й оксидативного стресу, які сприяють старінню [31]. Негативні психологічні фактори посилюють запалення і когнітивний занепад, тоді як збалансований спосіб життя і правильне харчування можуть підтримувати імунітет і уповільнювати вікові зміни [32–34]. Управління цими чинниками допомагає зменшити ушкодження і сприяє здоровому старінню.

Ключові механізми старіння. Раніше вчені виділили дев'ять ключових ознак старіння, що описують його вплив на клітини і тканини тварин [35], які слугували

основою для організації біологічних змін, пов'язаних із цим процесом. Пізніше модель доповнили трьома додатковими ознаками, довівши їх загальну кількість до дванадцяти [36]. Ці ознаки включають епігенетичні зміни, нестабільність геному, укорочення теломер, втрату протеостазу, змінений метаболізм, дисфункцію мітохондрій, клітинне старіння, виснаження стовбурових клітин, порушену міжклітинну комунікацію, дисфункцію імунної системи, накопичення токсичних метаболітів і дисбіоз. Враховуючи сучасний розвиток досліджень, пропонується додати ще одну гіпотетичну ознаку – порушення водного гомеостазу, що відображає зниження здатності регулювати водний баланс у клітинах і тканинах. Ця ознака досі не була вивчена у собак та інших видів. Таким чином, основні характеристики старіння включають зміни у метилюванні ДНК і гістонів, підвищені ушкодження ДНК та мутації, укорочення теломер, порушення синтезу та згортання білків, зміни обміну речовин, зниження енергетичного балансу і збільшення оксидативного стресу, накопичення старіючих клітин із запальними факторами, ослаблення імунітету, зниження регенеративних здібностей стовбурових клітин, порушення клітинної сигналізації, накопичення токсичних відходів і зміну мікробіоти кишечника.

Ключові ознаки старіння у собак. Концепція порушеного водного гомеостазу полягає у поступовому зниженні здатності організму підтримувати та регулювати водний баланс у клітинах і тканинах. Це порушення прискорює розвиток інших ознак старіння, проте досі не було досліджено у собак чи інших видів. Старіння супроводжується епігенетичними змінами, що впливають на експресію генів через модифікації метилювання ДНК та гістонів, а також геномною нестабільністю – підвищеним ушкодженням ДНК і мутаціями. Укорочення теломер обмежує реплікацію клітин, а втрата протеостазу призводить до накопичення дефектних білків через порушення їх синтезу та згортання. Змінений метаболізм впливає на вироблення енергії і підтримання гомеостазу, а дисфункція мітохондрій знижує енергетичний потенціал і збільшує оксидативний стрес [37].

Клітинне старіння викликає порушення функцій тканин через накопичення старіючих клітин, що виділяють запальні фактори. Дисфункція імунної системи підвищує ризик інфекцій, виснаження стовбурових клітин знижує здатність до відновлення тканин, а порушена міжклітинна комунікація погіршує імунну відповідь. Накопичення токсичних метаболітів ушкоджує клітини, а дисбіоз – зміна кишкової мікробіоти – викликає запалення, порушення обміну речовин і захворювання шлунково-кишкового тракту [37]. Розширення цих ознак забезпечує більш глибоке розуміння процесу старіння та відкриває нові можливості для втручання і профілактики.

У старіючих тварин спостерігаються зміни у складі тіла: зменшується загальна маса клітин, внутрішньоклітинна вода та запаси білка, водночас збільшується жирові відкладення [38–44]. Зниження вмісту внутрішньоклітинної води пов'язане з погіршенням функції нирок, зменшенням м'язової маси і збільшенням жирової тканини, що містить менше води. Це порушує життєво важливі функції: зменшується об'єм клітин, що впливає на обмін речовин і нервову передачу [42]. Зневоднення погіршує баланс електролітів і сповільнює нервові сигнали, викликаючи когнітивні симптоми, подібні до тих, що спостерігаються у літніх людей [43–46]. У собак зневоднення призводить до летаргії, дезорієнтації та зниження розумової активності, посилюючи синдром когнітивної дисфункції [45,46]. Тому підтримка гідратації є критичною для функціонування нервової системи у старіючих собак [47]. Втрата внутрішньоклітинної води також знижує здатність

організму регулювати температуру, підвищує ризик гіпертермії, викликає зменшення об'єму плазми та збільшує навантаження на серце. Травлення сповільнюється, а нирки стають менш ефективними у виведенні токсинів, підвищуючи ризик утворення каменів і пошкоджень [42]. Зневоднення також може послаблювати імунну систему, порушуючи метаболізм і функції імунних клітин [48,49].

Вода відіграє ключову роль у підтриманні фізіологічної рівноваги у собак протягом усього життя, а особливо у старшому віці. Вона є розчинником для метаболізму, транспортом поживних речовин і продуктів обміну, регулятором температури, структурним компонентом клітинних мембран, мастилом для тканин, посередником у передачі нервових сигналів і підтримує еластичність мембран. Розуміння цих функцій допомагає оцінити вплив порушень водного балансу на здоров'я старих собак [37].

Порушення функцій води у процесі старіння собак. Метаболічна роль: У процесі старіння роль води як розчинника та реагенту у метаболічних реакціях стає менш ефективною, що призводить до порушення ензиматичної активності та передачі нервових сигналів. Транспортна роль: Старіння знижує ефективність води у транспорті поживних речовин, гормонів і метаболітів, а також її здатність підтримувати функцію ниркового фільтрування. Регуляція температури: З віком здатність води підтримувати температуру тіла шляхом розподілу тепла через рідинні простори і випаровування через піт знижується. Структурна роль: Старіння призводить до зниження утримання води, що погіршує здатність підтримувати об'єм клітин і зберігати цілісність мембран, необхідну для функціонування клітин. Механічна функція: Зниження вмісту води з віком зменшує мастильну дію, що призводить до підвищеного ризику скутості суглобів і пошкодження тканин. Передача сигналів у нейронах: Втрата води, пов'язана зі старінням, порушує рухливість іонів, що веде до уповільнення когнітивних та рухових функцій. Еластичність та гнучкість мембран: З віком знижується еластичність мембран, що порушує структуру іонних каналів, перешкоджаючи нормальному потоку іонів і послаблюючи електричну сигналізацію [37].

Води в організмі, які порушуються під час старіння. Вода в організмі виконує важливі ролі у метаболізмі, транспорті поживних речовин, регуляції температури, підтримці структури клітин, механічному змащуванні тканин, передачі нервових сигналів і гнучкості мембран. З віком ці функції погіршуються, негативно впливаючи на фізіологію та здоров'я.

Метаболічно вода є розчинником і реагентом у реакціях, підтримуючи активність ензимів і передачу нервових імпульсів. Вона забезпечує транспорт поживних речовин, гормонів, метаболітів і виведення продуктів через нирки [50]. У старіючих собак зменшується внутрішньоклітинна і позаклітинна вода, що порушує ці процеси. Вода регулює температуру через потовиділення і розподіл тепла, але з віком ця здатність знижується, збільшуючи ризик теплового стресу. Структурно вона підтримує об'єм клітин, цілісність і гнучкість мембран, зокрема іонних каналів, що необхідні для міжклітинної комунікації і передачі сигналів. Механічно вода змащує суглоби, очі та слизові, захищаючи їх від ушкоджень [51]. У нейрології вода – середовище для руху іонів (Na^+ , K^+ , Cl^-), що критично для нервової провідності [52–54]. У старих собак зневоднення викликає електролітний дисбаланс, уповільнює передачу сигналів і погіршує когнітивні функції, посилюючи симптоми когнітивної дисфункції. Таким чином, підтримання належної гідратації є ключовим для метаболічного, структурного і когнітивного здоров'я старіючих собак [55,56].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Старіння у собак — мультифакторний процес із поступовим зниженням функцій на молекулярному, клітинному, тканинному та організмічному рівнях. Водний гомеостаз є ключовим для підтримки фізіологічної рівноваги, особливо в старшому віці. Порушення водного балансу прискорює когнітивний занепад, метаболічні порушення, імунодисфункцію та ризик хронічних захворювань, що обґрунтовує його розгляд як нової ключової ознаки старіння поряд із епігенетичними змінами, геномною нестабільністю і дисфункцією мітохондрій. Зниження внутрішньо- і позаклітинної води погіршує метаболізм, транспорт речовин, нервову передачу, клітинну структуру, терморегуляцію та імунну функцію. Підтримка адекватної гідратації важлива для когнітивного здоров'я, нормального функціонування органів і якості життя літніх собак. Результати Dog Aging Project підтверджують необхідність комплексного вивчення старіння з урахуванням молекулярних, екологічних і фізіологічних чинників.

Перспективи досліджень включають розробку молекулярних біомаркерів старіння, зокрема водного гомеостазу, аналіз механізмів порушень водного балансу на клітинному та тканинному рівнях, а також вплив підтримки гідратації на уповільнення старіння, когнітивне здоров'я і тривалість активного життя. Важливо дослідити взаємодію водного гомеостазу з іншими ознаками старіння — епігенетикою, імунною дисфункцією, оксидативним стресом — для створення комплексних профілактичних стратегій. Також потрібні ветеринарні рекомендації щодо підтримки водного балансу з урахуванням дієти, поведінки та середовища. Трансляційні дослідження, що порівнюють механізми старіння собак і людини, сприятимуть розробці нових методів підтримки здоров'я в старшому віці. Включення фізичної активності, харчування та стресу в моделі старіння допоможе комплексно впливати на водний гомеостаз і загальний стан літніх собак..

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ruple A., MacLean E., Snyder-Mackler N., Creevy K. E., Promislow D. Dog models of aging. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2022. Vol. 10. P. 419–439. doi:10.1146/annurev-animal-051021-080937
2. Vajányi D., Skurková L., Peťková B., Kottferová L., Kasičová Z., Simanová V., Kottferová J. Ageing canine companions: most common manifestations and the impact of selected factors. *Applied Animal Behaviour Science*. 2024. Vol. 271. P. 106164. doi:10.1016/j.applanim.2024.106164.
3. Kennedy B. K., Berger S. L., Brunet A. et al. Geroscience: linking aging to chronic disease. *Cell*. 2014. Vol. 159. P. 709–713. doi:10.1016/j.cell.2014.10.039
4. Saul D., Kosinsky R. L. Epigenetics of aging and aging-associated diseases. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. P. 401. doi:10.3390/ijms22010401
5. Adav S. S., Wang Y. Metabolomics signatures of aging: recent advances. *Aging and Disease*. 2021. Vol. 12. P. 646–658. doi:10.14336/AD.2020.0909
6. Azkona G., García-Belenguer S., Chacón G. et al. Prevalence and risk factors of behavioural changes associated with age-related cognitive impairment in geriatric dogs. *Journal of Small Animal Practice*. 2009. Vol. 50. P. 87–91. doi:10.1111/j.1748-5827.2008.00718.x
7. Watowich M. M., MacLean E. L., Hare B. et al. Age influences domestic dog cognitive performance independent of average breed lifespan. *Animal Cognition*. 2020. Vol. 23. P. 795–805. doi:10.1007/s10071-020-01385-0
8. Murray J. K., Kinsman R. H., Lord M. S. et al. “Generation Pup”: protocol for a longitudinal study of dog behaviour and health. *BMC Veterinary Research*. 2021. Vol. P. 17. P. 1–12. doi:10.3390/ani15172582

9. Harvey N. D. How old is my dog? Identification of rational age groupings in pet dogs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. P. 643085. doi:10.3389/fvets.2021.643085
10. Biomarkers of Aging Consortium; Moqri M., Herzog C. et al. Biomarkers of aging for the identification and evaluation of longevity interventions. *Cell*. 2023. Vol. 186. P. 3758–3775. doi:10.1016/j.cell.2023.08.003
11. Dog Aging Project. Available online. National Institute on Aging. 2024.
12. Creevy K. E., Akey J. M., Kaeblerlein M. et al. An open science study of ageing in companion dogs. *Nature*. 2022. Vol. 602. P. 51–57. doi:10.1038/s41586-021-04282-9
13. Bray E. E., Zheng Z., Tolbert M. K. et al. Once-daily feeding is associated with better health in companion dogs. *GeroScience*. 2022. Vol. 44. P. 1779–1790. doi:10.1007/s11357-022-00575-7
14. Bray E. E., Raichlen D. A., Forsyth K. K. et al. Associations between physical activity and cognitive dysfunction in older companion dogs. *GeroScience*. 2022. Vol. 45. P. 645–661. doi:10.1101/2022.04.20.488879
15. McCoy B. M., Brassington L., Jin K. et al. Social determinants of health and disease in companion dogs. *Evolution, Medicine, and Public Health*. 2023. Vol. 11. P. 187–201. doi:10.1093/emph/eoad011
16. Morrill K., Hekman J., Li X. et al. Ancestry-inclusive dog genomics challenges popular breed stereotypes. *Science*. 2022. Vol. 376. P. eabk0639. doi:10.1126/science.abk0639
17. Fleming J. M., Creevy K. E., Promislow D. E. L. Mortality in North American dogs from 1984 to 2004. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2011. Vol. 25. P. 187–198. doi:10.1111/j.1939-1676.2011.0695.x
18. Urfer S. R., Kaeblerlein T. L., Mailheau S. et al. A randomized controlled trial of rapamycin in middle-aged dogs. *GeroScience*. 2017. Vol. 39. P. 117–127. doi:10.1007/s11357-017-9972-z
19. McKenzie B. A. Comparative veterinary geroscience. *American Journal of Veterinary Research*. 2022. Vol. 83. P. ajvr.22.02.0027. doi:10.2460/ajvr.22.02.0027
20. McKenzie B. A., Chen F. L., Gruen M. E., Olby N. J. Canine geriatric syndrome. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 9. P. 853743. doi:10.3389/fvets.2022.853743
21. McKenzie B. A., Chen F., LaCroix-Fralish M. L. The phenotype of aging in the dog. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2022. Vol. 260. P. 963–970. doi:10.2460/javma.22.02.0088
22. Montoya M., Morrison J. A., Arrignon F. et al. Life expectancy tables for dogs and cats. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023. Vol. 10. P. 1082102. doi:10.3389/fvets.2023.1082102
23. Salt C., Morris P. J., Wilson D. et al. Association between life span and body condition in neutered dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2019. Vol. 33. P. 89–99. doi:10.1111/jvim.15367
24. Willems A., Paepe D., Marynissen S. et al. Screening of healthy senior and geriatric dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2017. Vol. 31. P. 81–92. doi:10.1111/jvim.14587
25. Bellows J., Colitz C. M. H., Daristotle L. et al. Common physical and functional changes associated with aging in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2015. Vol. 246. P. 67–75. doi:10.2460/javma.246.1.67
26. Mosier J. E. Effect of aging on body systems of the dog. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1989. Vol. 19. P. 1–12. doi:10.1016/s0195-5616(89)50001-9
27. Cianciolo R. E., Benali S. L., Aresu L. Aging in the canine kidney. *Veterinary Pathology*. 2016. Vol. 53. P. 299–308. doi:10.1177/0300985815612153
28. Hoskins J. D. Liver disease in the geriatric patient. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2005. Vol. 35. P. 617–634. doi:10.1016/j.cvsm.2004.12.010.

29. Hamlin R. L. Geriatric heart diseases in dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2005. Vol. 35. P. 597–615. doi:10.1016/j.cvsm.2005.01.003
30. Fajemiroye J. O., Cunha L. C. D., Saavedra-Rodríguez R. et al. Aging-induced biological changes and cardiovascular diseases. *BioMed Research International*. 2018. Vol. 2018. P. 1–14. doi:10.1155/2018/7156435
31. McCune S., Promislow D. Healthy, active aging for people and dogs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. P. 655191. doi:10.3389/fvets.2021.655191
32. Larsen J. A., Farcas A. Nutrition of aging dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2014. Vol. 44. P. 741–759. doi:10.1016/j.cvsm.2014.03.003
33. Stockman J. Nutrition and aging in dogs and cats. In: *Nutrition and Metabolism of Dogs and Cats*. Wu G. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. Springer Nature, Cham, Switzerland, 2024. Vol. 1446. P. 203–215. doi:10.1007/978-3-031-54192-6_9
34. Martínez De Toda I., Ceprián N., Díaz-Del Cerro E., De La Fuente M. The role of immune cells in oxi-inflamm-aging. *Cells*. 2021. Vol. 10. 2974. doi:10.3390/cells10112974
35. López-Otín C., Blasco M. A., Partridge L., Serrano M., Kroemer G. The hallmarks of aging. *Cell*. 2013. Vol. 153. P. 1194–1217. doi:10.1016/j.cell.2013.05.039
36. López-Otín C., Blasco M. A., Partridge L., Serrano M., Kroemer G. Hallmarks of aging: an expanding universe. *Cell*. 2023. Vol. 186. P. 243–278. doi:10.1016/j.cell.2022.11.001
37. Guelfi G., Capaccia C., Tedeschi M., Bufalari A., Leonardi L., Cenci-Goga B., Maranesi M. Dog aging: a comprehensive review of molecular, cellular, and physiological processes. *Cells*. 2024. Vol. 13(24). P. 2101. doi:10.3390/cells13242101.
38. Tvarijonaviciute A., Ceron J. J., Holden S. L., Cuthbertson D. J., Biourge V., Morris P. J., German A. J. Obesity-related metabolic dysfunction in dogs: a comparison with human metabolic syndrome. *BMC Veterinary Research*. 2012. Vol. 8. 147. doi:10.1186/1746-6148-8-147
39. Yordy J., Kraus C., Hayward J. J., White M. E., Shannon L. M., Creevy K. E., Promislow D. E. L., Boyko A. R. Body size, inbreeding, and lifespan in domestic dogs. *Conservation Genetics*. 2020. Vol. 21. P. 137–148. doi:10.1007/s10592-019-01240-x
40. Slupe J. L., Freeman L. M., Rush J. E. Association of body weight and body condition with survival in dogs with heart failure. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2008. Vol. 22. P. 561–565. doi:10.1111/j.1939-1676.2008.0071.x
41. Jiménez A. G. Revisiting the hallmarks of aging in domestic dogs: current status of the literature. *GeroScience*. 2023. Vol. 46. P. 241–255. doi:10.1007/s11357-023-00911-5
42. Kavouras S. A., Anastasiou C. A. Water physiology: essentiality, metabolism, and health implications. *Nutrition Today*. 2010. Vol. 45. P. S27–S32. doi:10.1097/NT.0b013e3181fe1713
43. Bortner C. D., Cidlowski J. A. Ions, the movement of water and the apoptotic volume decrease. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2020. Vol. 8. P. 611211. doi:10.3389/fcell.2020.611211
44. Grider M. H., Jessu R., Kabir R. Physiology, action potential. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island, FL, USA, 2024.
45. Denenberg S., Liebel F.-X., Rose J. Behavioural and medical differentials of cognitive decline and dementia in dogs and cats. *Canine and Feline Dementia*. 2017. Vol. 13. P. 13–58. doi:10.1007/978-3-319-53219-6_2
46. Wrightson R., Albertini M., Pirrone F., McPeake K., Piotti P. The relationship between signs of medical conditions and cognitive decline in senior dogs. *Animals*. 2023. Vol. 13. P. 2203. doi:10.3390/ani13132203
47. Alvarez L. X., Fox P. R., Van Dyke J. B., Grigsby P. Survey of referring veterinarians' perceptions of and reasons for referring patients to rehabilitation facilities. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2016. Vol. 249. P. 807–813. doi:10.2460/javma.249.7.807

48. Dall'Ara P., Lauzi S., Turin L., Castaldelli G., Servida F., Filipe J. Effect of aging on the immune response to core vaccines in senior and geriatric dogs. *Veterinary Sciences*. 2023. Vol. 10. P. 412. doi:10.3390/vetsci10070412
49. Fujiwara M., Yonezawa T., Arai T., Yamamoto I., Ohtsuka H. Alterations with age in peripheral blood lymphocyte subpopulations and cytokine synthesis in beagles. *Veterinary Medicine Research Reports*. 2012. P. 79–84. doi:10.2147/VMRR.S32590
50. Serra-Prat M., Lorenzo I., Palomera E., Ramírez S., Yébenes J. C. Total body water and intracellular water relationships with muscle strength, frailty and functional performance in an elderly population. *Journal of Nutrition, Health and Aging*. 2019. Vol. 23. P. 96–101. doi:10.1007/s12603-018-1129-y
51. Rondon-Berrios H., Berl T. Physiology and pathophysiology of water homeostasis. In: *Frontiers of Hormone Research*. Peri A., Thompson C. J., Verbalis J. G., eds. S. Karger AG, Basel, Switzerland, 2019. Vol. 52. P. 8–23. doi:10.1159/000493233
52. Chen M., Sepramaniam S., Armugam A., Choy M., Manikandan J., Melendez A., Jeyaseelan K., Cheung N. Water and ion channels in the initiation and progression of apoptosis in the central nervous system. *Current Neuropharmacology*. 2008. Vol. 6. P. 102–116. doi:10.2174/157015908784533879
53. Kimelberg H. K. Water homeostasis in the brain: basic concepts. *Neuroscience*. 2004. Vol. 129. P. 851–860. doi:10.1016/j.neuroscience.2004.07.033
54. Knepper M. A., Kwon T.-H., Nielsen S. Molecular physiology of water balance. *New England Journal of Medicine*. 2015. Vol. 372. P. 1349–1358. doi:10.1056/NEJMr1404726
55. Schlanger L. E., Bailey J. L., Sands J. M. Electrolytes in aging. *Advances in Chronic Kidney Disease*. 2010. Vol. 17. P. 308–319. doi:10.1053/j.ackd.2010.03.008.
56. Goggs R., De Rosa S., Fletcher D. J. Electrolyte disturbances are associated with non-survival in dogs: a multivariable analysis. *Frontiers in Veterinary Science*. 2017. Vol. 4. P. 135. doi:10.3389/fvets.2017.00135

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 636.4:636.082.12

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.33>

ОЦІНКА РОСТУ РЕМОНТНИХ СВИНОК РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ

Пелих Н.Л. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри технологій виробництва та переробки сільськогосподарської продукції імені академіка В. Г. Пелиха,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-3324-965X

У статті наведені результати досліджень щодо вивчення динаміки росту ремонтних свинок різних генотипів і з урахуванням багатоплідності гнізд з яких вони походять. Отримані результати дозволили встановити певні закономірності формування їх продуктивних якостей у процесі вирощування. Перевага гібридних свинок над чистопородними була в усі періоди вирощування. Двопородні гібридні свинки (♀ЛН х ♂П) виділялись вищими показниками живої маси у періоди: на час народження, 21 день та протягом 2....5 місяців з поступовим нарощуванням переваг над чистопородними аналогами породи ландрас та середнім рівнем по стаду з +0,22 кг, +0,62 кг, +1,29 кг, +1,71 кг, +1,65 кг, +2,25 кг та +2,95 кг відповідно ($P<0,01$). У період 6....8 місяців встановлена вірогідна перевага за живою масою трипородних свинок (♀ЛН х П) х ♂Д над чистопородними ровесницями породи ландрас на +8,20 кг, +6,95 кг 4,95 кг відповідно ($P<0,01$).

Результати кореляційного аналізу між показниками живої маси свиной різних генотипів упродовж усього періоду вирощування свідчать про наявність позитивних кореляційних зв'язків різної сили. Найбільш тісний зв'язок спостерігався між живою масою поросят на час народження та на час відлучення (+0,892; $P<0,01$). Високі кореляційні залежності встановлено також між показниками живої маси на час відлучення та у двомісячному віці (+0,773; $P<0,01$), між живою масою на час народження та у віці двох місяців (+0,736; $P<0,01$).

Встановлено, що свинки, які походили з мени багатоплідних гнізд (клас M^+), характеризувалися вищою живою масою у ранні вікові періоди порівняно з ровесницями класу M^+ . Встановлено, що в подальші вікові періоди різниця між групами поступово зменшувалася. Починаючи з віку 4....6 місяців у свинок з класу M^+ спостерігалося підвищення інтенсивності росту, що свідчить про прояв компенсаторного росту. У ранні періоди розвитку тварини класу M^+ характеризувалися вищими значеннями відносних приростів (134....136%), що пояснюється нижчою початковою живою масою поросят із багатоплідних гнізд.

Встановлено, що гібридні свинки, отримані за участю трьох м'ясних порід (♀ЛН × П) × ♂Д, відзначалися досить високими показниками інтенсивності росту у старших вікових групах, що пов'язано з проявом ефекту гетерозису та кращою реалізацією генетичного потенціалу. Урахування походження ремонтного молодняку за багатоплідністю гнізд у поєднанні з використанням оптимальних генотипових комбінацій дозволяє підвищити ефективність відбору ремонтних свинок, покращити формування високопродуктивного маточного стада та забезпечити зростання економічної ефективності виробництва свинини в умовах сучасного промислового свиноводства.

Ключові слова: ремонтна свинка, гібридизація, період вирощування, багатоплідність, жива маса, кореляція.

Pelikh N.L. Assessment of the growth of repair pigs of different genotypes

The article presents the results of studies on the dynamics of growth of replacement gilts of different genotypes, taking into account the litter size from which they originate. The results obtained made it possible to establish certain patterns in the formation of their productive



© Пелих Н.Л., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

qualities during the rearing process. Hybrid sows had an advantage over purebred sows during all periods of rearing. Two-breed hybrid sows ($\text{♀LN} \times \text{♂P}$) stood out with higher live weight indicators during the following periods: at birth, 21 days, and 2... 5 months, with a gradual increase in advantages over purebred Landrace counterparts and the herd average by +0.22 kg, +0.62 kg, +1.29 kg, +1.71 kg, +1.65 kg, +2.25 kg, and +2.95 kg, respectively ($P < 0.01$). During the period of 6...8 months, a reliable advantage in live weight of three purebred sows ($\text{♀(LN} \times \text{P)} \times \text{♂D}$) over purebred peers of the Landrace breed was established at +8.20 kg, +6.95 kg, and +4.95 kg, respectively ($P < 0.01$).

The results of the correlation analysis between the live weight indicators of pigs of different genotypes throughout the entire rearing period indicate the presence of positive correlations of varying strength. The closest correlation was observed between the live weight of piglets at birth and at weaning (+0.892; $P < 0.01$). High correlation dependencies were also established between live weight at weaning and at two months of age (+0.773; $P < 0.01$), between live weight at birth and at two months of age (+0.736; $P < 0.01$).

It was found that piglets from less prolific litters (class M^-) had higher live weight in early age periods compared to their peers in class M^+ . It was found that in later age periods, the difference between the groups gradually decreased. Starting from the age of 4–6 months, pigs from class M^+ showed an increase in growth intensity, indicating compensatory growth. In the early stages of development, animals of class M^+ were characterized by higher relative growth rates (134–136%), which is explained by the lower initial live weight of piglets from large litters.

It was found that hybrid pigs obtained with the participation of three meat breeds $\text{♀(LN} \times \text{P)} \times \text{♂D}$ were characterized by fairly high growth intensity indicators in older age groups, which is associated with the manifestation of the heterosis effect and better realization of genetic potential. Taking into account the origin of replacement young stock based on litter size in combination with the use of optimal genotype combinations allows for increasing the efficiency of replacement sow selection, improving the formation of a highly productive breeding herd, and ensuring the growth of economic efficiency in pork production in modern industrial pig farming.

Key words: repair sow, hybridization, growing period, prolificacy, live weight, correlation.

Актуальність теми дослідження. Сучасний розвиток промислового свинарства в Україні відбувається в умовах жорсткої конкуренції, нестабільної економічної ситуації та підвищених вимог до якості й безпечності продукції тваринного походження. За таких умов ефективність функціонування галузі значною мірою визначається рівнем впровадження науково обґрунтованих методів розведення, системної селекційно-плеємної роботи, інноваційних технологій утримання та годівлі тварин, а також раціонального використання сучасного технологічного обладнання.

Вирішальне значення для підвищення конкурентоспроможності свинарських підприємств має реалізація генетичного потенціалу тварин. Використання новітніх досягнень генетики і селекції дозволяє підвищити відтворювальні якості свиноматок, покращити показники росту та конверсії корму, забезпечити формування високопродуктивного молодняка і отримання м'ясної продукції з оптимальними морфологічними та технологічними характеристиками. З огляду на вимоги внутрішнього та міжнародного ринків, особливої актуальності набуває виробництво пісної свинини з високими показниками якості та стабільними економічними параметрами.

Постановка проблеми. Одним із найбільш ефективних напрямів підвищення продуктивності та зниження собівартості продукції є використання ефекту гетерозису, що проявляється при міжпородному схрещуванні та гібридизації [1, 3, 6]. Раціонально підібрані породні поєднання сприяють підвищенню багатоплідності, життєздатності приплоду, середньодобових приростів і поліпшенню м'ясних якостей тварин без суттєвого збільшення виробничих витрат. Гібридизація забезпечує максимально можливий прояв гетерозисного ефекту, дозволяє прискорити селекційний прогрес та підвищити адаптаційну здатність тварин у промислових умовах утримання [2, 4].

Разом із тим підвищення ефективності галузі неможливе без цілеспрямованого та науково обґрунтованого використання генетичних ресурсів породи. Комплексна оцінка усіх продуктивних якостей різних генотипів, визначення їх поєднуваності та розроблення оптимальних програм схрещування та гібридизації є необхідною передумовою формування конкурентоспроможних виробничих стад [3].

У цьому контексті особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на вивчення продуктивних показників та ефективності використання різних генетичних поєднань у конкретних виробничих умовах. Таким чином, обрана тема є своєчасною та науково обґрунтованою, оскільки спрямована на підвищення продуктивності та економічної ефективності промислового свинарства.

Методика досліджень. Дослідження проводили в умовах господарства з промисловою технологією виробництва свинини ТДВ «Колос» Кіровоградської області з урахуванням загально-прийнятих зоотехнічних методик [5]. Оцінювали динаміку росту ремонтних свинок трьох групах – чистопородних породи ландрас та двох гібридних варіантів ♀ЛН х ♂П та ♀(ЛН х П) х ♂Д (по 20 голів). У господарстві створені оптимальні умови утримання та годівлі усіх технологічних груп свиней, що відповідали зоотехнічним нормам з урахуванням віку і живої маси.

Результати досліджень. Оцінка динаміки живої маси ремонтних свинок різних генотипів свідчить про певні коливання протягом усього періоду вирощування (табл.1). Гібридні свинки варіанту ♀ЛН х ♂П виділялись вищими показниками живої маси у періоди: на час народження, 21 день та протягом 2...5 місяців з поступовим нарощуванням переваг над середнім рівнем по стаду з +0,22 кг, +0,62 кг, +1,29 кг, +1,71 кг, +1,65 кг, +2,25 кг та +2,95 кг відповідно.

Таблиця 1

Динаміка живої маси ремонтних свинок, кг

Період	Середнє по стаду	Варіанти поєднань		
		♀ЛН х ♂ЛН	♀ЛН х ♂П	♀ (ЛН х П) х ♂Д
На час опоросу	1,33±0,03	1,13±0,06**	1,35±0,02	1,14±0,05**
21 день	5,95±0,09	5,28±0,13***	5,90±0,11	5,57±0,17
2 місяці	17,93±0,17	16,73±0,36**	18,44±0,20	17,75±0,28
3 місяці	29,88±0,25	28,40±0,66*	30,05±0,37	29,45±0,51
4 місяці	48,11±0,46	45,10±1,00*	47,35±0,73	46,35±0,70**
5 місяців	67,19±0,68	63,10±1,07**	66,05±1,23	63,65±0,82**
6 місяців	97,99±0,97	90,30±1,91**	97,25±1,78	98,50±1,19
7 місяців	113,83±0,88	107,80±1,72**	113,00±1,52	114,75±1,51
8 місяців	126,18±0,88	120,05±1,56**	125,45±1,70	125,00±1,93

Примітка: * P<0,05, ** – P<0,01, *** – P<0,001

У період 6...8 місяців встановлена вірогідна перевага за живою масою трипородних свинок (♀ (ЛН х П) х ♂Д) над чистопородними ровесницями на +8,20 кг, +6,95 кг 4,95 кг відповідно (P<0,01). Перевага гібридних свинок над чистопородними була в усі періоди вирощування (рис. 1).

Одним із важливих показників, що характеризують закономірності росту свиней, є встановлення кореляційних взаємозв'язків між показниками живої маси у різні вікові періоди. Аналіз кореляцій дозволяє визначити ступінь взаємозалежності між ранніми показниками росту та подальшим розвитком тварин, що має важливе значення для прогнозування продуктивності та підвищення ефективності вирощування молодняку. Результати кореляційного аналізу між показниками живої

маси свиней різних генотипів упродовж усього періоду вирощування свідчать про наявність переважно позитивних кореляційних зв'язків різної сили (табл. 2).

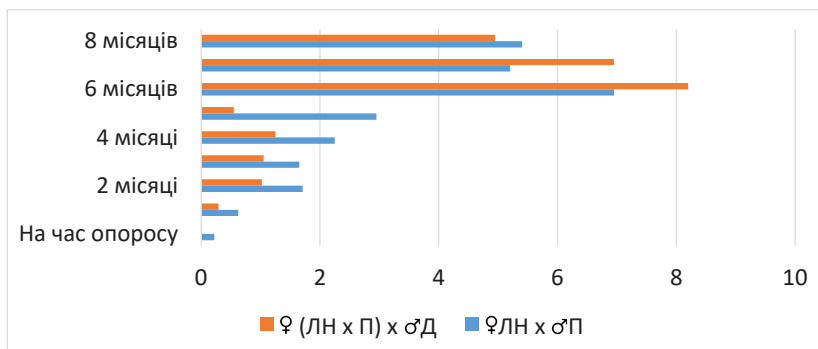


Рис. 1. Діаграма переваг гібридних свинок над чистопородними, кг

Таблиця 2

Кореляційні взаємозв'язки між показниками живої маси

Ознаки	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
X ₁	1	+0,892**	+0,736**	+0,401	+0,122	+0,320
X ₂	-	1	+0,773**	+0,516	+0,315	+0,435*
X ₃	-	-	1	+0,658**	+0,410*	+0,557*
X ₄	-	-	-	1	+0,495*	+0,481*
X ₅	-	-	-	-	1	+0,407*
X ₆	-	-	-	-	-	1

Примітка: X₁ – жива маса на час народження, кг; X₂ – жива маса на час відлучення, кг; X₃ – жива маса у 2 місяці, кг; X₄ – жива маса у 4 місяці, кг; X₅ – жива маса у 6 місяців, кг; X₆ – жива маса у 8 місяців, кг.

Встановлено, що найбільш тісний зв'язок спостерігався між живою масою поросят на час народження та на час відлучення (+0,892; P<0,01), що свідчить про суттєвий вплив їх початкової живої маси на подальший розвиток у підсисний період. Досить високі кореляційні залежності встановлено також між показниками живої маси на час відлучення та у двомісячному віці (+0,773; P<0,01), а також між живою масою на час народження та у віці двох місяців (+0,736; P<0,01). Дещо слабші кореляційні взаємозв'язки встановлено між показниками живої маси у більш віддалені вікові періоди це пояснюється значним впливом факторів середовища у процесі вирощування тварин.

Нами було проведено оцінку динаміки росту ремонтних свинок з урахуванням багатоплідності гнізд з яких вони походять відносно середнього значення по стаду (класи M⁻ та M⁺) (табл. 3).

Встановлено, що рівень багатоплідності гнізда істотно впливає на показники індивідуального росту свинок у ранні періоди онтогенезу. Найбільш виражені відмінності у живій масі усіх генотипів між класами M⁻ і M⁺ спостерігалися вже на час народження, це обумовлено загально біологічною закономірністю, із збільшення багатоплідності гнізд зменшується індивідуальна великоплідність поросят. У підсисний період дана закономірність у більшості груп зберігалася,

Таблиця 3

**Динаміка живої маси ремонтних свинок з урахуванням багатоплідності
гнізд з яких вони походять, кг**

Період	Клас	Варіанти поєднань		
		♀ЛН х ♂ЛН	♀ЛН х ♂П	♀ (ЛН х П) х ♂Д
На час опоросу	М ⁻	1,30±0,05	1,33±0,03	1,30±0,06
	М ⁺	0,96±0,07***	1,37±0,02	0,98±0,06***
21 день	М ⁻	5,72±0,11	5,61±0,11*	6,03±0,24
	М ⁺	4,84±0,13***	6,19±0,13	5,10±0,15***
2 місяці	М ⁻	18,17±0,23	18,48±0,26	18,32±0,30
	М ⁺	15,28±0,21***	18,39±0,31	17,18±0,42
3 місяці	М ⁻	31,00±0,37*	30,20±0,51	30,30±0,58
	М ⁺	25,80±0,44***	29,90±0,55	28,60±0,76
4 місяці	М ⁻	47,20±1,70	47,00±0,93	47,20±0,77
	М ⁺	43,00±0,56***	47,70±1,16	45,50±1,14
5 місяців	М ⁻	65,20±1,91	66,00±1,14	65,70±0,60
	М ⁺	61,00±0,47***	66,10±2,26	61,60±1,24**
6 місяців	М ⁻	87,20±3,55*	96,70±1,71	98,90±1,53
	М ⁺	93,40±0,78**	97,80±3,22	98,20±1,91
7 місяців	М ⁻	105,20±3,00*	111,90±0,98	116,60±1,52
	М ⁺	110,40±1,44	114,10±2,92	112,90±2,56
8 місяців	М ⁻	123,90±2,02	124,00±2,31	125,90±2,07
	М ⁺	116,20±1,70***	126,90±2,52	124,80±3,21

так у чистопородних свинок класу М⁻ жива маса високовірогідно перевищувала показник класу М⁺ на +0,88 кг Р<0,001. Найбільш виражені відмінності встановлено у чистопородних свинок у 3...4-місячному віці з перевагою +5,2 кг 4,2 кг відповідно (Р<0,001). У періоди вирощування 5...7 місяців спостерігалось вирівнювання показників живої маси між класами, що пов'язано з проявом компенсаторних механізмів росту у тварин, які народилися з меншою живою масою.

На завершальному етапі вирощування найвищі показники живої маси встановлено у гібридних свинок ♀(ЛН × П) × ♂Д, що свідчить про високий генетичний потенціал даного поєднання та ефективний прояв ефекту гетерозису за показниками росту. Отримані результати підтверджують, що багатоплідність гнізда є важливим фактором, який визначає індивідуальний розвиток ремонтного молодняку, особливо у ранні періоди постнатального онтогенезу. Разом з тим використання міжпородних поєднань дозволяє частково нівелювати негативний вплив високої багатоплідності на показники росту завдяки генетичним перевагам гібридного молодняку.

Аналіз даних середньодобових приростів свідчить, що інтенсивність росту тварин у ранні періоди онтогенезу значною мірою залежала від багатоплідності гнізд (рис. 2). Встановлено, що у підсисний період спостерігалась тенденція до зниження середньодобових приростів у свинок класу М⁺. У період до 3 місяці свинки класу М⁻ у більшості варіантів мали дещо вищі середньодобові прирости, але починаючи з віку 4...6 місяців спостерігалось вирівнювання інтенсивності росту, а в окремих випадках навіть перевага тварин класу М⁺, що свідчить про прояв компенсаторного росту у свинок, народжених у більш багатоплідних гніздах.

У ранні вікові періоди у тварин класу М⁺ спостерігалися дещо вищі показники відносного приросту, що пояснюється нижчою початковою живою масою поросят із більш багатоплідних гнізд.

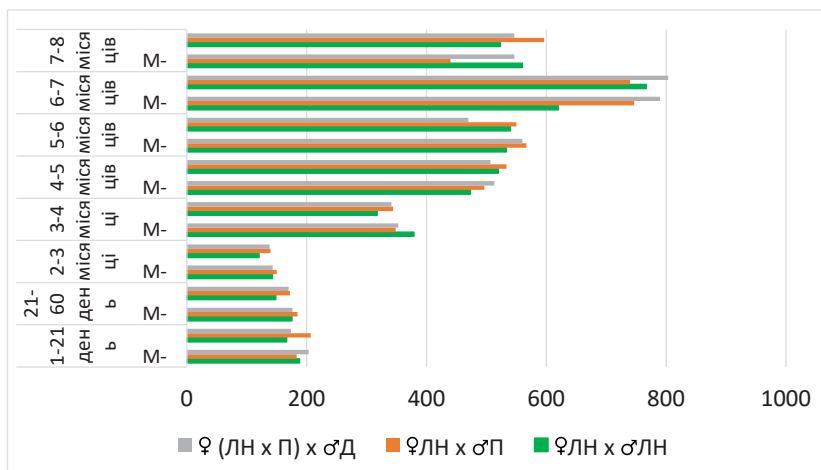


Рис. 2. Діаграма середньодобових приростів, г

У період 4–6 місяців відносні прирости у тварин класу М⁺ також були вищими, що свідчить про активізацію процесів росту та часткове вирівнювання маси тіла (табл. 4).

Таблиця 4

Динаміка відносних приростів, %

За період	Клас	Варіанти поєднань		
		♀ЛН х ♂ЛН	♀ЛН х ♂П	♀ (ЛН х П) х ♂Д
1-21 день	М ⁻	126,04±1,83	123,41±0,55**	129,11±0,80
	М ⁺	134,44±2,29*	127,43±0,74	136,17±1,54***
21 день-2 місяці	М ⁻	104,23±1,47	106,85±1,22**	101,21±2,42
	М ⁺	103,90±1,21	99,30±0,88	108,49±1,18***
2-4 місяці	М ⁻	88,28±2,21	86,96±1,83	88,14±0,83*
	М ⁺	95,11±0,80**	88,57±0,79*	90,22±2,16
4-6 місяців	М ⁻	59,32±2,37**	69,16±1,55	70,62±2,04
	М ⁺	73,92±1,14**	68,61±1,80	73,37±2,19
6-8 місяців	М ⁻	35,30±2,67**	24,67±2,88	24,09±1,85
	М ⁺	21,67±2,06	26,16±2,71	23,71±2,03

Отримані результати вказують на те, що багатоплідність гнізда впливає переважно на інтенсивність росту молодняку у ранні періоди розвитку, тоді як у старшому віці ця різниця поступово нівелюється. Проведені дослідження динаміки росту ремонтних свинок залежно від багатоплідності гнізд та генотипових поєднань дозволили встановити певні закономірності формування їх продуктивних якостей у процесі вирощування. Аналіз показників живої маси, середньодобових

та відносних приростів свідчить про істотний вплив генетичних факторів. Порівняльна оцінка показала, що трипородні гібридні свинки, отримані за участю кращих м'ясних порід ($(\text{♀}(\text{ЛН} \times \text{П}) \times \text{♂Д})$) відзначалися досить високими показниками інтенсивності росту у старших вікових групах, що пов'язано з проявом ефекту гетерозису та кращою реалізацією генетичного потенціалу за продуктивними якостями.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отримані результати досліджень мають важливе практичне значення для удосконалення системи відбору ремонтного молодняку. Встановлені закономірності росту ремонтних свинок залежно від багатоплідності гнізд та генотипових поєднань свідчать про доцільність урахування цих факторів під час формування маточного стада. Зокрема, результати досліджень показали, що свинки, отримані з менш багатоплідних гнізд, характеризувалися кращими показниками живої маси у ранні періоди розвитку, що може бути використано як додатковий критерій при відборі ремонтних тварин. Водночас встановлено, що тварини з більш багатоплідних гнізд у подальшому здатні демонструвати високі темпи росту завдяки прояву компенсаторного росту, що також необхідно враховувати при оцінці їх продуктивного потенціалу. Крім того, виявлено позитивний вплив міжпородної гібридизації на інтенсивність росту ремонтних свинок, особливо у трипородному варіанті поєднання із використанням м'ясних порід. Це підтверджує ефективність застосування гібридизації у товарному свинарстві для підвищення скоростиглості, поліпшення відгодівельних якостей та більш повної реалізації генетичного потенціалу тварин. Таким чином, урахування походження ремонтного молодняку за багатоплідністю гнізд у поєднанні з використанням оптимальних генотипових комбінацій дозволяє підвищити ефективність відбору ремонтних свинок, покращити формування високопродуктивного маточного стада та забезпечити зростання економічної ефективності виробництва свинини в умовах промислового свинарства. Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні економічної ефективності даних генотипових поєднань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Danylova O., Serdyuk M., Pylypenko L., Pelykh V., Lopotan I., Iegorova A. Screening of Agricultural Raw Materials and Long-Term Storage Products to Identify Bacillary Contaminants, *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer, Cham. 2019. P.641-653.
2. Pelykh, V.H., Levchenko, M.V., Ushakova, S.V., Pelykh, N.L., & Vashchenko, P.A. Compensatory growth and piglets weight variability within the litter as breeding criteria for Ukrainian meat pig breed performance. *Agricultural Science and Practice*, 2023. №. 10(1). P. 3-11.
3. Voloshynov V., Povod M., Mykhalko O., Verbelchuk T., Verbelchuk S., Koberniuk V., Lavryniuk O. and Shcherbatiuk N. The efficiency of pigs from different genetic origins under industrial conditions in Ukraine. *Online J. Anim. Feed Res.* Vol. 2024. №. 14 (4). P. 225-233.
4. Вощенко І.Б., Повод М.Г. Ефективність різних методів розведення свиней материнських та батьківських ліній в умовах індустриального підприємства. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2024. Вип. 1 (56). С. 33-48.
5. Сучасні методи досліджень у свинарстві / В.П. Рибалко та ін. Полтава: ІС УААН, 2005. 228 с.
6. Стан вітчизняного свинарства. Проблеми та перспективи / О.С. Юрченко та ін. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 1 (42). С. 55-63.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 636.2.034:636.082.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.34>

ВПЛИВ ВІКУ ПЕРШОГО ОСІМЕНІННЯ НА ПОДАЛЬШУ ЛАКТАЦІЙНУ ДІЯЛЬНІСТЬ КОРІВ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Пирожок М.А. – аспірант кафедри біоресурсів,
тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0009-0005-7599-012X

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності виробництва молока в умовах інтенсифікації молочного скотарства та раціонального використання продуктивного потенціалу корів. Важливим чинником формування молочної продуктивності є вік першого осіменіння телиць, який визначає темпи введення тварин у виробничий цикл та подальшу лактаційну діяльність корів. За умов застосування сучасних технологій утримання, годівлі та управління стадом оптимізація цього показника набуває особливого значення, оскільки впливає на рівень надоїв, ефективність вирощування ремонтного молодняку та економічні результати функціонування молочних господарств.

Метою статті є дослідження впливу віку першого осіменіння телиць на формування молочної продуктивності та параметрів лактаційної діяльності корів, а також обґрунтування підходів до оптимізації відтворення стада в умовах інтенсивного виробництва молока.

У роботі використано методи аналізу, узагальнення та систематизації наукових джерел, порівняльного аналізу результатів досліджень, а також аналітичної обробки виробничих даних із застосуванням статистичного узагальнення показників молочної продуктивності.

Встановлено наявність стійкої залежності між віком першого осіменіння телиць і рівнем молочної продуктивності корів: найбільш високі показники досягаються за умов раннього, але фізіологічно обґрунтованого осіменіння. Показано, що оптимізація цього параметра має базуватися на поєднанні вікових критеріїв із рівнем розвитку тварин та їх живою масою. Виявлено тенденцію до зниження продуктивності зі збільшенням віку першого осіменіння.

Доведено доцільність застосування комплексного технологічного підходу, що охоплює інтенсивне вирощування ремонтного молодняку, збалансовану годівлю, контроль росту телиць та використання цифрових систем управління стадом, що забезпечує підвищення точності визначення строків осіменіння та ефективності виробництва молока.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розвитком підходів до індивідуалізованого управління відтворенням стада на основі цифрових технологій і поглибленим аналізом впливу параметрів росту телиць на довгострокову продуктивність корів.

Ключові слова: молочна продуктивність, ремонтні телиці, відтворення стада, інтенсивне вирощування молодняку, середньодобовий надій, управління стадом.

Pyrozhok M.A. Influence of the age at first insemination on the subsequent lactation performance of cows under intensive production technologies

The relevance of the study is determined by the need to increase the efficiency of milk production under the conditions of intensification of dairy farming and rational use of the productive potential of cows. An important factor in determining milk productivity is the age at first insemination of heifers, which determines the pace of introducing animals into the production cycle and the subsequent lactation activity of cows. Under the conditions of using modern technologies for keeping, feeding, and herd management, the optimization of this indicator is



© Пирожок М.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

particularly important, as it affects milk yield, the efficiency of rearing replacement young stock, and the economic results of dairy farm operations.

The aim of the study is to investigate the effect of the age at first insemination of heifers on milk productivity and lactation performance of cows, as well as to substantiate approaches to optimizing herd reproduction under intensive milk production systems.

The study employs methods of analysis, systematization and generalization of scientific sources, comparative analysis of research results, and analytical processing of production data using statistical generalization of milk productivity indicators.

The results reveal a stable relationship between the age at first insemination of heifers and the level of milk productivity in cows. The highest productivity indicators are achieved under conditions of early, but physiologically justified insemination. It is shown that optimization of this parameter should be based not only on age criteria but also on the level of physiological development and live weight of animals. A consistent decrease in productivity with increasing age at first insemination has been identified.

The study substantiates the feasibility of applying an integrated technological approach, including intensive rearing of replacement heifers, balanced feeding, growth control, and the use of digital herd management systems, which improves the accuracy of determining optimal insemination timing and increases the efficiency of milk production.

Prospects for further research are associated with the development of individualized herd reproduction management based on digital technologies and a deeper analysis of the impact of heifer growth parameters on long-term productivity of cows.

Key words: milk productivity, replacement heifers, herd reproduction, intensive rearing, average daily yield, herd management.

Постановка проблеми. У сучасних умовах інтенсифікації молочного скотарства підвищення ефективності застосування продуктивного потенціалу корів розглядають як один із головних чинників забезпечення економічної стабільності галузі. Важливим елементом системи відтворення стада є своєчасне проведення першого осіменіння телиць, оскільки саме цей технологічний показник визначає вік першого отелення, темпи вирощування ремонтного молодняку та подальшу продуктивну тривалість використання тварин. З огляду на інноваційні технології виробництва молока, що передбачають високий рівень годівлі, селекційної роботи та автоматизації виробничих процесів, оптимізація віку першого осіменіння набуває особливої ваги, оскільки від цього залежить не лише репродуктивна здатність тварин, а й формування їх майбутньої лактаційної продуктивності.

Водночас у практиці господарств спостерігається значна варіативність підходів до встановлення оптимального віку першого осіменіння телиць. Надто раннє проведення може призводити до недостатнього розвитку організму тварини, ускладнень під час отелення та зменшення молочної продуктивності в перших лактаціях. Тоді як надто пізнє осіменіння спричиняє збільшення витрат на вирощування ремонтного молодняку, подовження непродуктивного періоду та зниження економічної ефективності виробництва. Отже, вибір оптимального віку першого осіменіння є важливим елементом управління відтворенням стада й безпосередньо пов'язаний із вирішенням актуальних завдань підвищення продуктивності корів, скорочення собівартості виробництва молока та забезпечення стабільності функціонування молочного скотарства.

Актуальність зазначеної проблематики зумовлена також необхідністю наукового обґрунтування технологічних параметрів вирощування ремонтних телиць у системах інтенсивного виробництва молока. Ефективне поєднання генетичного потенціалу тварин із раціонально організованими умовами годівлі, утримання та відтворення потребує уточнення оптимальних вікових меж проведення першого осіменіння з урахуванням їх впливу на подальшу лактаційну діяльність корів. У зв'язку із цим дослідження кореляції між віком першого осіменіння та

показниками молочної продуктивності має важливе наукове й практичне значення, оскільки його результати можуть бути використані для вдосконалення технологій вирощування ремонтного молодняку, підвищення продуктивного довголіття тварин та оптимізації економічних показників молочного скотарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд сучасних праць дає змогу систематизувати наукові підходи за кількома взаємопов'язаними дослідницькими векторами. Насамперед у наукових роботах розглянуто економічні й технологічні передумови дієвого функціонування галузі тваринництва, які формують загальні принципи реалізації продуктивного потенціалу великої рогатої худоби. Фактори впливу на конкурентоспроможність продукції тваринництва в Україні під час російської військової агресії вивчає Ю. А. Перегуда, підкреслюючи необхідність підвищення ефективності виробництва й продуктивності тварин як вагомих чинників стабільності галузі [1]. У подальшій праці Ю. А. Перегуда аналізує економічну ефективність технологій виробництва органічних добрив для малих та середніх підприємств, доводячи важливість комплексного використання ресурсів тваринництва та впровадження ресурсозберігальних технологій у сучасних агровиробничих системах [2]. Науково обґрунтовані заходи збільшення молочної продуктивності корів та покращення якості молочної сировини узагальнюють у монографії О. І. Скоромна та співавтори, наголошуючи, що ефективність реалізації генетичного потенціалу тварин визначається комплексною взаємодією технології утримання, годівлі та відтворення [3].

Важливу групу досліджень становлять роботи, присвячені аналізу фізіологічних, генетичних та продуктивних характеристик корів, які окреслюють особливості перебігу лактації та відтворення. Рівень молочної продуктивності та відтворну функцію голштинських корів різного віку за тривалої лактації вивчає Г. С. Гуцуляк, встановлюючи взаємозв'язок між інтенсивністю лактації та репродуктивними показниками тварин [4]. Результати сучасних напрацювань із проблем розведення, генетики й біотехнології у тваринництві узагальнюють О. В. Щербак та С. І. Ковтун, акцентуючи на ролі селекційних підходів у підвищенні продуктивних і відтворних характеристик великої рогатої худоби [5]. Кормову поведінку корів різної вгодованості та її вплив на молочну продуктивність описують Т. В. Поліщук та В. В. Бондаренко, доводячи, що фізіологічний стан тварин і рівень забезпечення їх поживними речовинами суттєво визначають ефективність лактації [6]. Лактаційну діяльність української чорно-рябої молочної породи залежно від генотипу капа-казеїну аналізують І. О. Полієва та співавтори, окреслюючи вплив генетичних факторів на молочну продуктивність тварин [7].

Окрему групу становлять дослідження, спрямовані на вивчення біологічних закономірностей формування продуктивності самиць залежно від віку їх введення в репродуктивний процес. Науковці А. Касап (A. Kasap) та співавтори з'ясували, що вік першого ягніння у вівцематок значно впливає на молочну продуктивність і тривалість лактації, що підтверджує загальнобіологічний принцип взаємозв'язку між віком першого відтворення та подальшою продуктивністю самиць [8]. Фактори оптимізації репродуктивної ефективності молочних стад із використанням програм синхронізації та штучного осіменіння розглядають С. Е. Кардосо Консентіні (C. E. Cardoso Consentini) та співавтори, показуючи важливість ефективного відтворювального менеджменту в сучасному молочному скотарстві [9]. А. Саммад (A. Sammad) та співавтори демонструють, що тепловий стрес негативно впливає на репродуктивну функцію молочних корів, змінює гормональний баланс і знижує результативність відтворення, що надалі може позначатися на

рівні продуктивності тварин [10]. Фактори ризику, що знижують ефективність штучного осіменіння та призводять до економічних втрат у молочному скотарстві аналізують М. Хамід (M. Hamid) та співавтори, підкреслюючи значення результативності першого осіменіння для ефективності відтворення стада [11].

Чималу увагу в сучасних дослідженнях приділено також біотехнологічним і технологічним аспектам відтворення великої рогатої худоби та формування продуктивного потенціалу тварин. Зокрема, П. С. Барузеллі (P. S. Baruselli) та співавтори вивчають вплив віку донорів ооцитів і породних особливостей на ефективність отримання ембріонів *in vitro* у великої рогатої худоби, наголошуючи на значенні вікових факторів у розвитку репродуктивного потенціалу тварин [12]. Роль інтенсивності росту чорно-рябої молочної худоби на її відтворення та продуктивність за умов безприв'язного утримання досліджують О. Ю. Адмін (O. Y. Admin) та співавтори, встановлюючи, що темпи росту ремонтного молодняку безпосередньо впливають на подальші показники відтворення та молочної продуктивності корів [13].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значну кількість напрацювань у сфері відтворення стада та молочної продуктивності корів, окремі аспекти впливу віку першого осіменіння телиць у системах інтенсивного молочного скотарства залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, обмежено розкрито комплексний взаємозв'язок між віком першого осіменіння, показниками росту ремонтного молодняку та подальшою лактаційною діяльністю корів, а також недостатньо представлено виробничі дані сучасних молочних господарств. Це ускладнює обґрунтування оптимальних технологічних параметрів відтворення стада в умовах інтенсивного виробництва молока. Запропоноване дослідження спрямоване на часткове усунення зазначених прогалин за допомогою аналізу актуальних наукових підходів до визначення оптимального віку першого осіменіння телиць, оцінювання показників молочної продуктивності корів та встановлення їх залежності від віку осіменіння на основі виробничих даних молочного господарства. Це дає змогу поглибити наукові уявлення про вплив указанного технологічного чинника на лактаційну діяльність корів і довести доцільність практичних рекомендацій щодо вдосконалення управління відтворенням стада.

Мета і завдання статті. Метою статті є дослідження впливу віку першого осіменіння телиць на подальшу молочну продуктивність і особливості лактаційної діяльності корів в умовах інтенсивних технологій виробництва молока та обґрунтування підходів до оптимізації параметрів відтворення стада.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасні наукові підходи до визначення оптимального віку першого осіменіння телиць та оцінити його вплив на формування молочної продуктивності й параметри лактаційної діяльності корів.
2. Охарактеризувати показники молочної продуктивності корів та встановити їх залежність від віку першого осіменіння з урахуванням впливу інноваційних технологій вирощування ремонтного молодняку й управління відтворенням стада.
3. Виявити проблеми оптимізації віку першого осіменіння телиць та обґрунтувати рекомендації щодо підвищення ефективності молочного виробництва.

Методика та матеріали дослідження. Дослідження виконано на основі поєднання аналітичного та емпіричного підходів. Теоретичну основу становили результати сучасних вітчизняних і зарубіжних наукових праць, присвячених проблемам відтворення стада та формування молочної продуктивності корів. Емпірична база ґрунтується на виробничих даних молочного стада ПАФ «Срчики»,

де утримують корів української чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід за умов інтенсивної технології виробництва.

Методика роботи передбачала групування телиць за віком першого осіменіння (13–14; 15–16; 17–18; понад 18 місяців) із подальшим зіставленням показників їх лактаційної діяльності. Оцінювання продуктивності здійснювали за середньодобовим надоем у першій лактації та розрахунковим надоем за стандартні 305 днів. Обробку результатів проводили із застосуванням методів варіаційної статистики, порівняльного та кореляційного аналізу з метою встановлення залежності між віком першого осіменіння та рівнем молочної продуктивності корів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасному молочному скотарстві визначення оптимального віку першого осіменіння телиць розглядають як важливий технологічний параметр формування майбутньої молочної продуктивності корів. У наукових дослідженнях підкреслено, що ефективність відтворення стада залежить не лише від календарного віку тварин, а й від рівня їх фізіологічного дозрівання, живої маси та інтенсивності росту [8]. Надмірно раннє осіменіння за недостатнього розвитку організму може негативно впливати на перебіг першої лактації, тоді як пізніше осіменіння подовжує період непродуктивного утримання ремонтного молодняку та збільшує витрати на його вирощування. Тому в практиці інтенсивного молочного скотарства визначення віку першого осіменіння здійснюють з урахуванням комплексу біологічних і технологічних показників (табл. 1).

Таблиця 1

Наукові підходи до визначення оптимального віку першого осіменіння телиць у системах інтенсивного молочного скотарства

Підхід до визначення віку осіменіння	Основні критерії	Характеристика підходу	Значення для молочної продуктивності
Віковий підхід	Календарний вік телиць	Осіменіння проводиться після досягнення певного віку	Дає змогу орієнтовно регулювати строки відтворення, але не враховує індивідуальні особливості розвитку
Морфофізіологічний підхід	Жива маса, рівень розвитку організму	Осіменіння проводиться після досягнення телиць певної живої маси та фізіологічної зрілості	Сприяє нормальному перебігу отелення та формуванню стабільної продуктивності
Інтенсивно-технологічний підхід	Інтенсивність росту, система годівлі, технологія утримання	Вік осіменіння визначається відповідно до умов інтенсивного вирощування молодняку	Допомагає скоротити період вирощування без зниження майбутньої продуктивності
Комплексний підхід	Вік, жива маса, стан здоров'я, умови утримання	Поєднання кількох критеріїв оцінювання готовності телиць до відтворення	Забезпечує найбільш стабільні показники молочної продуктивності

Джерело: сформовано автором на основі [3, с. 49; 4, с. 35; 7, с. 110; 9; 13, р. 472].

У сучасних системах інтенсивного молочного скотарства найбільш обґрунтованим вважається комплексний підхід до визначення оптимального віку першого осіменіння телиць, який передбачає врахування не лише календарного віку,

а й живої маси, інтенсивності росту та фізіологічного стану тварин. Практика високопродуктивних молочних стад свідчить, що осіменіння доцільно проводити після досягнення телицями приблизно 55–60% живої маси дорослої корови відповідної породи [4, с. 35]. Такий рівень розвитку забезпечує нормальний перебіг вагітності та сприяє формуванню оптимального віку першого отелення, який в інноваційних технологічних системах молочного виробництва зазвичай становить близько 22–24 місяців [13, р. 472].

Ефективність такого підходу підтверджується емпіричними даними. Зокрема, у матеріалах Penn State Extension встановлено, що господарства, які підтримують інтенсивний ріст ремонтних телиць і проводять осіменіння у віці близько 13–15 місяців, досягають оптимального віку першого отелення та отримують більш стабільні показники молочної продуктивності корів у першій лактації [14]. Подібні результати отримано й у виробничих аналізах голштинських стад, де показано, що запізніле осіменіння телиць призводить до збільшення віку першого отелення, подовження періоду непродуктивного утримання молодняку та підвищення витрат на його вирощування [15]. У практиці сучасних молочних господарств реалізація таких підходів забезпечується завдяки використанню систем контролю росту телиць, збалансованих програм годівлі та цифрових систем управління стадом. Це дає змогу своєчасно визначати готовність телиць до осіменіння, оптимізувати строки введення тварин у виробничий цикл та формувати передумови для збільшення молочної продуктивності корів у наступних лактаціях.

У системі інтенсивного молочного скотарства оцінювання продуктивності корів здійснюють за комплексом показників, які відображають рівень реалізації генетичного потенціалу тварин і ефективність технології виробництва молока. Найбільш інформативними є показники надою за стандартні 305 днів лактації, середньодобова молочна продуктивність, тривалість лактації та вміст основних компонентів молока. Ці параметри безпосередньо пов'язані з технологією відтворення стада, зокрема з віком першого осіменіння телиць, який визначає строки першого отелення та подальше залучення тварин у виробничий процес. За умов інтенсивних технологій вирощування ремонтного молодняку оптимізація цього показника допомагає скоротити період непродуктивного утримання телиць і водночас забезпечити високу лактаційну продуктивність.

Для оцінювання впливу віку першого осіменіння телиць на показники лактаційної діяльності корів було проаналізовано виробничі дані молочного стада приватної агрофірми «Єрчики». ПАФ «Єрчики» має статус племінного господарства з розведення української чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід, у якому сформовано високопродуктивне стадо із середнім річним надоєм близько 6 т молока на корову [16]. У господарстві застосовують сучасні технології ведення молочного скотарства, зокрема безприв'язне утримання тварин, інтенсивна система годівлі та використання селекційного відбору, що гарантує стабільний рівень продуктивності корів [17].

Узагальнення виробничих даних дало змогу визначити залежність показників молочної продуктивності та окремих параметрів лактаційної діяльності корів від віку першого осіменіння телиць (табл. 2).

Отримані результати свідчать про наявність чітко вираженої залежності між віком першого осіменіння телиць та рівнем молочної продуктивності корів у першій лактації. Зокрема, у групі тварин, осіменених у віці 13–14 місяців, зафіксовано найвищі показники середньодобового надою (28,9 кг), що відповідає 8831 кг молока за стандартні 305 днів лактації. У міру збільшення віку першого осіменіння

спостерігається послідовне зниження продуктивності: у групі 15–16 місяців середньодобовий надій становить 27,6 кг (8432 кг за 305 днів), у групі 17–18 місяців – 24,0 кг (7329 кг), а у тварин, осіменених у віці 19–23 місяців, – 21,7 кг (6617 кг відповідно). Отже, різниця між крайніми групами становить понад 7 кг молока на добу, що вказує на суттєве зниження рівня реалізації продуктивного потенціалу корів під час відтермінування першого осіменіння.

Таблиця 2

Показники молочної продуктивності та лактаційної діяльності корів залежно від віку першого осіменіння

Вік першого осіменіння, міс.	Середньодобовий надій, кг	Надій за 305 днів, кг	Тривалість лактації, днів	Жир, %	Білок, %
13–14	28,9	8831	305	3,7	3,1
15–16	27,6	8432	306	3,7	3,1
17–18	24,0	7329	308	3,7	3,1
19–23	21,7	6617	307	3,7	3,0

Джерело: розраховано та узагальнено автором за виробничими даними ПАФ «Єрчики».

Аналіз тривалості лактаційного періоду демонструє відносну стабільність цього показника в межах досліджуваних груп (305–308 днів), що свідчить про його переважну залежність від технології ведення лактації, а не від віку першого осіменіння. Водночас показники вмісту жиру й білка в молоці також характеризуються незначною варіативністю (жир – близько 3,7%, білок – 3,0–3,1%), що підтверджує відсутність вагомого впливу цього чинника на якісні характеристики молочної продукції.

Наведені дані дають змогу зробити висновок, що вік першого осіменіння телиць є найважливішим фактором формування кількісних показників молочної продуктивності корів, тоді як його вплив на тривалість лактації та компонентний склад молока є обмеженим. Практичне значення встановленої залежності полягає в можливості обґрунтованого вибору оптимальних строків осіменіння, що забезпечує підвищення рівня надоїв і скорочення періоду непродуктивного утримання ремонтного молодняку.

Ефективність оптимізації віку першого осіменіння телиць у сучасних молочних господарствах значною мірою визначається рівнем упровадження технологій вирощування ремонтного молодняку та управління відтворенням стада (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив сучасних технологій на оптимізацію віку першого осіменіння телиць

Технологія	Застосовувані методи	Результат
Інтенсивна система годівлі	Збалансовані раціони, контроль поживності кормів	Прискорення росту телиць, досягнення оптимальної живої маси в ранньому віці
Контроль росту телиць	Регулярне зважування, оцінювання фізіологічного розвитку	Визначення біологічної готовності до осіменіння, зниження ризику помилок
Цифрові системи управління стадом	Електронна ідентифікація, автоматизований облік, аналітичні програми	Підвищення точності ухвалення рішень, оптимізація строків осіменіння
Системи виявлення охоти	Сенсорний моніторинг активності, поведінковий аналіз	Своєчасне осіменіння, поліпшення ефективності відтворення

Джерело: сформовано автором на основі [3, с. 53; 5, с. 84; 9; 12, р. 41; 13, р. 473].

Так, застосування інноваційних технологій забезпечує узгодження строків першого осіменіння з фізіологічною готовністю телиць та підвищує ефективність використання їх продуктивного потенціалу. Зокрема, інтенсивні системи годівлі та контроль росту дають змогу досягати цільових параметрів живої маси у більш ранньому віці, що скорочує тривалість вирощування ремонтного молодняку. У виробничих умовах це реалізується через поетапні програми годівлі та регулярний моніторинг розвитку телиць.

Упровадження цифрових систем управління стадом і сенсорних технологій виявлення охоти передбачає своєчасне проведення осіменіння, знижує втрати від пропуску статевих циклів і покращує відтворювальну здатність стада. Практика сучасних молочних господарств показує, що використання таких рішень допомагає зменшити вік першого отелення, стабілізувати показники лактаційної продуктивності та збільшити економічну ефективність виробництва молока завдяки скороченню непродуктивного періоду утримання телиць.

У системах інтенсивного виробництва молока оптимізація віку першого осіменіння телиць залишається складним технологічним завданням, що безпосередньо пов'язане з результативністю використання продуктивного потенціалу корів. Однією з головних проблем є невідповідність між календарним віком телиць і рівнем їх фізіологічного розвитку. У практиці господарств строки осіменіння часто визначають за віковими показниками без належного врахування живої маси та інтенсивності росту, що зумовлює ризик передчасного або запізненого введення тварин у процес відтворення та негативно впливає на подальшу продуктивність [10, р. 981].

Суттєвим обмеженням також є нерівномірність росту ремонтного молодняку, зумовлена варіабельністю умов годівлі та утримання. Недостатня збалансованість раціонів і порушення технології вирощування призводять до відхилень у темпах розвитку телиць, що ускладнює визначення оптимальних строків осіменіння та зменшує ефективність використання стада. Окремою проблемою є невисокий рівень упровадження цифрових систем контролю росту та управління відтворенням, що знижує можливості своєчасного оцінювання фізіологічної готовності тварин.

Усунення зазначених викликів потребує переходу до технологічно обґрунтованого управління процесом вирощування ремонтного молодняку. Оптимізацію віку першого осіменіння доцільно здійснювати на основі характеристики рівня розвитку телиць, зокрема досягнення ними 55–60 % живої маси дорослої корови [5, с. 84], що забезпечує формування оптимального віку першого отелення та стабільної лактаційної продуктивності.

Підвищення ефективності також пов'язане з впровадженням технологічних рішень, зокрема застосуванням систем контролю росту телиць та цифрових інструментів управління стадом. Використання автоматизованого зважування, електронної ідентифікації та аналітичних платформ дає змогу постійно моніторити розвиток тварин та ухвалювати обґрунтовані рішення щодо строків осіменіння. Це гарантує перехід до індивідуалізованого підходу в управлінні відтворенням стада, зменшення технологічних втрат і збільшення ефективності виробництва молока.

Застосування комплексного підходу, що поєднує раціональну годівлю, контроль росту та використання сучасних технологій управління стадом, створює передумови для стабілізації відтворювальних процесів, підвищення продуктивності корів і скорочення витрат на вирощування ремонтного молодняку в умовах інтенсивного молочного скотарства.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведеного дослідження теоретично обґрунтовано та емпірично підтверджено, що вік першого осіменіння телиць є системоутворювальним технологічним чинником формування молочної продуктивності корів в умовах інтенсивного молочного скотарства. Уточнено наукові підходи до трактування цього показника як інтегрального індикатора готовності тварин до відтворення, що визначається не лише календарним віком, а й рівнем фізіологічного розвитку, живою масою та інтенсивністю росту ремонтного молодняку.

Встановлено, що досягнення телицями 55–60% живої маси дорослої корови є критичним пороговим значенням, яке гарантує оптимальні умови для реалізації їх продуктивного потенціалу в першій лактації. Це доповнює сучасні уявлення про критерії біологічної та технологічної зрілості телиць і має значення для вдосконалення підходів до управління відтворенням стада.

Практичний внесок дослідження полягає в підтвердженні доцільності раннього, але фізіологічно обґрунтованого осіменіння телиць. На основі виробничих даних ПАФ «Єрчики» доведено, що зниження віку першого осіменіння до 13–14 місяців за умови досягнення оптимальних параметрів розвитку забезпечує вищий рівень молочної продуктивності в першій лактації, тоді як його відтермінування супроводжується її зниженням. Це створює підґрунтя для ухвалення виважених управлінських рішень щодо скорочення періоду непродуктивного вирощування молодняку та підвищення ефективності виробництва молока.

Виявлено, що основними обмеженнями оптимізації віку першого осіменіння є нерівномірність росту телиць, недостатній контроль їх розвитку та часткове впровадження цифрових технологій моніторингу. Доведено доцільність застосування комплексного підходу, який передбачає поєднання інтенсивного вирощування, нормованої годівлі, систематичного контролю росту та використання автоматизованих систем управління стадом, що сприяє підвищенню точності визначення строків осіменіння та зниженню технологічних втрат.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розвитком індивідуалізованих підходів до управління відтворенням стада на основі цифрових технологій прецизійного тваринництва, а також із поглибленим аналізом впливу параметрів росту телиць на довгострокову продуктивність і продуктивне довголіття корів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Перегуда Ю. А. Фактори впливу на конкурентоспроможність продукції тваринництва в Україні в умовах російської військової агресії. Менеджмент та підприємництво: тренди розвитку. 2022. Т. 4, № 22. С. 69–77. DOI: <https://doi.org/10.26661/2522-1566/2022-4/22-06>.
2. Перегуда Ю. А. Економічна ефективність технологій виробництва органічних добрив для малих та середніх підприємств. Наука і техніка сьогодні. 2024. № 6 (34). С. 344–354. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-6\(34\)-344-354](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-6(34)-344-354).
3. Скоромна О. І., Разанова О. П., Поліщук Т. В., Шевчук Т. В., Берник І. М., Паладійчук О. Р. Науково обґрунтовані заходи підвищення молочної продуктивності корів та покращення якості сировини в умовах виробництва: монографія. Вінниця: ВНАУ, 2020. 174 с. URL: <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/25356.pdf> (дата звернення: 08.03.2026).
4. Гуцуляк Г. С. Рівень молочної продуктивності та відтворна функція голштинських корів різного віку за тривалої лактації. Вісник Сумського національного аграрного університету: Серія «Тваринництво». 2020. № 3 (42). С. 33–37. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.3.6>.

5. Щербак О. В., Ковтун С. І. Актуальні дослідження з проблем розведення, генетики та біотехнології у тваринництві. Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. 2021. Т. 19, № 1–2. С. 79–92. DOI: <https://doi.org/10.7124/visnyk.utgis.19.1-2.1442>.
6. Поліщук Т. В., Бондаренко В. В. Кормова поведінка та молочна продуктивність корів різної вгодованості. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія «Сільськогосподарські науки». 2021. Т. 23, № 95. С. 172–180. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9526>.
7. Полієва І. О., Корх І. В., Криворучко Ю. І. Лактаційна діяльність української чорно-рябої молочної породи залежно від генотипу капа-казеїну (CSN3). Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування. 2021. № 7. С. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.31890/vtpp.2021.07.16>.
8. Kasap A., Ramljak J., Mioč B., Držaić V., Širić I., Jurković D., Špehar M. The impact of age at first lambing on milk yield and lactation length in a population of Istrian sheep under semi-intensive management. *Animals*. 2021. Vol. 11, № 6. Article 1604. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11061604>.
9. Cardoso Consentini C. E., Wiltbank M. C., Sartori R. Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. *Animals*. 2021. Vol. 11, № 2. Article 301. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11020301>.
10. Sammad A., Umer S., Shi R., Zhu H., Zhao X., Wang Y. Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2020. Vol. 104, № 4. P. 978–986. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.13257>.
11. Hamid M., Abduraman S., Tadesse B. Risk factors for the efficiency of artificial insemination in dairy cows and economic impact of failure of first service insemination in and around Haramaya Town, Oromia Region, Eastern Ethiopia. *Veterinary Medicine International*. 2021. Vol. 2021, № 1. Article 6622487. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6622487>.
12. Baruselli P. S., Rodrigues C. A., Ferreira R. M., Sales J. N. S., Elliff F. M., Silva L. G., D'Occhio M. J. Impact of oocyte donor age and breed on in vitro embryo production in cattle, and relationship of dairy and beef embryo recipients on pregnancy and the subsequent performance of offspring: A review. *Reproduction, Fertility and Development*. 2021. Vol. 34, № 2. P. 36–51. DOI: <https://doi.org/10.1071/RD21285>.
13. Admin O. Y., Admina N. G., Paliy A. P., Petrov R. V., Nagorna L. V., Kovalenko L. M., Nazarenko S. M., Sevastianov V. V. Influence of growth intensity of black and white dairy cattle on their reproduction and productivity under free housing. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2024. Vol. 15, № 3. P. 469–476. DOI: <https://doi.org/10.15421/022466>.
14. Trends in Age at Calving of Heifers in Pennsylvania. *Penn State Extension*: вебсайт. 2025. URL: <https://extension.psu.edu/trends-in-age-at-calving-of-heifers-in-pennsylvania> (дата звернення: 08.03.2026).
15. How are Holstein Heifers Performing in PA? *Penn State Extension*: вебсайт. 2024. URL: <https://extension.psu.edu/how-are-holstein-heifers-performing-in-pa> (дата звернення: 08.03.2026).
16. ПАФ «Єрчики». *Kurkul.com*: вебсайт. 2024. URL: <https://kurkul.com/karta-kurkuliv/231-paf-yerchiki> (дата звернення: 08.03.2026).
17. Єрчики Агрофірма. *Elevatorist*: вебсайт. 2025. URL: <https://elevatorist.com/kompanii/664-yerchiki-agrofirma> (дата звернення: 08.03.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 636.2:636.082.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.35>

РОЗВЕДЕННЯ ТА СЕЛЕКЦІЯ ТВАРИН ЗА ПОКАЗНИКАМИ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ, ВІДТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ТРИВАЛОСТІ ПРОДУКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ КОРІВ МОЛОЧНИХ ПОРІД

Пачва А.Є. – аспірант кафедри генетики і розведення тварин,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені Степана Гжицького
orcid.org/0009-0003-8738-7913

Оріхівський Т.В. – к.с.-г.н., доцент кафедри генетики і розведення тварин,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького
orcid.org/0000-0002-5892-4914

Фурманець Ю.С. – к.с.-г.н., старший науковий співробітник,
завідувач сектором інноваційного розвитку та експериментальної бази,
Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН
orcid.org/0000-0003-4921-4889

Франчук І.Б. – к.е.н., доцент кафедри менеджменту і бізнес-адміністрування,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького
orcid.org/0000-0002-3166-4921

Метою дослідження є теоретичне узагальнення та практичне обґрунтування напрямів розведення і селекції корів молочних порід за показниками молочної продуктивності, відтворної здатності та тривалості продуктивного використання для підвищення господарської ефективності молочного скотарства. Об'єктом дослідження є процес формування та реалізації господарської корисних ознак корів молочних порід у системі племінної роботи, з урахуванням їх молочної продуктивності, відтворної здатності та довговічності продуктивного використання. У роботі розкрито теоретичні та практичні засади розведення і селекції тварин за показниками молочної продуктивності, відтворної здатності та тривалості продуктивного використання корів молочних порід. Обґрунтовано, що за сучасних умов розвитку молочного скотарства ефективність племінної роботи визначається не лише рівнем надою, а й здатністю тварин до стабільного відтворення, адаптації до технологічних умов утримання та збереження високої господарської цінності упродовж кількох лактацій. Узагальнено підходи до оцінювання молочної продуктивності корів, зокрема за кількісними та якісними характеристиками молока, а також висвітлено значення відтворних показників, серед яких вік першого отелення, сервіс період, міжотельний період, запліднюваність і регулярність одержання приплоду. Окрему увагу зосереджено на тривалості продуктивного використання корів як важливій ознаці, що відображає міцність конституції, стійкість до захворювань, функціональну витривалість та економічну доцільність довшого утримання тварин у стаді. Доведено, що лише комплексний селекційний підхід, який поєднує оцінювання продуктивних, репродуктивних



© Пачва А.Є., Оріхівський Т.В., Фурманець Ю.С., Франчук І.Б., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

і адаптаційних якостей, забезпечує формування високопродуктивного, відтворюючого та довговічного поголів'я. Встановлено, що збалансована селекція корів молочних порід надає можливість не лише підвищити обсяги та якість виробництва молока, а й знизити витрати на ремонт стада, скоротити рівень вибракування та зміцнити економічну стійкість молочного скотарства. Отримані узагальнення можуть бути використані при вдосконаленні плеїмної роботи, розробленні селекційних програм і формуванні практичних підходів до підвищення ефективності використання генетичного потенціалу корів молочних порід.

Ключові слова: розведення тварин, селекція тварин, корови молочних порід, молочна продуктивність, відтворююча здатність, тривалість продуктивного використання, плеїмна робота, господарсько корисні ознаки, молочне скотарство.

Pachva A.Ye., Orikhivskiy T.V., Furmanets Y.S., Franchuk I.B. Animal breeding and selection based on milk productivity, reproductive capacity, and the duration of productive use of dairy cows

The purpose of the study is to theoretically generalize and practically substantiate the directions of breeding and selection of dairy cows by indicators of milk productivity, reproductive ability and duration of productive use to increase the economic efficiency of dairy cattle breeding. The object of the study is the process of forming and implementing economically useful traits of dairy cows in the breeding system, taking into account their milk productivity, reproductive ability and durability of productive use. The work reveals the theoretical and practical principles of breeding and selection of animals by indicators of milk productivity, reproductive ability and duration of productive use of dairy cows. It is substantiated that under modern conditions of dairy cattle breeding development, the effectiveness of breeding work is determined not only by the level of yield, but also by the ability of animals to stably reproduce, adapt to technological conditions of maintenance and maintain high economic value over several lactations. Approaches to assessing the milk productivity of cows are summarized, in particular by the quantitative and qualitative characteristics of milk, and the importance of reproductive indicators is also highlighted, including the age of first calving, service period, intercalving period, fertilization and regularity of obtaining offspring. Special attention is focused on the duration of productive use of cows as an important feature that reflects the strength of the constitution, resistance to diseases, functional endurance and economic feasibility of longer keeping animals in the herd. It is proven that only a comprehensive selection approach that combines the assessment of productive, reproductive and adaptive qualities ensures the formation of highly productive, reproductively complete and durable livestock. It was established that balanced selection of dairy cows provides an opportunity not only to increase the volume and quality of milk production, but also to reduce the costs of herd maintenance, reduce the level of culling and strengthen the economic sustainability of dairy cattle breeding. The obtained generalizations can be used in improving breeding work, developing breeding programs and forming practical approaches to increasing the efficiency of using the genetic potential of dairy cows.

Key words: animal breeding, animal selection, dairy cows, milk productivity, reproductive capacity, duration of productive use, breeding work, economically useful traits, dairy cattle breeding

Постановка проблеми. Сьогодні вже недостатньо орієнтуватися лише на високі надої, оскільки зростання обсягів виробництва молока без належної оцінки відтворення стада та довговічності корів не рідко супроводжується підвищенням витрат на ремонт молодняку, лікування, осіменіння, утримання сухостійних тварин і передчасне вибракування. Відтак, важливість дослідження постає у необхідності формування такого підґрунтя селекційної роботи, яке б забезпечувало не короткострокове зростання окремого показника, а збалансоване поліпшення всього комплексу господарсько корисних ознак. Для сучасного молочного скотарства особливого значення набуває саме оцінювання взаємозв'язку між рівнем молочної продуктивності, здатністю корів до регулярного відтворення і тривалістю їх ефективного використання, оскільки ці характеристики відображають не лише генетичний потенціал тварин, а й рівень адаптації до технологічних умов,

якість годівлі, стан здоров'я та придатність до тривалого використання у виробництві. Разом із цим, у господарствах не рідко спостерігається суперечність між прагненням швидко підвищити надої та потребою зберегти добру фертильність і довший період продуктивного життя корів, а тому наукове обґрунтування селекційних підходів у цьому напрямку являється необхідним для запобігання однобічному добору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В науковій літературі проблематика розведення та селекції корів молочних порід усе більшою мірою розглядається як комплексний напрям, у межах якого молочна продуктивність, відтворна здатність і тривалість продуктивного використання не можуть оцінюватися ізольовано одна від одної [1-10]. До прикладу, М. Б. Шпетний [1] зазначає, що молочна продуктивність і відтворювальна здатність корів формуються під впливом не лише генетичних, а й паратипових чинників, тобто факторів зовнішнього виробничого середовища, які істотно коригують рівень реалізації спадкового потенціалу тварин. У дослідженні акцентовано увагу на тому, що оцінювання корів лише за кінцевим показником надою не дає повної картини їх племінної цінності, оскільки на результат впливають походження, індивідуальні особливості, умови годівлі, утримання, сезонні чинники та організація відтворення. Т. В. Підпала [2] наголошує, що лінійна належність корів має важливе значення не лише для рівня молочної продуктивності, а й для прояву відтворювальних та адаптаційних особливостей, а отже, лінія повинна оцінюватися як носій цілого комплексу селекційно значущих характеристик. М. С. Пелехатий [3] зазначає, що тривалість сервіс-періоду має принципове значення як для молочної продуктивності, так і для відтворної здатності корів, оскільки саме через цей показник найбільш виразно проявляється баланс між фізіологічним відновленням організму після отелення та необхідністю своєчасного настання нової тільності. Л. М. Хмельничий [4] зазначає, що довівна продуктивність є одним із найбільш об'єктивних інтегральних показників господарської цінності тварини, оскільки саме вона відображає не лише високий рівень разової лактації, а здатність корови впродовж тривалого часу поєднувати молочну продуктивність із репродуктивною стабільністю та функціональною витривалістю.

Мета досліджень. Метою дослідження є теоретичне узагальнення та практичне обґрунтування напрямів розведення і селекції корів молочних порід за показниками молочної продуктивності, відтворної здатності та тривалості продуктивного використання для підвищення господарської ефективності молочного скотарства. Об'єктом дослідження є процес формування та реалізації господарсько корисних ознак корів молочних порід у системі племінної роботи, з урахуванням їх молочної продуктивності, відтворної здатності та довговічності продуктивного використання.

Результати досліджень. Розведення та селекція тварин за показниками молочної продуктивності, відтворної здатності та тривалості продуктивного використання корів молочних порід являється складним і багатоаспектним напрямом зоотехнічної науки та практики, оскільки охоплює не лише добір тварин із високими господарсько корисними ознаками, а й формування такого стада, яке здатне стабільно виробляти молоко, регулярно відтворювати потомство і зберігати продуктивність упродовж кількох лактацій. При такого роду умовах корова оцінюється не за одним окремим показником, а як носій цілого комплексу ознак, що мають генетичну, фізіологічну та економічну цінність. Молочна продуктивність відображає кількість і якість виробленого молока, відтворна здатність характеризує здатність

тварини своєчасно осіменятися, виношувати плід і народжувати здорове потомство, а тривалість продуктивного використання показує, наскільки довго корова здатна залишатися економічно доцільною у стаді. Саме тому в сучасному молочному скотарстві однобічна орієнтація лише на надої вже не забезпечує бажаного результату, оскільки високопродуктивна, але фізіологічно нестійка тварина не рідко вибуває зі стада раніше, ніж господарство отримає повну віддачу від витрат на її вирощування та введення в продуктивне використання (табл. 1).

Таблиця 1

Сутність розведення і селекції корів молочних порід за комплексом ключових ознак

Складова	Характеристика	Значення для господарства
Молочна продуктивність	Під цією складовою розуміють не лише загальний надій за лактацію, а й вміст жиру, білка, стабільність лактаційної кривої, інтенсивність молоковіддачі, придатність до машинного доїння та технологічну якість молока. У селекційному баченні важливо оцінювати не лише максимальний результат за одну лактацію, а рівень реалізації потенціалу корови впродовж кількох років	Саме ця складова формує основний товарний результат молочного скотарства, визначає дохід від реалізації молока та впливає на спеціалізацію господарства. Водночас без урахування інших ознак висока продуктивність сама по собі не гарантує економічної ефективності
Відтворна здатність	Вона охоплює вік першого осіменіння, вік першого отелення, сервіс період, міжотельний період, запліднюваність, перебіг тільності, легкість отелення та життєздатність потомства. У селекції відтворення має розглядатися як інтегральна ознака, що відображає фізіологічну повноцінність, стан здоров'я та адаптованість тварини до виробничого навантаження	Добра відтворна здатність забезпечує регулярне отримання телят, ритмічне оновлення стада, стабільний виробничий цикл і зменшення витрат на повторні осіменіння, лікування та втрати через неплідність
Тривалість продуктивного використання	Йдеться про кількість лактацій, упродовж яких корова залишається у стаді, про загальну тривалість господарського використання, довичний надій та здатність підтримувати продуктивність без різкого погіршення здоров'я. Ця ознака пов'язана з міцністю конституції, станом кінцівок, вимені, обміном речовин, репродуктивним здоров'ям і стійкістю до хвороб	Чим довше корова зберігається у продуктивному стаді, тим повніше окупуються витрати на вирощування ремонтної телиці, а загальна собівартість молока знижується. Це особливо важливо для господарств, які прагнуть довгострокової рентабельності
Комплексність селекції	Комплексний підхід означає, що племінну цінність тварини визначають за сукупністю продуктивних, репродуктивних, екстер'єрних, адаптаційних та економічних ознак. Добір лише за надоем не відображає реальної цінності корови, тоді як поєднання кількох параметрів надає більш об'єктивний результат	Саме комплексність уможливорює створення стада, де поєднані висока продуктивність, стійке відтворення та довше використання корів, а отже, кращі виробничі й фінансові показники

Сформовано автором.

Показники молочної продуктивності у селекційній роботі займають провідне місце, проте їх оцінювання повинно бути глибоким і багатостороннім, а не обмеженим лише величиною надою за 305 днів лактації. Для повноцінної характеристики корови необхідно враховувати добовий, місячний і завершений лактаційний надій, масову частку жиру та білка, кількість жиру і білка в кілограмах, рівномірність перебігу лактації, форму лактаційної кривої, стійкість продуктивності в різні періоди лактації, а також реакцію тварини на зміну умов годівлі та утримання. Не менш важливим являється оцінювання продуктивності за походженням, коли беруться до уваги показники матері, батька, напівсестер, дочок бугая та загальна цінність лінії. Водночас у молочному скотарстві важливо враховувати, що надзвичайно високі надої без належної фізіологічної витривалості можуть супроводжуватися виснаженням організму, погіршенням запліднюваності, збільшенням частоти кетозу, маститу та порушень обміну речовин. Саме тому селекція за молочною продуктивністю повинна поєднувати інтенсивність добору з контролем функціональної міцності тварин (табл. 2).

Таблиця 2

Основні показники молочної продуктивності та їх селекційне значення

Показник	Зміст показника	Практичне значення у селекції
Надій за лактацію	Характеризує загальну кількість молока, одержаного від корови за стандартний або фактичний лактаційний період. Однак сам по собі цей показник не відображає повної картини, якщо не враховуються тривалість лактації, жива маса тварини, вік, кількість отелень та умови утримання	Використовується як базова ознака при доборі корів і оцінюванні дочок бугаїв. Дає змогу визначити продуктивний потенціал, але потребує зіставлення з іншими показниками, щоб уникнути однобічної селекції
Вміст жиру та білка у молоці	Якісний склад молока має вирішальне значення для переробки і комерційної цінності продукції. Підвищений вміст жиру і білка не лише підвищує цінність молока, а й свідчить про специфіку обміну речовин та генетичні особливості тварини	Дає змогу спрямовувати селекцію на підвищення технологічної цінності молока, особливо у господарствах, що орієнтуються на виробництво сиру, масла чи інших продуктів із високими вимогами до сировини
Стійкість лактації	Оцінюється за здатністю корови підтримувати високий рівень надоїв не лише на піку, а й упродовж значної частини лактації. Надто різке падіння продуктивності після перших місяців лактації свідчить про недостатню фізіологічну стійкість або невисоку адаптацію до умов утримання	Дозволяє відбирати корів, які забезпечують більш рівномірне надходження молока, краще реагують на виробничу технологію і мають більше шансів на довше продуктивне використання
Морфологічні ознаки вимені	Форма, об'єм, прикріплення вимені, розташування дійок, симетрія часток та придатність до машинного доїння безпосередньо пов'язані з рівнем реалізації молочної продуктивності й ризиком захворювань вимені	Сприяють добору тварин, що не лише багато доять, а й зручні для технологічного обслуговування, менш схильні до маститів і краще зберігають продуктивність упродовж кількох лактацій
Спадкова цінність за продуктивністю	Охоплює оцінювання корови та бугая за результатами власної продуктивності, продуктивності родичів і нащадків. Дає можливість розмежувати вплив генотипу та умов середовища	Є основою племінної роботи, оскільки дає змогу здійснювати добір не випадково, а на підставі очікуваної передачі цінних ознак потомству

Сформовано автором.

Відтворна здатність і тривалість продуктивного використання корів молочних порід тісно пов'язані між собою, оскільки порушення репродуктивної функції не рідко стає однією з головних причин передчасного вибуття тварин зі стада. Якщо корова має високі надої, але характеризується подовженим сервіс періодом, важким перебігом післяродового періоду, низькою запліднюваністю або повторними гінекологічними проблемами, її господарська цінність істотно знижується. Саме тому в селекції молочної худоби важливо враховувати вік першого отелення, легкість отелення, відновлення статевого циклу після отелення, тривалість міжотельного періоду, кількість осіменінь на одне запліднення, частоту абортів, мертвонароджень, затримання посліду та інших порушень. Водночас тривалість продуктивного використання корів відображає не лише репродуктивну функцію, а й рівень загальної резистентності, стійкість до маститу, захворювань кінцівок, метаболічних порушень, а також технологічну придатність тварини до промислового утримання. Особливу увагу необхідно звертати на те, що передчасне вибракування корів призводить до економічних втрат, оскільки ремонт молодняку потребує значних ресурсів, а молода корова лише згодом починає повністю окуповувати витрати на своє вирощування (табл. 3).

Таблиця 3

Показники відтворної здатності та тривалості продуктивного використання корів

Показник	Характеристика	Вплив на виробничу ефективність
Вік першого отелення	Оптимальний вік першого отелення відображає правильність вирощування ремонтних телиць, своєчасність статевого розвитку та збалансованість годівлі. Надто раннє або надто пізнє отелення негативно впливає на подальшу продуктивність, розвиток організму та репродуктивну стабільність	Дає можливість раціонально вводити тварину у продуктивне стадо, не допускаючи ні перевитрат на вирощування, ні фізіологічної незрілості, що особливо важливо для майбутньої тривалості використання
Сервіс період і міжотельний період	Сервіс період показує час від отелення до результативного осіменіння, а міжотельний період характеризує інтервал між двома отеленнями. Їх надмірне подовження свідчить про проблеми з відтворенням, станом здоров'я або управлінням стадом	Коротший і біологічно обґрунтований період забезпечує регулярне отримання приплоду, рівномірну зміну лактацій та кращу економіку виробництва
Запліднюваність	Відображає кількість успішних запліднень після першого чи наступних осіменінь, залежить від фізіологічного стану, точності виявлення охоти, якості сперми і менеджменту відтворення	Висока запліднюваність знижує витрати на осіменіння, зменшує непродуктивний період утримання корів та сприяє ритмічному виробничому циклу
Тривалість господарського використання	Характеризується кількістю лактацій, роками перебування у стаді та рівнем довгочасної продуктивності. На неї впливають здоров'я вимені, стан кінцівок, репродуктивна функція, темперамент і пристосованість до технології утримання	Чим довший продуктивний період, тим вищий довічний надій та краща окупність витрат на вирощування і введення тварини в стадо
Причини вибракування	До них належать неплідність, мастити, кулягавість, порушення обміну речовин, низька продуктивність, травматизм, складні отелення та незадовільний екстер'єр. Аналіз причин вибракування дає важливу селекційну інформацію	Дає змогу виявляти слабкі місця в стаді та коригувати племінну роботу у напрямку підвищення функціональної міцності та довговічності корів

Сформовано автором.

Практична реалізація селекції корів молочних порід за комплексом ознак потребує чіткої організації племінної роботи, систематичного обліку даних і використання методів добору та підбору, які забезпечують поєднання високої молочної продуктивності з доброю відтворною здатністю та тривалим продуктивним використанням. У такому підході важливими є індивідуальний добір корів у маточне ядро, оцінювання бугаїв за якістю потомства, аналіз ліній, родин, поєднуваності пар, а також контроль інбридингу, щоб уникати накопичення небажаних спадкових особливостей. Не менш значущим являється ведення точного зоотехнічного і ветеринарного обліку, де фіксуються надої, склад молока, дата осіменіння, дата отелення, тривалість сервіс періоду, причини вибракування, кількість лактацій, хвороби вимені, стан кінцівок і довічна продуктивність. Саме на підставі цих даних формується селекційне рішення щодо залишення тварини у стаді, використання її потомства у ремонті або вибракування.

Висновки. Результати таких досліджень надають можливість перейти від вузького бачення племінної цінності корів до комплексної оцінки тварини як довготривалого джерела молока, приплоду та економічного результату для господарства. У таких умовах корова має розглядатися не лише як носій високої лактаційної продуктивності, а як тварина, здатна стабільно відтворюватися, зберігати здоров'я, витримувати виробниче навантаження протягом кількох лактацій і забезпечувати ефективне використання вкладених у неї ресурсів. Саме тому селекція, що враховує тривалість продуктивного використання, постає одним із ключових напрямів підвищення економічної доцільності галузі, адже довше використання продуктивних корів дає змогу зменшити витрати на вирощування ремонтного молодняку, скоротити частку непродуктивних періодів та підвищити загальний вихід молока за все життя тварини. Водночас належний рівень відтворної здатності прямо впливає на ритмічність виробництва, повноцінне оновлення стада і збереження генетичного прогресу, а отже, без урахування цієї ознаки навіть найвищі надої не надають бажаного господарського ефекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шпетний М. Б., Заболотна В. К., Гришин С. Ю. Молочна продуктивність та відтворювальна здатність корів залежно від генетичних та паратипових чинників. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». Вип. 4(47), 2021. С. 33-42.
2. Підпала Т. В., Крамаренко О. С., Зайцев Є. М. Продуктивні, відтворювальні та адаптаційні властивості корів голштинської породи різних ліній. Вісник Полтавської державної аграрної академії. № 1, 2018. С. 108-111.
3. Пелехатий М. С., Осипенко М. В. Вплив тривалості сервіс-періоду на молочну продуктивність та відтворну здатність корів. Журнал «Науковий огляд». № 9(30), 2016. С. 1-12.
4. Хмельничий Л. М., Супрун І. О., Бардаш Д. О. Довічна продуктивність корів української червоно-рябої молочної породи за різних варіантів підбору. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». Вип. 1(44), 2021. С. 29-35.
5. Мазур Н. П., Федорович Є. І., Федорович В. В. Продуктивне довголіття молочної худоби за різних методів розведення. Розведення і генетика тварин. Вип. 55, 2018. С. 102-112.
6. Бабік Н. П. Вплив генотипових чинників на тривалість і ефективність довічного використання корів голштинської породи. Розведення і генетика тварин. Вип. 53, 2017. С. 61-69.

7. Бабік Н. П. Продуктивне довголіття корів молочних порід залежно від тривалості їх першого сервіс-періоду. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія «Сільськогосподарські науки». Т. 20, № 84, 2018. С. 9-15.

8. Полупан Ю. П. Ефективність довічного використання корів різних країн селекції. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». Вип. 2/2(25), 2014. С. 14-20.

9. Полупан Ю. П. Методика оцінки селекційної ефективності довічного використання корів молочних порід. Методологія наукових досліджень з питань селекції, генетики та біотехнології у тваринництві. Матеріали науково-теоретичної конференції, присвяченої пам'яті академіка УААН Валерія Петровича Бурката. 2010. С. 93-95.

10. Хмельничий Л. М., Салогуб А. М., Бондарчук В. М., Лобода В. П. Тривалість використання та довічна продуктивність корів залежно від методів підбору та бугаїв-плідників української червоно-рябої молочної породи. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». Вип. 6(28), 2015. С. 65-70.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 004:551.4:631.459:528.7(477.43/.44)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.36>

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ ДЛЯ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЕРОЗІЇ ФОТОГРАММЕТРИЧНИМИ ЗАСОБАМИ НА ПРИКЛАДІ ПОДІЛЛЯ

Кушнірук Т.М. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії і землеустрою,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

orcid.org/0000-0002-3983-6070

Додурич В.В. – асистент кафедри садово-паркового господарства,

геодезії і землеустрою,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

orcid.org/0009-0001-8399-771X

У статті представлено результати розробки та впровадження комплексних методичних підходів до фіксування змивних процесів і адаптації існуючих моделей водної ерозії. В основу дослідження покладено концепцію багаторівневого моніторингу (детального, локального та регіонального рівнів), що реалізується через синергію сучасних ГІС-технологій, методів дистанційного зондування Землі та прецизійного мікроморфологічного аналізу структури ґрунтового покриття.

Застосований комплексний підхід дозволив інтегрувати різномасштабні дані в єдину аналітичну систему. Зокрема, на мікрорівні використано растрову електронну мікроскопію (РЕМ), яка дала змогу детально проаналізувати мікроструктуру пор та розрахувати ентропійні характеристики протиерозійної стійкості лесових ґрунтів. Це дозволяє оцінити внутрішню стабільність ґрунтових агрегатів перед зовнішнім механічним впливом опадів. На локальному рівні застосовано короткобазисну фотограмметрію, за допомогою якої створено високоточні 3D-моделі (TIN та GRID) на елементарних стокових майданчиках (ЕСМ). Це забезпечило візуалізацію мікрорельєфу та розрахунок об'ємів змитого ґрунту з точністю до міліметрів.

На регіональному рівні задіяно ГІС-моделювання та дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) для побудови цифрових моделей рельєфу (ЦМР) та проведення ерозійного районування територій. Вперше для специфічних фізико-географічних умов Поділля запропоновано використання ентропійних показників мікроструктури ґрунту як фундаментального індикатора його стійкості до антропогенної деградації. Це дозволило уточнити коефіцієнт еродованості в існуючих прогнозних моделях (таких як USLE/RUSLE), роблячи їх більш адаптивними до місцевих умов.

Удосконалено методику оперативної оцінки змиву через інтеграцію мікроморфометричних параметрів ґрунту з мезоформами рельєфу. Подальшого розвитку набули методи



© Кушнірук Т.М., Додурич В.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

картографування ерозійно-трансформованих земель із використанням методів пластики рельєфу та анаморфованих зображень, що забезпечує високу наочність зон потенційного ризику та дозволяє ідентифікувати приховані вогнища ерозії.

Отримані результати мають безпосереднє практичне значення: вони дозволяють здійснювати точний довгостроковий прогноз деградації сільськогосподарських угідь, оптимізувати мережу пунктів державного моніторингу (зокрема УЗГ та КРГ) та приймати обґрунтовані управлінські рішення при проєктуванні сучасних контурно-меліоративних систем землеробства. Впровадження запропонованих підходів сприятиме збереженню родючості ґрунтів та забезпеченню сталого землекористування в регіоні.

Ключові слова: цифрова модель рельєфу, засоби фотограмметрії, деградація, агроландшафти, дистанційне зондування, ерозія ґрунтів, водна ерозія, аерофотознімки, опорні точки, програмне забезпечення, багаторівневий моніторинг, методи картографування, топографічні карти.

Kushniruk T.M., Dodurych V.V. Use of digital relieve models for quantitative assessment of erosion using photogrammetric means on the example of Podillia

The article presents the results of the development and implementation of complex methodological approaches to recording washout processes and adapting existing water erosion models. The study is based on the concept of multi-level monitoring (detailed, local and regional levels), which is implemented through the synergy of modern GIS technologies, remote sensing methods of the Earth and precision micromorphological analysis of the structure of the soil cover. The applied complex approach allowed integrating data of different scales into a single analytical system. In particular, at the micro level, scanning electron microscopy (SEM) was used, which made it possible to analyze in detail the microstructure of pores and calculate the entropic characteristics of the anti-erosion resistance of loess soils. This allows assessing the internal stability of soil aggregates before the external mechanical impact of precipitation. At the local level, short-base photogrammetry was used, with the help of which high-precision 3D models (TIN and GRID) were created on elementary drainage areas (ESM). This provided visualization of microrelief and calculation of volumes of washed soil with an accuracy of millimeters.

At the regional level, GIS modeling and remote sensing of the Earth (RS) were used to build digital relief models (DRM) and conduct erosion zoning of territories. For the first time, for the specific physical and geographical conditions of Podillia, the use of entropic indicators of soil microstructure as a fundamental indicator of its resistance to anthropogenic degradation was proposed. This allowed to refine the erosion coefficient in existing predictive models (such as USLE/RUSLE), making them more adaptive to local conditions.

The methodology for operational assessment of washout was improved through the integration of micromorphometric parameters of soil with relief mesoforms. Methods for mapping eroded and transformed lands using relief plasticity and anamorphic imaging methods have been further developed, which provides high visibility of potential risk zones and allows identifying hidden erosion foci.

The results obtained have direct practical significance: they allow for accurate long-term forecasting of agricultural land degradation, optimize the network of state monitoring points (in particular, UZG and KRG), and make informed management decisions when designing modern contour and land reclamation systems for agriculture. The implementation of the proposed approaches will contribute to the preservation of soil fertility and ensuring sustainable land use in the region.

Key words: digital elevation model (DEM), photogrammetric tools, degradation, agricultural landscapes, remote sensing, soil erosion, water erosion, aerial imagery, ground control points (GCPs), software, multi-level monitoring, mapping methods, topographic maps.

Постановка проблеми. Наразі вивчення ерозійних процесів на сільськогосподарських угіддях є ключовим етапом моніторингу в багатьох наукових галузях. Це зумовлює існування різноманітних теоретичних та практичних підходів, основними з яких є:

- Дослідження довкілля на основі дистанційного зондування та прикладної фотограмметрії.
- Формування екологічно збалансованих ландшафтів в умовах прояву ерозії.

– Отримання достовірних вхідних даних та надійна інтерпретація результатів щодо мінерального складу ґрунтів за допомогою рентгенівського аналізу.

Окрім моделювання, важливим є розробка алгоритму спостережень, що мінімізує еколого-економічні витрати для середніх та малих фермерських господарств, не порушуючи при цьому сільськогосподарське виробництво. Практична реалізація дослідження властивостей ґрунту на такому рівні можлива за допомогою методів прикладної фотограмметрії (короткобазисна фотограмметрія, РЕМ-мікроскопія) та тематичної картографії (карти пластики та анаморфованого зображення). Це дозволить інтегрувати запропоновані методи як складові елементи ієрархічної структури моніторингу.[1] Розглянемо можливість застосування цих методів для спостереження за ерозійно небезпечними територіями.

Аналіз останніх досліджень. Сучасний етап розвитку геології, ґрунтознавства та ерозієзнавства характеризується пріоритетністю досліджень, спрямованих на аналіз, класифікацію та моделювання земної поверхні. Морфометричні параметри рельєфу, зокрема карти горизонтальної, вертикальної, Гауссової та акумуляційної кривин, стали ключовим об'єктом прикладних геоморфологічних розвідок.

У науковому доробку за цим напрямом можна виділити кілька ключових векторів. Фундаментальний внесок у класифікацію морфометричних величин, їх математичний опис та розробку алгоритмів розрахунку зробив П. Шарий. Його методичні підходи стали базою для сучасного комп'ютерного моделювання рельєфу. Питання взаємозв'язку між морфометрією денної поверхні та гідрологічним режимом (зокрема вологістю ґрунтів) детально висвітлено у працях Мендель В. П. [5,6,7] Принципи кількісного аналізу морфології та використання даних супутникових систем для геоморфологічних досліджень розроблені у роботах Кривов'яз Є. В., Сиротенко С. А. [2] Ці дослідження формують технологічне підґрунтя для сучасних ГІС-рішень для моделювання ерозійних процесів. Світличний О. О. [8] запропонував методику детальної оцінки рельєфу шляхом зіставлення морфометричних карт із фактичним поширенням еродованих земель, що дозволяє отримувати точні кількісні показники ерозійно-акумулятивних процесів. Чорний С. В. [8] розробив методи ідентифікації структурних форм рельєфу, які при моделюванні змивних процесів забезпечують високу збіжність розрахункових даних із результатами натурних спостережень.

Попри значну кількість напрацювань, стрімкий розвиток цифрових моделей рельєфу (ЦМР) потребує подальшого вдосконалення методів автоматизованого аналізу для вирішення конкретних прикладних задач ерозієзнавства.

Метою досліджень було дослідження ієрархічного підходу ерозійних процесів на прикладі Подільської височини.

Методика досліджень. Для комплексного вивчення процесів водної ерозії та оптимізації витрат на сільськогосподарське моніторингове проектування було застосовано поєднання традиційних та сучасних дистанційних методів. Дослідження базувалося на синтезі таких наукових підходів, як геоморфологічний та картографічний методи, які застосовувалися для морфометричного аналізу рельєфу, виявлення ерозійно-небезпечних ділянок та створення серії тематичних карт кривин земної поверхні. [4]

Ґрунтознавчі польові дослідження, які використовувалися для верифікації ступеня еродованості ґрунтів та зіставлення натурних даних із розрахунковими моделями. Цифрова фотограмметрія та ДЗЗ, які забезпечили отримання високоточних даних про стан поверхні, що дозволило оперативно фіксувати зміни мікрорельєфу без значних економічних витрат на тривалі експедиції. Математичне моделювання,

за допомогою методів прикладної математики здійснено обробку систематичних спостережень, що дало змогу відтворити динаміку змиву ґрунту та розрахувати прогностичні об'єми ерозійних втрат.

Результати досліджень. Для проведення кількісного аналізу ерозії необхідні наступні вхідні дані:

- Аерофотознімки: Отримані за допомогою БпЛА (дронів), оснащених камерами високої роздільної здатності.
- Опорні точки (GPS): Координати наземних точок, виміряні за допомогою високоточного GNSS-обладнання (RTK/PPK), для точної прив'язки моделі до простору.
- Архівні карти: Для порівняння сучасного стану рельєфу з історичними даними.
- Програмне забезпечення: Pix4D, Agisoft Metashape (для обробки фотограмметрії), ArcGIS або QGIS (для аналізу ЦМР).

Процес оцінювання ерозії базується на методі DoD (DEM of Difference) – порівнянні двох моделей рельєфу, створених у різний час.

Етап I: Польові роботи та зйомка. Здійснюється серія вильотів БпЛА над досліджуваною ділянкою (яри, сільськогосподарські угіддя, берегові лінії). Важливо дотримуватися високого рівня перекриття кадрів (80-90%).

Етап II: Фотограмметрична обробка. Створення хмари точок та побудова щільної цифрової моделі: Вирівнювання зображень: Пошук спільних точок на сусідніх фото. Побудова щільної хмари точок (Dense Point Cloud): Генерація мільйонів точок з координатами X, Y, Z. Генерація ЦМР (DEM): Створення растрової поверхні, що представляє "чистий" рельєф (без рослинності та будівель).

Невід'ємною складовою вирішення проблеми раціонального використання та охорони земель в сучасних науково-практичних дослідженнях є застосування комплексних спостережень, [5] які дають змогу здійснювати оцінку існуючого, прогнозування стану земельних ресурсів, а також встановлення закономірностей поширення деградаційних процесів, зокрема, ерозійних.

Для отримання достовірної статистичної інформації про деградацію ґрунтів та адаптації прогностичних моделей водної ерозії (зокрема в межах Подільської височини), пропонуємо впровадження оперативних методів фіксування змивних процесів. [6]

Ефективність таких досліджень базується на чіткій ієрархічній структурі моніторингу довкілля, де основним критерієм є територіальне охоплення. Відповідно до цього, систему моніторингу пропонується доповнити трьома рівнями (табл. 1.1), кожен з яких інтегрує новітні методи аналізу ґрунтів та рельєфу. Пропонований підхід передбачає диференціацію досліджень за трьома векторами: Детальний рівень (РЕМ-мікроаналіз): (вивчення мікроструктури та фізико-хімічної стійкості ґрунту); Локальний рівень: (моніторинг конкретних ділянок схилів та малих водозборів); Регіональний рівень: (аналіз ерозійних процесів у масштабах ландшафтів Подільської височини).

Ключовим нововведенням на детальному рівні є використання растрової електронної мікроскопії (РЕМ). Це дозволяє встановити кореляцію між геометричними параметрами мікроструктури ґрунту та його протиерозійною стійкістю. Основні переваги та можливості методу:

- Дослідження шліфів зразків ґрунту дозволяє визначити фільтраційні властивості та архітектуру порогового простору.
- Використання показників ентропії для оцінки ступеня організації мікроструктури як індикатора стійкості ґрунту до розмиву.

– Опрацювання РЕМ-знімків дає змогу створювати об'ємні моделі мікро топографії поверхні без складного процесу виготовлення реплік (що є обов'язковим для просвічуючої мікроскопії).

– Визначення того, як саме змінюється конфігурація пор під впливом атмосферних опадів та особливостей морфометрії схилу.

Запропонована методика дозволяє не просто фіксувати факт змиву, а розуміти механіку руйнування ґрунтових агрегатів на мікрорівні, що є критично важливим для точного прогнозування ерозії.

Таблиця 1.1

Структура рівнів моніторингу ерозійних процесів

Рівень моніторингу	Об'єкт дослідження (Поділля)	Специфіка методів	Очікуваний результат
Детальний (РЕМ)	Лесові суглинки, сірі лісові ґрунти	Аналіз стійкості мікроагрегатів до перезволоження (ентропія пор)	Визначення критичного порогу розмиву лесової основи
Локальний	Схили каньйонів, балки, яружні системи	Використання безпілотників (UAV) для створення надточних 3D-моделей рельєфу	Мапи динаміки росту ярів та об'ємів винесеного ґрунту
Регіональний	Межі річчя Дністра, Прута та Південного Бугу	Басейнове моделювання, аналіз впливу розораності на гідрологію	Прогноз замулення малих річок та деградації агроландшафтів

Подільська височина характеризується значними перепадами висот та інтенсивним антропогенним навантаженням. Основним завданням тут є фіксування не лише площинного, а й лінійного змиву (яругоутворення), що потребує інтеграції РЕМ-даних у ширші геоморфологічні моделі.

Для ґрунтів Поділля критично важливо досліджувати вертикальну міграцію вологи. За допомогою РЕМ-знімків ми аналізуємо не просто поверхню, а структуру вертикальних капілярів, які характерні для лесів. Мікро топографія "об'ємного" зображення дозволяє побачити, як мікротріщини в лесі стають каналами для початкової стадії ерозії. Ентропійний показник на Поділлі слугує індикатором "просідання" ґрунту. Чим вища ентропія (хаотичність) пор, тим менш стійким є ґрунт до раптових злив. Для розробки адаптивних моделей водної ерозії в умовах інтенсивного розчленування рельєфу Поділля пропонується трирівнева система фіксування змивних процесів [7].

Застосування растрової електронної мікроскопії є фундаментальним для модифікації протиерозійного проектування на Поділлі, де переважають лесові суглинки та сірі лісові ґрунти. На основі РЕМ-знімків та профілів мікрорельєфу обчислюється ентропія розподілу амплітуд. Це дозволяє математично оцінити ступінь неоднорідності поверхні зразка. Показники ентропії відображають рівень організації мікроструктури ґрунту. Для Поділля це критично, оскільки стійкість лесової основи безпосередньо залежить від конфігурації порового простору, яка визначає опір ґрунту розмиву під час злив.

Дослідження проводилися на ділянках схилів розміром 1 × 1 м. Цей рівень є ключовим для верифікації моделей змиву в умовах крутих схилів подільських товтр та

каньйонів. Використовувався метод короткобазисної фотограмметрії. Спеціальна фотоустановка фіксувала стан поверхні до та після дощу (або штучного дощування). На основі стереозображень будуються 3D-моделі (TIN або GRID) та картограми змиву в масштабі 1:50. Обчислення реальних об'ємів винесеного ґрунту дозволяє адаптувати коефіцієнти еродованості для місцевих типів ґрунтів.

Моніторинг охоплює території площею 50–500 га, що відповідає типовим агроландшафтам межиріч Дністра, Південного Бугу та їх приток. Цифрові моделі рельєфу (ЦМР) створюються шляхом оцифрування карт, використання топографічних знімків та даних дистанційного зондування (ДЗЗ). Морфометричний аналіз ЦМР дозволяє виділити мережу орографічних ліній (вододілів і тальвегів), розрахувати крутизну, експозицію та довжину схилів – головні чинники формування стоку на Поділлі. Ерозійне районування виконується на основі опрацьованих даних класифікації територій за ступенем небезпеки. Це визначає пріоритетність подальших локальних досліджень та місця закладання нових стаціонарних полігонів [8].

Використання ЦМР у поєднанні з даними РЕМ-мікроскопії дає змогу розробляти адаптивні математичні моделі. Враховуючи специфіку Поділля (глибокі ерозійні врізи та високу розораність), класифікація чинників ерозії дозволяє вибрати оптимальну модель для кожного підregionу.

Системне поєднання мікроструктурного аналізу (РЕМ) та регіонального ГІС-моделювання забезпечує прийняття коректних управлінських рішень для запобігання деградації унікальних ґрунтових ресурсів Подільської височини.

Реалізація будь-якої моделі ерозії вимагає ґрунтової підготовки: від формування бази статистичних та картографічних даних до калібрування прецизійного обладнання. В умовах Подільської височини математичне моделювання є пріоритетним інструментом для контролю, планування та обліку ерозійно-небезпечних сільськогосподарських угідь.

З огляду на державну систему моніторингу, особливу увагу слід приділяти регіонам з найвищою інтенсивністю ерозії. Поділля, з його каньйоноподібними долинами та потужними лесовими відкладами, належить саме до таких територій. Тут необхідно розгортати універсальні зональні геостаціонари (УЗГ) – мережі пунктів багаторічних безперервних спостережень за динамікою ерозійних процесів. Впровадження моніторингу в межах Поділля передбачає виконання таких стратегічних завдань:

Визначення специфічного переліку індикаторів ерозійної деградації, характерних для сірих лісових ґрунтів та чорноземів на лесах (зокрема, глибина ерозійного врізу та швидкість росту ярів). [9]

Потребують створення базових цифрових моделей об'єктів ерозії на основі топографічних карт масштабів 1:25 000 – 1:100 000, що дозволяє охопити великі площі межиріч. Визначення природно-територіальних комплексів (наприклад, схилів Товтр або Придністров'я), які потребують поглибленого аналізу на нижчих рівнях (регіональному, локальному та детальному РЕМ-рівні).

Класифікація земель Поділля за видами деградації (пріоритетно – водна лінійна та площинна ерозія) та ступенем небезпеки, з урахуванням крутизни схилів та гідрологічної мережі формує детальну карту стану територій та встановлення стаціонарних пунктів для періодичних спостережень за змивом.

Постійне узагальнення даних зі стаціонарних полігонів для розробки проектів контурно-меліоративного землеробства та інших заходів протиерозійної організації території для Поділля є критично важливим, для того щоб математичні моделі

враховували енергію рельєфу. Велика різниця висот між вододілами та базисами ерозії (долинами річок) робить результати математичного моделювання основою для розрахунку економічних збитків від втрати гумусового шару.

Висновки. Запропонований ієрархічний підхід до дослідження ерозійних процесів дозволяє врахувати специфічну міжрегіональну динаміку природних та антропогенних чинників, що зумовлюють деградацію ґрунтів Подільської височини. Для забезпечення високої точності та практичної цінності, масштаби досліджень на регіональному рівні мають корелювати з вимогами державного земельного кадастру. Зокрема, використання індексних кадастрових карт та ортофотопланів сільськогосподарських угідь у масштабі 1:10 000 є базовим для формування об'єктивної бази даних про еродовані землі Поділля.

Специфіка застосування запропонованих рівнів моніторингу вимагає синхронної візуалізації результатів. Використано матеріали, що базуються на переході від нижчих рівнів (детального та локального) до узагальнення на регіональному та зональному рівнях (КРГ та УЗГ). Такий підхід забезпечує:

- Цілісну картину розвитку ерозійних процесів у межах водозборів.
- Варіацію мікроструктурних даних (РЕМ) через польові спостереження на стокових майданчиках.
- Ефективний вибір об'єктів для довгострокового моніторингу.

Використання сучасних геоінформаційних систем (ГІС) є критичним для повної довершеності досліджень. ГІС дозволяють не лише накопичувати емпіричні дані, а й оперативно встановлювати проміжні закономірності змиву.

Для якісного відображення ерозійно-трансформованих земель Подільської височини пропонується впровадження новаторських підходів у картографуванні: метод пластики рельєфу, який дозволяє візуалізувати потокову структуру ландшафту, що є надзвичайно важливим для Поділля з його мережею каньйонів та балок; метод анаморфованого зображення (картограми), що дає змогу наочно продемонструвати інтенсивність змиву шляхом геометричного перетворення простору відповідно до величини ерозійних втрат.

Застосування цих методів забезпечить перехід від констатації фактів змиву до створення динамічних моделей, які стають основою для прийняття управлінських рішень у сфері протирозійної організації агроландшафтів Поділля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Волощук М. Д. Ерозія ґрунтів: моніторинг, моделювання, прогнозування та заходи захисту. Івано-Франківськ: Плай, 2002. 186 с.
2. Кривов'яз Є. В., Сиротенко С.А. Використання растрової електронної мікроскопії в ґрунтознавчих дослідженнях. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 10. С. 15–21.
3. Кирильчук А. А. Генетичні особливості та мікроморфологія сірих лісових ґрунтів Подільської височини. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету*. Серія: Географія. 2016. № 1. С. 34–41.
4. Ковальчук І. П., Сивий М.В. Геоінформаційне моделювання ерозійних процесів у басейнах рік Поділля. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Т. 2 (19). С. 156–164.
5. Мендель В. П. Застосування методів математичної морфології при дослідженні ерозійних процесів за матеріалами аерофотозйомки. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. Львів, 2017. Вип.85. С.83-92
6. Мендель В. П. Картографування сільськогосподарських земель в умовах прояву водної ерозії. *Вісник НУВГП*. 2013. №3 С. 41–42

7. Мельник Л. Л. Моделювання ерозійних процесів на основі ГІС-технологій. Київ: *Аграрна наука*. 2015. 210 с.
8. Світличний О. О., Чорний С.В. Основи ерозієзнавства. Херсон: Олді-плюс, 2007. 256 с.
9. Чорний С. В. Оцінка ерозійної небезпеки агроландшафтів. Миколаїв: МДАУ, 2005. 160 с.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 631.41:631.42:631.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.37>

ОСОБЛИВОСТІ КИСЛОТНО-ЛУЖНОГО РЕЖИМУ ТА ФОСФОРНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Ожован О.О. – к.б.н., доцент,
доцент кафедри польових і овочевих культур,
Одеський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-1617-270X

Куліджанов Е. В. – к.с.-г.н., доцент
директор Одеської філії Державної установи
«Інститут охорони ґрунтів України»
orcid.org/0000-0003-2808-0199

У статті наведено результати аналізу кислотно-лужних властивостей ґрунтів та їх впливу на забезпеченість рухомими формами фосфору в умовах Одеської області. Дослідження проведено на основі матеріалів XI туру агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення (2016–2020 рр.). Встановлено, що у структурі ґрунтів України близько 24,4% становлять кислі ґрунти, 23,1% – близькі до нейтральних, 34,4% – нейтральні та 18,4% – лужні.

На відміну від більшості регіонів країни, у степовій зоні, зокрема в Одеській області, переважають нейтральні та лужні ґрунти. Середнє значення реакції ґрунтового розчину в ґрунтах області становить близько 7,3, що відповідає слабколужній реакції. Частка ґрунтів із слабколужною реакцією становить 65,6%, нейтральних – 22,4%, середньолужних – 11,6%. Порівняно з попереднім туром агрохімічного обстеження спостерігається збільшення площ слабколужних ґрунтів за одночасного зменшення частки нейтральних ґрунтів. Встановлено, що за таких умов реакція ґрунтового розчину перебуває у верхній межі оптимального інтервалу доступності фосфору або переходить у зону ризику його кальцієвої фіксації.

За результатами агрохімічного моніторингу середній вміст рухомих сполук фосфору у ґрунтах області становить близько 82 мг/кг ґрунту, що відповідає середньому рівню забезпеченості. Порівняно з попереднім туром обстеження його вміст знизився на 13 мг/кг ґрунту, або приблизно на 14%. Встановлено, що зниження вмісту рухомих форм фосфору може бути пов'язане з недостатнім рівнем внесення фосфорних добрив. За даними статистичних спостережень середній рівень внесення фосфорних мінеральних добрив у регіоні становить 17–28 кг/га д. р., що за умов інтенсивного винесення елементів живлення сільськогосподарськими культурами формує від'ємний баланс фосфору.

Отримані результати свідчать, що формування фосфорного режиму ґрунтів області визначається поєднанням кислотно-лужних властивостей ґрунтів та рівня застосування фосфорних добрив, що необхідно враховувати при розробленні систем удобрення сільськогосподарських культур.

Ключові слова: ґрунти, реакція ґрунтового розчину, рухомі сполуки фосфору, агрохімічний моніторинг, баланс фосфору, Одеська область.

Ozhovan O.O., Kulidjanov E.V. features of the acid-alkaline regime and phosphorus state of soils in the Odessa region

The article presents the results of the analysis of the acid-base properties of soils and their impact on the availability of mobile forms of phosphorus in the conditions of the Odessa region. The study was conducted based on the materials of the XI round of agrochemical survey of



© Ожован О.О., Куліджанов Е. В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

agricultural lands (2016–2020). It was established that in the structure of Ukrainian soils, about 24.4% are acidic soils, 23.1% are close to neutral, 34.4% are neutral and 18.4% are alkaline.

Unlike most regions of the country, neutral and alkaline soils prevail in the steppe zone, in particular in the Odessa region. The average value of the soil solution reaction in the soils of the region is about 7.3, which corresponds to a weakly alkaline reaction. The share of soils with a weakly alkaline reaction is 65.6%, neutral – 22.4%, medium-alkaline – 11.6%. Compared to the previous round of agrochemical survey, there is an increase in the area of weakly alkaline soils with a simultaneous decrease in the share of neutral soils. It was established that under such conditions, the reaction of the soil solution is at the upper limit of the optimal interval of phosphorus availability or enters the risk zone of its calcium fixation.

According to the results of agrochemical monitoring, the average content of mobile phosphorus compounds in the soils of the region is about 82 mg/kg of soil, which corresponds to the average level of provision. Compared to the previous round of survey, its content decreased by 13 mg/kg of soil, or approximately 14%. It was established that the decrease in the content of mobile phosphorus forms may be associated with an insufficient level of phosphorus fertilizer application. According to statistical observations, the average level of phosphorus mineral fertilizer application in the region is 17–28 kg/ha d. r., which, under conditions of intensive removal of nutrients by agricultural crops, forms a negative phosphorus balance.

The results obtained indicate that the formation of the phosphorus regime of the soils of the region is determined by a combination of acid-base properties of the soils and the level of application of phosphorus fertilizers, which must be taken into account when developing crop fertilization systems.

Key words: soils, soil solution reaction, mobile phosphorus compounds, agrochemical monitoring, phosphorus balance, Odesa region.

Актуальність теми дослідження. В умовах інтенсивного землеробства реакція ґрунтового розчину є одним із ключових факторів ефективності використання мінеральних добрив. Фосфор є одним із основних елементів мінерального живлення рослин, який бере участь у процесах енергетичного обміну, синтезу нуклеїнових кислот та формуванні генеративних органів. Однак у ґрунті значна частина фосфору перебуває у малорозчинних формах, доступність яких значною мірою залежить від реакції ґрунтового розчину. У степовій зоні України, де переважають нейтральні та лужні ґрунти, проблема ефективності фосфорного живлення набуває особливої актуальності.

Постановка проблеми. Ґрунт є складною природною системою, що складається з твердої, рідкої, газоподібної та живої фаз. Між цими фазами відбуваються постійні процеси обміну речовин, які визначають умови живлення рослин. Коренева система поглинає елементи мінерального живлення переважно з ґрунтового розчину, тому його склад, концентрація та реакція мають вирішальне значення для росту і розвитку рослин.

Реакція ґрунтового розчину є одним з найважливіших факторів, що визначає інтенсивність біохімічних процесів у ґрунті, активність мікроорганізмів, трансформацію органічної речовини та доступність елементів живлення. Вона впливає на процеси мінералізації органічних решток, коагуляції та пептизації ґрунтових колоїдів, а також на розчинність мінеральних сполук.

У степовій зоні України існує ризик переходу фосфору у малорозчинні кальцієві сполуки, що знижує ефективність фосфорних добрив. Питання впливу реакції ґрунтового розчину на доступність елементів живлення, зокрема фосфору, широко висвітлено у працях вітчизняних та зарубіжних дослідників [1–5]. Встановлено, що у кислих ґрунтах фосфор зв'язується з оксидами заліза та алюмінію, тоді як у лужних ґрунтах відбувається його фіксація кальцієм із утворенням малорозчинних фосфатів. Проте регіональні особливості змін кислотно-лужного режиму ґрунтів та забезпеченості їх фосфором потребують подальшого дослідження.

Методика досліджень. Аналіз кислотно-лужних властивостей ґрунтів проводили на основі матеріалів XI туру агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення (2016-2020 рр.). Реакцію ґрунтового розчину визначали у сольовій витяжці ($pH_{\text{сол.}}$). Оцінку забезпеченості ґрунтів рухомими формами фосфору проводили за даними агрохімічного моніторингу. Аналіз структури ґрунтів за рівнями кислотності та вмісту фосфору здійснювали статистичними методами. Аналіз забезпеченості ґрунтів рухомими формами фосфору проведено за адміністративним поділом районів Одеської області, що існував до адміністративно-територіальної реформи 2020 року.

Результати досліджень. За результатами XI туру (2016-2020 рр.) агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення встановлено, що біля 24,4% ґрунтів України є кислими ($pH_{\text{сол.}} < 5,6$), 23,1% є близькими до нейтральних ($pH_{\text{сол.}} 5,6-6,0$), 34,4% – нейтральними ($pH_{\text{сол.}} 6,1-7,0$), тоді як 18,4% характеризуються лужною реакцією. Найбільша частка кислих ґрунтів поширена в зоні Полісся (48,6%), дещо менша – у Лісостепу (30,0%), у Степу вона становить лише 2,1% [2].

На відміну від більшості регіонів України, де значні площі представлені кислими ґрунтами, у степовій зоні, зокрема в Одеській області, переважають нейтральні та лужні ґрунти. Середнє значення реакції ґрунтового розчину в ґрунтах області становить близько 7,3, що відповідає слабколужній реакції.

Питома вага ґрунтів із слабколужною реакцією становить 65,6% ($pH_{\text{сол.}} 7,1-7,5$), частка нейтральних ґрунтів становить 22,4%, а середньолужних – 11,6% ($pH_{\text{сол.}} 7,6-8,0$). Порівняно з попереднім туром спостерігається зменшення площ нейтральних ґрунтів на 2,6%, тоді як площа слабколужних ґрунтів зросла на 14,2% (рис. 1).

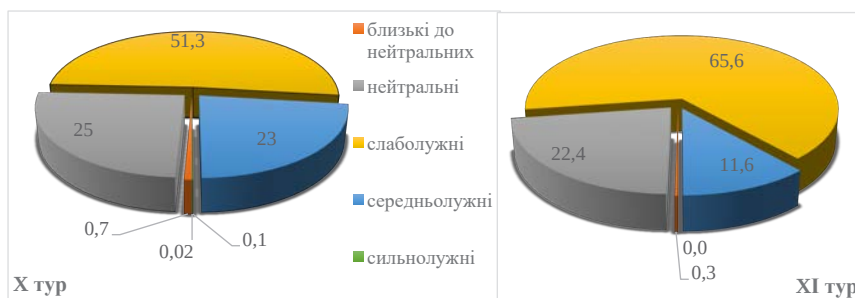


Рис. 1. Реакція ґрунтового розчину, $pH_{\text{сол.}}$ % від обстеженої площі

Значні площі середньолужних ґрунтів діагностуються у районах області, де природні поверхневі води мають лужну реакцію і сприяють підлужненню ґрунтового розчину. Найбільше середньолужних ґрунтів у Болградському, Кілійському, Захарівському і Роздільнянському районах.

Порівняно з минулим туром агрохімічного обстеження реакція ґрунтового розчину знизилась у середньому по області на 0,2 одиниці. Значне зниження показника виявлено в Саратському (на 0,6 одиниць) та Ренійському (на 0,4 одиниці) районах. Водночас у Кілійському та Роздільнянському районах встановлено підвищення показника $pH_{\text{сол.}}$ на 0,4 та 0,3 одиниці відповідно.

Відомо, що доступність фосфору для рослин значною мірою залежить від реакції ґрунтового розчину. Максимальна доступність фосфатів спостерігається

у діапазоні $\text{pH}_{\text{сол.}}$ 6,5-7,0. За таких умов фосфат-іони перебувають у формах H_2PO_4^- та HPO_4^{2-} , які є найбільш доступними для поглинання рослинами [3, 4].

За кислотної реакції ($\text{pH}_{\text{сол.}} < 5,5$) відбувається інтенсивне утворення малорозчинних фосфатів заліза та алюмінію, що знижує концентрацію фосфору в ґрунтовому розчині. У міру зростання $\text{pH}_{\text{сол.}}$ понад 7,2-7,5 посилюються процеси осадження кальцієвих фосфатів (дикальційфосфат, октакальційфосфат, гідроксіапатит), що також обмежує біодоступність фосфору [4].

Механізм фіксації фосфору у лужних ґрунтах пов'язаний із високою активністю іонів Ca^{2+} у ґрунтовому розчині, що зумовлює перехід розчинних фосфатів у кристалічні або аморфні кальцієві форми. З часом ці сполуки переходять у більш стабільні фази, що характеризуються низькою розчинністю [3]. Таким чином, навіть незначні зміни реакції ґрунтового розчину (0,1-0,3 одиниці рН) можуть зумовлювати зміну співвідношення між рухомими та фіксованими формами фосфору.

Отримані результати свідчать, що реакція ґрунтового розчину в більшості ґрунтів області знаходиться у верхній межі оптимального інтервалу доступності фосфору або переходить у зону ризику кальцієвої фіксації. За умов $\text{pH}_{\text{сол.}} > 7,5$ ефективність внесених фосфорних добрив може знижуватися через утворення малорозчинних кальцієвих фосфатів [4, 5].

За даними агрохімічного моніторингу середній вміст рухомих сполук фосфору в ґрунтах області становить біля 82 мг/кг ґрунту (за Чиріковим), що відповідає середньому рівню забезпеченості (табл. 1). Порівняно з попереднім туром агрохімічного обстеження його вміст знизився у середньому по області на 13 мг/кг ґрунту, що становить близько 14% від попереднього рівня забезпеченості.

У окремих районах зниження вмісту фосфору є більш суттєвим: у Арцизькому – на 50 мг/кг ґрунту, Білгород-Дністровському та Саратовському – на 42 мг/кг ґрунту, Біляївському – на 45 мг/кг ґрунту, Подільському – на 56 мг/кг ґрунту, Роздільнянському – на 31 мг/кг ґрунту, Овідіопольському – на 36 мг/кг, Великомихайлівському – на 33 мг/кг ґрунту.

Зниження вмісту рухомих сполук фосфору може бути пов'язане з низькими нормами внесення фосфорних добрив. Зокрема, у 2020 році у деяких районах області їх внесення становило лише 2-3 кг/га д. р. (Арцизький – 2,1 кг/га, Біляївський – 2,4 кг/га, Ширяївський – 2,3 кг/га). Середній рівень внесення фосфорних мінеральних добрив в Одеській області у 2016-2020 рр. становив 17-28 кг/га д. р., що за умов інтенсивного виношення елементів живлення сільськогосподарськими культурами формує від'ємний баланс фосфору в регіоні (-11,4 кг/га) [2].

Водночас у деяких районах області відмічено підвищення вмісту рухомих сполук фосфору. Так, у Болградському районі цей показник зріс на 24 мг/кг ґрунту, у Кілійському – на 31 мг/кг ґрунту, у Кодимському – на 20 мг/кг ґрунту. Такі зміни можуть бути пов'язані з локальним внесенням мінеральних добрив або відбором зразків після їх застосування.

Аналіз структури забезпеченості ґрунтів рухомими формами фосфору свідчить про певний перерозподіл площ за рівнями забезпеченості. Зокрема, частка ґрунтів із високим та дуже високим умістом фосфору зменшилася на 2,7-3,0%, тоді як площа ґрунтів із середнім рівнем забезпеченості зросла приблизно на 12%. Динаміку змін забезпеченості ґрунтів рухомими формами фосфору за турами агрохімічного обстеження наведено на рис. 2.

Переважаання слаболужної реакції ґрунтового розчину в регіоні створює потенційні обмеження для ефективності фосфорного живлення. За подальшого підвищення

Таблиця 1

Вміст рухомого фосфору та рН ґрунтів за районами Одеської області

№	Район	рН _{сол.}	Рухомий фосфор, мг/кг ґрунту
1	Кодимський	6.8	115
2	Балтський	6.8	59
3	Савранський	6.8	81
4	Окнянський	7.5	72
5	Подільський	7.1	33
6	Любашівський	7.3	61
7	Ананівський	7.1	92
8	Захарівський	7.0	77
9	Ширяївський	7.2	71
10	Миколаївський	7,4	52
11	Великомихайлівський	7.3	36
12	Березівський	7.0	74
13	Іванівський	7.1	53
14	Роздільнянський	7.7	48
15	Лиманський	7.3	105
16	Біляївський	7.3	67
17	Овідіопольський	7.3	80
18	Саратський	6.8	34
19	Арцизький	7.2	32
20	Білгород-Дністровський	7,4	53
21	Болградський	7.3	42
22	Кілійський	7.9	133
23	Ізмаїльський	7.4	71
24	Татарбунарський	7.0	77
25	Тарутинський	7,4	58
26	Ренійський	7,4	75

реакції ґрунтового розчину понад рН_{сол.} 7,5 коефіцієнт використання фосфору рослинами може знижуватися у 1,5-2 рази порівняно з нейтральними умовами [5].

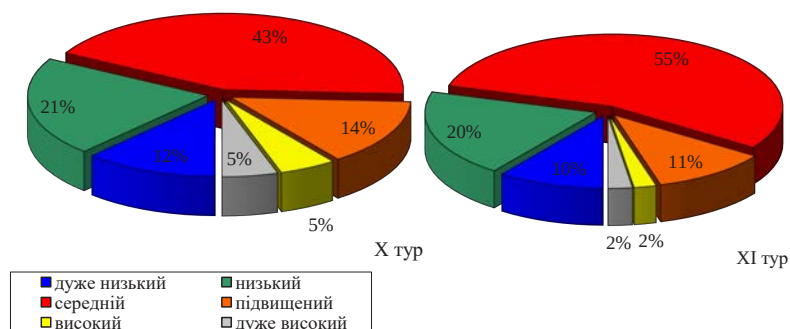


Рис. 2. Розподіл площі ґрунтів за рівнями вмісту рухомих сполук фосфору, % від обстеженої площі

Висновки. Встановлено, що формування фосфорного режиму ґрунтів Одеської області визначається поєднанням кисло-лужних властивостей ґрунтів та рівня внесення фосфорних добрив. Переважання слабколужної реакції ґрунтового розчину (середній рН 7,3) створює умови для часткової фіксації фосфору у вигляді кальцієвих сполук, тоді як низькі норми внесення фосфорних добрив (2–3 кг/га д. р.) обмежують поповнення його рухомих форм у ґрунті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Балюк С. А., Медведєв В. В., Мірошніченко М. М. Сучасний стан ґрунтового покриву України та проблеми його родючості. *Український географічний журнал*. 2012. №2. С. 38–42.
2. Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України за результатами XI туру (2016–2020 рр.). Державна установа «Інститут охорони ґрунтів». Київ. 2023 р. 72 с.
3. Penn C. J., Camberato J. J. A critical review on soil chemical processes that control phosphorus availability. *Agriculture*. 2019. Vol. 9(6). 120. <https://doi.org/10.3390/agriculture9060120>
4. Lei Y., Song Y., et al. Electrochemically induced calcium phosphate precipitation: implications for phosphorus immobilization. *Environmental Science & Technology*. 2017. Vol. 51. P. 123–131.
5. Hopkins B., Ellsworth J. Phosphorus availability with alkaline/calcareous soil. *Western Nutrient Management Conference*. 2005. Vol. 6. P. 88–93.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 631:173

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.38>

ҐРУНТОВО-ГЕОМОРФОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗМІЇНИХ ВАЛІВ ЗЕМЛЯНИХ СПОРУД ТИПУ ЗМІЄВИХ ВАЛІВ ЯК ОБ'ЄКТА КУЛЬТУРНОЇ ТА ПРИРОДНОЇ СПАДЩИНИ УКРАЇНИ

Кузьменко І.С. – заступник завідувача відділу землевпорядних робіт
та оцінки землі,
ДУ «Держґрунтохорона»
orcid.org/0000-0002-7607-9435

Дмитренко О.В. – к.с.-г.н., завідувач лабораторії екологічної безпеки земель,
якості продукції та довілля,
ДУ «Держґрунтохорона»
orcid.org/0000-0002-6945-7637

Ковальова С.П. – к.с.-г.н., старший дослідник,
завідувач відділу тваринництва та екологічної безпеки земель і якості продукції,
Інститут сільського господарства Полісся Національної академії аграрних наук
України
orcid.org/0000-0003-1858-625X

Басмат В.С. – керівник ТОВ «БВС-НІКО»
orcid.org/0009-0003-2376-6084

Погоріла Л.П. – науковий співробітник лабораторії моніторингу
та агрохімічної паспортизації ґрунтів,
ДУ «Держґрунтохорона»
orcid.org/0009-0006-8649-6267

Стаття присвячена огляду наукових підходів до вивчення ґрунтового-геоморфологічних умов формування та збереження Змієвих валів як об'єкта культурної й природної спадщини України. Узагальнено результати вітчизняних і зарубіжних досліджень, що стосуються впливу рельєфу, геологічної будови, ґрунтового покриву та екзогенних геоморфологічних процесів на стабільність і сучасний стан цих історико-археологічних споруд.



© Кузьменко І.С., Дмитренко О.В., Ковальова С.П., Басмат В.С., Погоріла Л.П., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Проаналізовано роль природних чинників і антропогенного навантаження у трансформації морфології валів та зміні ґрунтових властивостей у межах їхнього поширення. Особливу увагу приділено питанням ерозійної небезпеки, ґрунтової деградації та землекористування як ключовим факторам збереження Змієвих валів.

Наголошено на необхідності міждисциплінарного підходу, що поєднує ґрунтознавчі, геоморфологічні та історико-археологічні дослідження, для формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо охорони й раціонального управління об'єктами культурної спадщини в умовах сучасних природних і антропогенних викликів.

Сучасний стан більшості ділянок Змієвих валів є вразливим через активне землекористування, розорювання схилів, ерозійні процеси, та природне руйнування насипів. Втрата навіть окремих фрагментів призводить до зникнення цілісності об'єкта й неможливості його наукової реконструкції. Тому завдання збереження валів має не лише культурне, але й науково-природоохоронне значення.

Важливим напрямом є інтеграція Змієвих валів у систему охорони культурної спадщини України з визначенням їхніх меж, охоронних зон та режимів використання прилеглих територій з урахуванням ґрунтово-геоморфологічних умов їх залягання. Такий підхід дає змогу мінімізувати негативний вплив господарської діяльності, запобігти розвитку ерозійних процесів і деградації ґрунтового покриву, а також забезпечити збереження автентичності та просторової цілісності Змієвих валів як об'єкта культурної й природної спадщини.

Заслугує на увагу використання багатоспектральних супутникових знімків, цифрових моделей рельєфу та індексів рослинності дозволяє оперативно виявляти зміни мікрорельєфу, порушення ґрунтового покриву та ознаки антропогенного втручання без прямого механічного впливу на об'єкт. Інтеграція таких даних із матеріалами польових обстежень і геоінформаційними системами створює підґрунтя для формування просторово-часової бази спостережень необхідної для оцінювання ризиків деградації та обґрунтування режимів охоронного використання території.

Таким чином поєднання ґрунтово-геоморфологічних досліджень із інструментами дистанційного моніторингу забезпечує науково обґрунтовану модель управління збереженням Змієвих Валів, орієнтовану на довгострокову стабілізацію їхнього стану в умовах сучасного землекористування.

Ключові слова: Змієві вали, ґрунтовий покрив, геоморфологічні умови, ерозійні процеси, культурна спадщина, природна спадщина, землекористування, моніторинг, ґрунтово-геоморфологічні умови, ерозія ґрунту.

Kuzmenko I.S., Dmytrenko O.V., Kovalyova S.P., Basmat V.S., Pogorila L.P. Soil-geomorphological conditions for the formation and preservation of eathern structure of Zmiievi Valy type as an object of cultural and natural heritage of Ukraine

The article is devoted to the review of scientific approaches to the study of soil and geomorphological conditions for the formation and preservation of Zmiievi valy (en. Serpent's walls) as an object of cultural and natural heritage of Ukraine. The results of domestic and foreign research related to the influence of relief, geological structure, soil cover and exogenous geomorphological processes on the stability and current state of these historical and archaeological structures are summarized. The role of natural factors and anthropogenic load in the transformation of the morphology of shafts ("walls") and changes in soil properties within their distribution is analyzed. Special attention is paid to issues of erosion danger, soil degradation and land use as key factors in the preservation of Zmiievi valy.

Emphasis is placed on the need for an interdisciplinary approach combining soil science, geomorphology and historical-archaeological research to form scientifically based recommendations for the protection and rational management of cultural heritage sites in the conditions of modern natural and anthropogenic challenges.

The current state of most areas of the Zmiievi valy is vulnerable due to active land use, plowing of slopes, erosion processes, and natural destruction of embankments. The loss of even individual fragments leads to the disappearance of the integrity of the object and the impossibility of its scientific reconstruction. Therefore, the task of preserving the ramparts ("walls") has not only cultural, but also scientific and environmental significance.

An important direction is the integration of Zmiievi valy into the system of protection of the cultural heritage of Ukraine with the determination of their boundaries, protection zones and modes of use of adjacent territories, taking into account the soil and geomorphological

conditions of their occurrence. This approach makes it possible to minimize the negative impact of economic activity, prevent the development of erosion processes and land cover degradation, and ensure the preservation of the authenticity and spatial integrity of the Zmiievi valy as an object of cultural and natural heritage.

Noteworthy is the use of multispectral satellite imagery, digital terrain models and vegetation indices, allowing the prompt detection of microrelief changes, land cover disturbances and signs of anthropogenic interference without direct mechanical impact on the object. The integration of such data with the materials of field surveys and geoinformation systems creates the basis for the formation of a spatio-temporal base of observations necessary for assessing the risks of degradation and substantiating the regimes of protected use of territories.

In this way, the combination of soil-geomorphological studies with remote monitoring tools provides a scientifically based model of managing the preservation of Snake Shafts, focused on the long-term stabilization of their condition in the conditions of modern land use.

Key words: *Zmiievi valy, soil cover, geomorphological conditions, erosion processes, cultural heritage, natural heritage, land use, monitoring, soil-geomorphological conditions, soil erosion.*

Актуальність теми дослідження. Змієві вали є унікальними лінійними утвореннями, що поєднують в собі ознаки історико-культурних та природно-ландшафтних об'єктів. Вони простягаються на сотні кілометрів територією України й становлять цінне джерело інформації про давні інженерно-земляні споруди та взаємодію людини з природним середовищем у різні історичні епохи.

Попри значний історико-археологічний інтерес, геоморфологічні та ґрунтові умови формування й сучасного стану, Змієві вали залишаються недостатньо вивченими. Відсутність комплексних ґрунтово-геоморфологічних досліджень обмежує можливість об'єктивної оцінки процесів деградації цих споруд, а також розроблення ефективних заходів їх збереження.

Зміни клімату, активне землекористування, розорювання земель і техногенний вплив призводять до ерозійних процесів та втрати цілісності валів, що становить загрозу як для культурної спадщини, так і для стану ґрунтового покриву прилеглих територій.

Стан збереження Змієвих валів нині викликає занепокоєння науковців і фахівців у сфері охорони культурної спадщини. Зокрема, на території біля сіл Круглик, Іванковичі та Віта-Поштова (Київська область) зафіксовано факти руйнування й порушення цілісності пам'ятки внаслідок розорювання земель, та незаконного будівництва, встановлення парканів і демонтажу охоронних знаків, що суперечить чинному законодавству України про охорону культурної спадщини.

Тому дослідження ґрунтово-геоморфологічних особливостей Змієвих валів має важливе наукове й практичне значення: воно дозволяє поєднати завдання охорони ґрунтів із збереженням історико-культурних ландшафтів України та формує наукову основу для розробки рекомендацій щодо їхнього моніторингу й відновлення.

Постановка проблеми. Проблематика дослідження Змієвих валів привертала увагу вчених ще з XIX століття, однак найбільш активне вивчення відбулося у другій половині XX – на початку XXI століття. У працях А. Томашевського підкреслюється необхідність сучасного переосмислення цих пам'яток, як складових історико-культурного ландшафту України, а також необхідність інтеграції археологічних, геоморфологічних та ґрунтознавчих досліджень. Важливим джерелом матеріалів для дослідження стали дані польових обстежень з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА), зібрані В. А. Гнерою у процесі цивільних аерофотозйомок, що значно поглибило пам'ятко охоронний аспект статті та дало змогу точніше окреслити технічну частину відповідних розділів. Завдяки низьковисотній аерозйомці А. В. Короля та оглядам іноземної літератури щодо лінійних укріплень було уточнено місце Змієвих валів серед оборонних систем Європи [1].

Детальний огляд півстолітнього археологічного вивчення валів подано у роботі О. Комара (2022) який зазначає, що більшість укріплень датуються X–XI ст., проте виявлені матеріали свідчать про більш тривалу історію формування системи [2].

Початок нового етапу дослідження Змієвих валів був зумовлений ініціативною діяльністю Аркадія Сильвестровича Бугая – викладача-математика Київського педагогічного інституту імені Горького [3]. Саме його наполеглива робота привернула увагу державних інституцій до проблеми та сприяла залученню ресурсів для розгортання системних наукових досліджень. Збір, узагальнення й популяризація інформації про Змієві вали, а також активна позиція щодо їх збереження органічно відповідають сучасній концепції *citizen science / crowd science*, у меж якої представники позаакадемічного середовища відіграють важливу роль у формуванні дослідницького поля та підтримці наукового пізнання.

В огляді сучасного стану збереження пам'ятки А. Король та О. Міщенко звертають увагу на активні процеси руйнування валів у Київській області. Зокрема, в межах територій між селами Круглик та Іванковичі зафіксовано факти розорювання, зрізання насипів, встановлення парканів і демонтажу охоронних знаків, що суперечить Закону України «Про охорону культурної спадщини» [4]. Про ці випадки також повідомляли офіційні джерела – зокрема, у публікації газети *Gazeta.ua* та у звітах громадських організацій, після яких було відкрито кримінальне провадження за фактом руйнування пам'ятки [5,6].

Попри наявність низки історико-археологічних праць, ґрунтово-геоморфологічна складова у вивченні Змієвих валів залишається недостатньо представлена. Системних досліджень структури ґрунтових профілів, складу та процесів ерозії у межах насипів практично немає. У сучасних оглядах зазначається потреба у міждисциплінарних підходах, що поєднують методи педології, геоморфології та дистанційного зондування Землі (LiDAR, георадар, фотограмметрія) [7].

Таким чином, аналіз літератури свідчить про переважання історико-археологічного напрямку досліджень при недостатній увазі до природно-наукових аспектів – зокрема, до ролі рельєфу, ґрунтового складу та сучасних процесів деградації валів. Це обґрунтовує потребу у поглибленому ґрунтово-геоморфологічному аналізі для комплексної оцінки стану цих пам'яток культурної та природної спадщини.

Мета дослідження – оцінка ґрунтово-геоморфологічних умов формування та сучасного стану збереження земляних споруд типу Змієвих валів на основі лабораторного аналізу фізико-хімічних показників ґрунтів, проведеного вимірювальною лабораторією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України».

Методика дослідження. Польові та лабораторні дослідження проведено фахівцями вимірювальної лабораторії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» (ДУ «Держґрунтохорона») відповідно до Свідоцтва про визнання вимірювальних можливостей № 0265 від 27 грудня 2024 р.

Об'єктом вивчення стали ґрунтові зразки, відібрані у межах розташування Змієвих валів Київської області – давньої земляної споруди, що є пам'яткою археології національного значення та одночасно елементом природного ландшафту. Досліджувану ділянку в зоні розташування Змієвих валів восени 2025 р. було частково зруйновано будівельною технікою невідомого забудовника в безпосередній близькості до траси Київ – Одеса, біля населеного пункту Віта-Поштова, вочевидь для будівництва невизначеного господарського об'єкту. Паспорта будівництва і жодних охоронних чи попереджувальних знаків на місці дослідження встановлено не було. Проте розріз цього валу, який знаходився в зоні проходження основних гілок Змієвих валів з відгалуженнями поблизу давнього курганного

комплексу і рівномірна шарова побудова дозволили з високою ймовірністю припустити штучне походження вищезазначеної земляної споруди та її належність до системи Змієвих валів і використати як зручну модель для подальшого дослідження та моніторингу (рис. 1).



Рис. 1. Грунтовий профіль Змієвого Валу в розрізі

Виклад основного матеріалу. Змієві вали є унікальним багатокілометровим комплексом лінійних земляних споруд, що формувався та функціонував у тісному зв'язку з природними умовами Середнього Подніпров'я та суміжних регіонів України. Їхнє просторове поширення, морфологічні особливості та сучасний стан збереженості значною мірою зумовлені ґрунтово-геоморфологічними чинниками, які визначали як вибір місць для спорудження валів, так і подальші процеси їх трансформації.

Важливу роль у формуванні та стійкості Змієвих валів відігравали ґрунтові умови. Найчастіше вали закладалися в межах поширення сірих лісових ґрунтів, чорноземів опідзолених і типових, а також дерново-карбонатних ґрунтів.

Ці ґрунти характеризуються сприятливими фізико-механічними властивостями: достатньою зв'язністю, помірною щільністю та відносною водостійкістю, що дозволяло формувати масивні земляні насипи без використання кам'яних або дерев'яних конструкцій. Високий вміст гумусу у верхніх горизонтах сприяв консолідації ґрунтової маси, тоді як карбонатні вкраплення підвищували стійкість валів до розмивання.

Процеси ґрунтоутворення, що тривали після спорудження валів, могли істотно вплинути на їх сучасний вигляд. Формування дернового покриву, розвиток гумусового горизонту та поступова біогенна акумуляція органічної речовини сприяли стабілізації поверхні валів і зменшенню інтенсивності площинної ерозії. Водночас тривалі педогенетичні процеси могли призвести до часткового згладжування первинного профілю споруд, ускладнюючи їх візуальну ідентифікацію в сучасному ландшафті.

Через особливості архітектурних форм та внутрішню будову, що є предметом важливих наукових досліджень, негативні впливи на збереженість Змієвих валів такі як екзогенні геоморфологічні процеси, зокрема водна та вітрова ерозія, зсувні явища на схилах є мінімальними і майже не проглядаються, на відміну від антропогенного порушення ґрунтового покриву. Розорювання прилеглих територій, меліоративні роботи, лісгосподарська діяльність і забудова призводять до механічного руйнування насипів та порушення природної рівноваги ґрунтово-геоморфологічних систем. Особливо вразливими є ділянки валів в межах інтенсивного сучасного землекористування.

За таких умов антропогенне навантаження виступає провідним чинником трансформації морфології валів і зміни їхнього мікрорельєфу, що поступово знижує ступінь їх збереженості та ускладнює реконструкцію первинних параметрів споруд. Додаткову небезпеку становить фрагментація прилеглих ландшафтів і зміна гідрологічного режиму територій, що спричиняє порушення стабільності ґрунтових мас і активізацію вторинних деградаційних процесів. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває запровадження системного моніторингу стану валів, обґрунтування режимів охоронного використання прилеглих земель та впровадження науково обґрунтованих заходів збереження, спрямованих на мінімізацію техногенного впливу та стабілізацію ґрунтово-геоморфологічного середовища їх функціонування.

Ефективність таких заходів значною мірою залежить від поєднання польових спостережень із геопросторовими методами аналізу, що дає змогу своєчасно фіксувати зміни морфоструктури валів та реагувати на них, оцінювати динаміку їх трансформації та прогнозувати зони підвищеного ризику деградації. Комплексний підхід до охорони має передбачати не лише консерваційні заходи, а й регулювання характеру землекористування в межах охоронних зон, з урахуванням чутливості ґрунтово-геоморфологічних умов та історико-культурної цінності цих інженерно-ландшафтних об'єктів.

Для дослідження ґрунтово-геоморфологічних умов формування Змієвих валів було проаналізовано чотири зразки, відібрані з різних морфологічних частин споруди. Візуальні особливості зразків (рис. 2–3) свідчать про наявність шаруватої будови валу: верхній шар має темно-сірий колір і щільну структуру з вмістом органічних речовин, тоді як середні та нижчі горизонти характеризуються світло-жовтими, піщаними та суглинковими відмінами з різною щільністю і ступенем ущільнення.



Рис. 2. Зразки ґрунту пронумеровані та розміщені у робочих контейнерах



Рис. 3. Структура відібраного ґрунту

Ґрунтові зразки були відібрані з метою встановлення фізико-хімічних характеристик окремих шарів, які формують тіло валу та підстильні породи, а також для оцінки їх ролі у забезпеченні стабільності й довготривалого збереження споруди (табл. 1).

Таблиця 1

Агрохімічні показники ґрунтів Змієвих Валів за результатами лабораторних досліджень

Показник	Зразок 1/25 (порода 4,5 м)	Зразок 2/25 (середній між породами)	Зразок 3/25 (пісок 2 м, вис. 1,20)	Зразок 4/25 (сірий над породою)
Кислотність (рН KCl)	6,9 (нейтральні)	5,8 (близька до нейтральних)	5,6 (близька до нейтральних)	5,9 (близька до нейтральних)
Сума увібраних основ, ммоль/100 г	40,0 (дуже висока)	22,0 (висока)	1,0 (дуже низький)	21,0 (високий)
Азот легко гідролізований, мг/кг	42,0 (дуже низький)	42,0 (дуже низький)	53,2 (дуже низький)	44,8 (дуже низький)
Рухомий фосфор (по Чирікову), мг/кг	9,0 (дуже низький)	18,0 (дуже низький)	20,0 (дуже низький)	32,0 (низький)
Обмінний калій (по Чирікову), мг/кг	55,0 (середній)	63,0 (середній)	34,0 (низький)	58,0 (середній)
Органічна речовина (гумус),%	2,78 (середній)	0,3 (дуже низький)	0,1 (дуже низький)	1,1 (дуже низький)
Загальний карбон (ТС), г/кг	4,14	2,39	0,14	2,54
Рухома сірка, мг/кг	10,8 (підвищений)	23,6 (дуже висока)	9,5 (підвищений)	26,1 (дуже висока)

Зразок № 1/25 (глибина 4,5 м, материнська порода). Ґрунт має нейтральну реакцію середовища (рН 6,9) та високу суму ввібраних основ (40,0 ммоль/100 г), що вказує на значну ємність катіонного обміну. Вміст гумусу становить 2,78%, що відповідає середньому рівню. Показники азоту (42 мг/кг) і фосфору (9 мг/кг) свідчать про низьку родючість ґрунту. Загальний карбон – 4,14 г/кг, вміст рухомої сірки підвищений (10,8 мг/кг). У зразку не виявлено перевищення ГДК за свинцем і кадмієм. Таким чином, глибинний горизонт характеризується стабільними природними властивостями, типовими для малозмінених елювіальних порід.

Зразок № 2/25 (середній горизонт між породами). Показники рН 5,8 свідчать про слабокислу реакцію. Гумус – лише 0,3%, що вказує на бідність органічною речовиною. При цьому спостерігається висока забезпеченість основами (22,0 ммоль/100 г) і підвищений вміст рухомої сірки (23,6 мг/кг). Отримані результати можуть свідчити про проміжний перехідний горизонт між верхніми культурними шарами та підстильними породами, де відбувається вилуговування органічних сполук і перерозподіл катіонів.

Зразок № 3/25 (піщаний шар на висоті 1,2 м). Зразок має світло-жовтий колір і сипучу текстуру (рис. 2), що підтверджує його піщаний характер. рН – 5,6 (слабокислий), сума ввібраних основ лише 1,0 ммоль/100 г. Вміст гумусу – 0,1%, фосфору – 20 мг/кг, калію – 34 мг/кг. Такий склад свідчить про низьку буферну здатність і схильність до ерозійних процесів. Високий вміст рухомої сірки (9,5 мг/кг) і кобальту вказує на природну мікроелементну неоднорідність. Цей горизонт, ймовірно, виконує роль конструктивного шару валу, що забезпечує дренаж та стабільність схилів.

Зразок № 4/25 (поверхневий сірий шар над породою). Поверхневий горизонт має рН 5,9, гумус 1,1% і середній вміст калію (58 мг/кг). Вміст фосфору –

32 мг/кг, що дещо вище порівняно з нижчими шарами. За кольором і структурою (рис. 1) цей шар є продуктом тривалого ґрунтоутворення під впливом рослинності. Підвищений вміст рухомої сірки (26,1 мг/кг) і високий рівень мікроелементів (Cu, Co) можуть свідчити про активні біогеохімічні процеси. Незважаючи на це, загальна родючість поверхневого шару оцінюється як низька через дефіцит азоту та фосфору.

Результати свідчать, що у структурі валів спостерігається чітка вертикальна диференціація ґрунтів:

- знизу – нейтральні, відносно стабільні породи з високою ємністю катіонного обміну;

- вище – бідні на гумус, слабокислі горизонти з ознаками вилугування;

- у поверхневих шарах – сліди сучасного ґрунтоутворення та накопичення органічної речовини.

Проведене дослідження ґрунтово-геоморфологічних умов формування та сучасного стану Змієвих валів Київської області дозволило розглянути ці земляні споруди не лише як археологічні об'єкти, а як складні антропогенно-природні геосистеми, у яких поєднуються риси культурного ландшафту та природного ґрунтового покриву.

Отримані результати лабораторного аналізу ґрунтів свідчать про чітко виражену стратифікацію матеріалу валу, що підтверджує його штучне походження та багатшарову конструкцію. Нижні горизонти представлені відносно стабільними материнськими породами з нейтральною реакцією середовища та високою ємністю катіонного обміну, що створювало сприятливі умови для формування масивних земляних насипів. Середні горизонти характеризуються низьким вмістом гумусу, слабокислою реакцією та ознаками вилугування, що вказує на перехідний характер цих шарів і їх формування внаслідок переміщення ґрунтової маси під час спорудження валів.

Особливу роль у структурі валу відіграють піщані прошарки, які, попри низьку буферну здатність і схильність до ерозії, виконували конструктивну функцію, забезпечуючи дренаж і зменшуючи ризик перезволоження насипу. Поверхневі горизонти є продуктом тривалого ґрунтоутворення після завершення будівництва валів і відображають сучасні біогеохімічні процеси, зокрема накопичення органічної речовини та мікроелементів. Водночас низький вміст азоту і фосфору свідчить про обмежену природну родючість цих ґрунтів.

Ґрунтово-геоморфологічні умови істотно впливають на сучасний стан збереження Змієвих валів. Природні екзогенні процеси – водна та вітрова ерозія, площинний змив, локальні зсуви – у поєднанні з антропогенним тиском (розорювання, забудова, порушення охоронного режиму) призводять до поступової деградації насипів і втрати їх морфологічної виразності. Найбільш уразливими є ділянки, де порушено рослинний покрив і змінено природний водний режим, що активізує ерозійні процеси в ґрунтах із низькою структурною стійкістю.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що довготривале збереження Змієвих валів неможливе без урахування ґрунтово-геоморфологічних чинників. Розуміння внутрішньої будови валів, фізико-хімічних властивостей їх ґрунтових шарів і сучасних процесів трансформації є необхідною передумовою для розроблення науково обґрунтованих заходів охорони, консервації та моніторингу цих об'єктів.

Антропогенний вплив є одним із ключових чинників, що зумовлює прискорену деградацію Змієвих валів у сучасних умовах. Інтенсивне сільськогосподарське

використання земель, розорювання прилеглих і безпосередньо охоронних територій, порушення дернового покриву, меліоративні заходи та забудова призводять до механічного руйнування тіл валів і дестабілізації ґрунтово-геоморфологічних систем. Особливо небезпечним є поєднання антропогенного навантаження з природними екзогенними процесами – водною та вітровою ерозією, площинним змивом і локальними зсувними явищами.

Порушення охоронного режиму пам'яток археології, зокрема відсутність чітко встановлених і винесених в натуру охоронних зон, сприяє несанкціонованому землекористуванню в межах валів. У таких умовах ґрунти з низькою структурною стійкістю та обмеженою буферною здатністю швидко втрачають захисні властивості, що призводить до інтенсивного розмивання насипів і поступової втрати їх морфологічної виразності. Антропогенна трансформація ґрунтового покриву також порушує природні процеси ґрунтоутворення, які відігравали стабілізуючу роль упродовж століть.

Законодавче регулювання охорони Змієвих валів в Україні базується передусім на нормах Закону України «Про охорону культурної спадщини» [8], який визначає їх як пам'ятки археології національного значення та передбачає спеціальний режим використання земель у межах охоронних зон. Водночас практична реалізація цих положень часто ускладнена відсутністю комплексного природничо-наукового обґрунтування меж пам'яток і прилеглих територій, що зумовлює конфлікти між інтересами землекористувачів і завданнями охорони спадщини.

У цьому контексті особливого значення набуває інтеграція положень законодавства у сфері охорони культурної спадщини з нормами земельного та екологічного права, зокрема Закону України «Про охорону земель». Останній визначає ґрунт як об'єкт особливої охорони та передбачає систему заходів щодо запобігання деградації ґрунтового покриву, що безпосередньо корелює з проблемами збереження земляних археологічних споруд.

Важливу роль у реалізації цих положень відіграє державна установа «Інститут охорони ґрунтів України» (ДУ «Держґрунтохорона»), діяльність якої спрямована на моніторинг стану ґрунтів, проведення агрохімічних та еколого-ґрунтових обстежень, а також наукове обґрунтування заходів із запобігання деградаційним процесам. Залучення фахівців ДУ «Держґрунтохорона» до досліджень у межах Змієвих валів дозволяє отримати об'єктивні дані про фізико-хімічні властивості ґрунтів, їхню ерозійну стійкість і ступінь антропогенної трансформації.

Одним із ключових напрямів є створення єдиної ГІС-бази даних Змієвих валів, що включатиме цифрові моделі рельєфу високої роздільної здатності (LiDAR, фотограмметрія БПЛА), картографування тіл валів, прилеглих терас і вододілів, а також результати ґрунтово-аналітичних досліджень, отриманих за участю ДУ «Держґрунтохорона». Така база даних дозволить точно локалізувати найбільш уразливі ділянки, де поєднуються слабкі ґрунти, круті схили та інтенсивне антропогенне навантаження.

Результати досліджень. У результаті проведених ґрунтово-геоморфологічних досліджень встановлено, що формування та сучасний стан Змієвих валів визначаються поєднанням природних чинників рельєфу, властивостей ґрунтового покриву та тривалого антропогенного впливу. Аналіз морфології валів у поєднанні з даними лабораторних досліджень ґрунтових зразків засвідчив багатопланову будову тіл валів, що відображає як етапи їх первинного спорудження, так і подальші процеси ґрунтоутворення та трансформації.

Дослідження глибинних горизонтів показали переважання стабільних природних властивостей, характерних для малозмінених материнських порід.

Нейтральна реакція ґрунтового розчину та висока сума ввібраних основ свідчать про значну буферну здатність цих шарів, що сприяє довготривалому збереженню морфоструктури валів. Водночас відносно низька забезпеченість азотом і фосфором вказує на обмежений потенціал природної біопродуктивності, що, з одного боку, знижує інтенсивність біогенної трансформації, а з іншого – робить ґрунти вразливими до механічного порушення. Зафіксована низька родючість внутрішніх шарів Змієвих валів посеред полів з родючими ґрунтами зокрема може свідчити про можливе утворення цих шарів ще до часів культурного землеробства на цих ділянках.

Проміжні горизонти між породами характеризуються зменшенням вмісту гумусу та слабокислою реакцією середовища, що може бути наслідком процесів вилугування та вертикального перерозподілу катіонів. Такі властивості свідчать про перехідний характер цих шарів і підтверджують гіпотезу про багатостадійність формування тіл валів із використанням різнотипного ґрунтового матеріалу. Виявлена підвищена рухомість сірки та окремих мікроелементів у цих горизонтах відображає природну геохімічну неоднорідність та активність сучасних ґрунтових процесів.

Піщані прошарки, зафіксовані у верхніх частинах валів, мають низьку ємність катіонного обміну та мінімальний вміст гумусу, що зумовлює їх слабку структурну стійкість. Водночас саме ці шари, ймовірно, виконують конструктивну функцію, забезпечуючи дренаж та зменшуючи ризик перезволоження тіл валів. Проте за умов порушення рослинного покриву або інтенсивного землекористування такі горизонти стають осередками розвитку ерозійних процесів.

Поверхневі горизонти валів формувалися внаслідок тривалого ґрунтоутворення під впливом природної рослинності та частково антропогенних факторів. Хоча вміст гумусу в них дещо вищий порівняно з підстильними шарами, загальний рівень родючості залишається низьким через дефіцит основних елементів живлення. Підвищений вміст окремих мікроелементів, зокрема кобальту та міді, свідчить про активні біогеохімічні процеси, проте не супроводжується перевищенням гранично допустимих концентрацій важких металів, що вказує на відносно збережений природний стан ґрунтів.

Отримані результати підтверджують, що, не зважаючи на надзвичайну стійкість будівельного профілю Змієвих валів з огляду на довготривалий період від часу їхньої побудови, антропогенний вплив є одним із ключових чинників деградації Змієвих валів. Розорювання прилеглих територій, порушення охоронного режиму, зміна гідрологічних умов і механічне пошкодження поверхні призводять до активізації ерозії, руйнування конструктивних шарів та втрати морфологічної виразності валів. У цьому контексті особливої ваги набуває діяльність ДУ «Держґрунтохорона», яка забезпечує систематичний моніторинг ґрунтового стану та формує наукову основу для оцінки ризиків деградації.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У ході дослідження встановлено, що земляні споруди типу Змієві вали є складними природно-антропогенними утвореннями, формування та сучасний стан яких визначаються поєднанням ґрунтово-геоморфологічних умов, особливостей первинного будівництва та тривалого антропогенного впливу. Просторова неоднорідність ґрунтового покриву, багат шарова будова тіл валів і різна стійкість окремих горизонтів зумовлюють диференційовану чутливість цих об'єктів до ерозійних і деградаційних процесів.

Отримані результати свідчать про необхідність інтеграції Змієвих валів у цілісну систему охорони культурної спадщини України, що має базуватися не

лише на історико-археологічній цінності, а й на врахуванні ґрунтово-геоморфологічних умов їхнього залягання. Обґрунтоване визначення меж пам'яток, встановлення охоронних зон та регламентів використання прилеглих територій повинні здійснюватися з урахуванням морфології рельєфу, складу ґрунтів, їх буферної здатності та схильності до ерозії.

Важливим інструментом реалізації такого підходу є застосування геоінформаційних систем, які дозволяють поєднати дані ґрунтових обстежень, цифрові моделі рельєфу, матеріали дистанційного зондування та інформацію про сучасне землекористування. Це створює наукове підґрунтя для просторово обґрунтованого зонування, моніторингу стану валів і прогнозування ризиків їх деградації.

Таким чином, інтеграція Змієвих валів у системи охорони культурної спадщини з урахуванням ґрунтово-геоморфологічних умов є ключовою передумовою їх довготривалого збереження, а також ефективного поєднання завдань пам'яткоохоронної діяльності, природоохоронної політики та сталого землекористування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Томашевський А. П., Борисов А. В., Гнера В. А., Король А. В., Мисак В. М. Змієві вали. Сучасність: проблеми, завдання, перспективи. *Археологія і давня історія України*. 2023. Вип. 3. С. 166–176. DOI: 10.37445/adiu.2023.03.11.
2. Curta F. The Serpent Ramparts in Ukraine: Fifty Years of Archaeological Research. *Offa's Dyke Journal*. 2023. Vol. 5. P. 75–92. URL: https://www.academia.edu/98758322/The_Serpent_Ramparts_in_Ukraine_Fifty_Years_of_Archaeological_Research (дата звернення 18.02.2026)
3. Бугай А. С. Змієві вали : зб. матеріалів наук.-дослідницької спадщини. Київ : ДП Вид. дім «Персонал», 2011. 276 с.
4. Міщенко М. О. Охорона об'єктів культурної спадщини в умовах агресивної війни: теоретико-практичні аспекти. *Культурологічна думка*. 2023. № 23. С. 168–177. DOI: 10.37627/2311-9489-23-2023-1.168-177
5. Змієві вали на Київщині розорюють як цілину. *Gazeta.ua* : веб-сайт. URL: <https://gazeta.ua/articles/history/zmiyevi-vali-na-kiyivschini-rozoryuyut-yak-cilinu/482955> (дата звернення 10.02.2026).
6. Захист культурної спадщини: руйнівники Змієвих валів відповідатимуть перед законом. *Хроніки Обухова* : веб-сайт. URL: <https://obukhiv.info/news/zakhist-kulturnoi-spadshchini-ruinivniki-zmievikh-valiv-vidpovidatimut-pered-zakonom/> (дата звернення 10.02.2026).
7. Derevska K. I., Rudenko K. V., Popovska M. O. Geological monuments of the Middle Dnipro Region and assessment of their ecological condition. *GEO&BIO*. 2021. Vol. 21. P. 75–86. DOI: 10.15407/gb2108
8. Закон України «Про охорону культурної спадщини» : Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 39, ст. 333. Документ 18005-III, чинний, поточна редакція від 31.10.2025, підстава – 4510-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1805-14#Text> (дата звернення 18.02.2026).
9. Закону України «Про охорону земель» : Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, № 39, ст. 349. Документ 962-IV, чинний, поточна редакція від 08.11.2024, підстава – 3993-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15> (дата звернення 18.02.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

UDC 502.131.1:712.4(477.42)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.39>

ECOLOGICAL QUALITY OF SCHOOL GREEN SPACES: A CASE STUDY FROM ZHYTOMYR CITY (NORTHERN UKRAINE)

Markov F.F. – Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Forestry and Horticulture,
Polissia National University
orcid.org/0000-0002-6482-8558

Zymaroieva A.A. – Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Botany, Ecology, and Horticulture,
Bogdan Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University
orcid.org/0000-0001-9382-8269

Pitsil A.O. – Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Ecology,
Polissia National University
orcid.org/0000-0002-0962-574X

Hroshev Ya.A. – PhD student,
Department of Botany, Ecology, and Horticulture,
Bogdan Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University
orcid.org/0009-0004-0522-7586

Zymaroiev O.O. – PhD student,
Department of Botany, Ecology, and Horticulture,
Bogdan Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University
orcid.org/0009-0008-8344-5473

Urban school grounds represent important but often underestimated elements of green infrastructure, contributing to biodiversity conservation, ecosystem services, and the well-being of children. This study assessed the greening level, species composition, and ecological characteristics of woody vegetation on the territories of educational institutions in Zhytomyr City and the village of Veresy (northern Ukraine). A total of 36 schools were analyzed using spatial data on total area, green space coverage, and field-based dendrological inventories. Greening levels were evaluated in accordance with national standards, while species diversity, life forms, geographic origin, ecological requirements, and functional traits were also examined. The results revealed a highly uneven distribution of green space, with 50% of schools failing to meet the standard greening threshold of 45–50%. Only 30 species of trees and shrubs belonging to 26 genera and 16 families were recorded, indicating low taxonomic diversity and a strong dominance of a few families, primarily Rosaceae and Pinaceae. The dendroflora was largely composed of native, mesophytic, deciduous species, with limited representation of evergreen, drought-tolerant, and salt-tolerant taxa. Introduced species constituted a minor fraction, while invasive species were scarce but included ecologically impactful taxa such as *Robinia pseudoacacia*. Functional analysis highlighted potential vulnerabilities related to climate change, urban stressors, and insufficient ecological resilience of current plantings. Overall, the



© Markov F.F., Zymaroieva A.A., Pitsil A.O., Hroshev Ya.A., Zymaroiev O.O., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

findings demonstrate that many school grounds lack adequate green coverage and functional diversity, underscoring the need for targeted greening and diversification strategies. The study provides a baseline for enhancing schoolyard landscaping by integrating ecologically resilient, functionally diverse, and health-promoting plant species, thereby supporting sustainable urban development and educational environments.

Key words: school grounds, urban green spaces, dendroflora, species diversity, ecological traits, urban resilience, green infrastructure, Ukraine.

Марков Ф.Ф., Зимароєва АА., Піціль А.О., Грошев Я.А., Зимароєв О.О. Екологічна якість зелених насаджень шкіл: приклад міста Житомир (Північна Україна)

Території міських закладів освіти є важливими, але часто недооціненими елементами зеленої інфраструктури, що сприяють збереженню біорізноманіття, наданню екосистемних послуг і покращенню добробуту дітей. У дослідженні оцінено рівень озеленення, видовий склад та екологічні характеристики деревно-чагарникової рослинності на територіях закладів освіти м. Житомира та с. Вереси (північ України). Проаналізовано 36 шкіл із використанням просторових даних про загальну площу, площу зелених насаджень та результатів польових дендрологічних обстежень. Рівень озеленення оцінювали відповідно до національних нормативів; також проаналізовано різноманіття видів, життєві форми, географічне походження, екологічні вимоги та функціональні ознаки рослин. Результати засвідчили значну нерівномірність розподілу зелених насаджень: 50% шкіл не відповідають нормативному рівню озеленення 45–50%. Виявлено лише 30 видів дерев і кущів, що належать до 26 родів і 16 родин, що свідчить про низьке таксономічне різноманіття та домінування небагатьох родин, передусім *Rosaceae* і *Pinaceae*. Дендрофлора переважно представлена аборигенними, мезофітними, листяними видами, з обмеженою часткою вічнозелених, посухо- та солестійких таксонів. Інтродуковані види становлять незначну частку, а інвазійні види трапляються рідко, хоча серед них є екологічно значущі таксони, зокрема *Robinia pseudoacacia*. Функціональний аналіз виявив потенційні вразливості, пов'язані зі зміною клімату, урбаністичними стресорами та недостатньою екологічною стійкістю існуючих насаджень. Загалом результати свідчать, що значна частина шкільних територій має недостатній рівень озеленення та обмежене функціональне різноманіття, що підкреслює необхідність цілеспрямованих стратегій озеленення та збагачення видового складу. Дослідження формує базу для вдосконалення шкільного ландшафтного озеленення шляхом інтеграції екологічно стійких, функціонально різноманітних і здоров'я-орієнтованих видів рослин, сприяючи сталому розвитку міст і покращенню освітнього середовища.

Ключові слова: шкільні території міські зелені насадження, дендрофлора, видове різноманіття, екологічні ознаки, урбаністична стійкість, зелена інфраструктура, Україна.

Relevance of the research topic. Urban green spaces play a crucial role in maintaining ecological balance, supporting biodiversity, and improving environmental quality and human well-being, particularly within densely populated settlements [1, 2]. Among various types of urban green infrastructure, the territories of educational institutions represent a specific and socially significant category. School grounds not only contribute to urban ecological networks but also directly influence children's physical and mental health, environmental education, and everyday contact with nature [3, 4]. However, despite their importance, school green spaces remain insufficiently studied in many Eastern European cities, especially in terms of their quantitative provision, species composition, and ecological functionality.

In Ukraine, regulatory documents establish clear requirements for the proportion of green spaces within school territories, recommending that 45–50% of the total area of general secondary schools should be occupied by greenery [5]. In practice, however, urban densification, aging infrastructure, and limited funding for maintenance often lead to deviations from these standards. Previous studies have indicated that insufficient greening of schoolyards can exacerbate urban heat stress, reduce air quality, and limit ecosystem services, such as dust retention, noise reduction, and microclimate regulation [5].

Beyond the total area of green spaces, the ecological effectiveness of school plantings largely depends on their species diversity, structural complexity, and functional traits. Low taxonomic and functional diversity, often resulting from the repeated use of a limited number of common tree species, can reduce the resilience of plantings to pests, diseases, climate extremes, and other urban stressors [6]. Conversely, a well-balanced assortment of species differing in life forms, crown architecture, ecological requirements, and stress tolerance enhances ecosystem stability and multifunctionality [18].

Urban trees are simultaneously exposed to multiple environmental pressures, including soil compaction, altered hydrology, air pollution, soil salinization due to de-icing salts, and increasing frequency of droughts associated with climate change [7]. Therefore, assessing species traits such as drought tolerance, winter hardiness, pollution resistance, and salt tolerance is essential for evaluating the long-term sustainability of urban plantings [8]. In this context, the dominance of mesophytic, salt-sensitive, or thermophilic species may indicate hidden vulnerabilities of green infrastructure, particularly under future climate scenarios [9].

Another important yet often overlooked function of school greenery is its role in sanitation and hygiene. Many woody plants release phytoncides (biologically active volatile compounds that can suppress pathogenic microorganisms in the air), which can improve air quality and potentially reduce respiratory infections among children [27]. Thus, the selection of phytoncidic species has direct implications for public health in educational environments.

Problem statement. Despite the recognized ecological, social, and hygienic importance of school green spaces, insufficient attention has been paid to their actual provision, species composition, ecological structure, and functional characteristics in Ukrainian urban environments. In particular, there remains a lack of comprehensive studies assessing whether school territories comply with national greening standards and whether their woody plantings are capable of ensuring ecological stability, environmental resilience, and the delivery of key ecosystem services under current urban and climatic pressures.

Against this background, the present study aims to provide a comprehensive assessment of greening levels and dendrofloristic characteristics of school territories in the city of Zhytomyr and the nearby village of Veresy. Specifically, the study evaluates (1) compliance of school grounds with national greening standards, (2) taxonomic and ecological structure of woody plantings, (3) functional traits related to environmental tolerance and ecosystem services, and (4) the overall condition of trees. By integrating spatial analysis, floristic inventory, and functional assessment, this work seeks to identify key weaknesses and opportunities for improving the ecological performance and sustainability of school green spaces. The results aim to provide a scientific basis for urban planning, educational policy, and future greening initiatives in Ukrainian cities and similar urban contexts.

Materials and methods of research. This study analyzes the greening levels of educational institution territories in the city of Zhytomyr and the village of Veresy using a consolidated dataset on total land areas, green space areas, and their percentages. A total of 36 general secondary education institutions (GSEI) were analyzed.

To systematize the results for cartographic visualization, greening levels were classified according to the standards set out in Annex 5 to Section 15 of the "Rules for the Maintenance of Green Spaces in Settlements of Ukraine" [10]. Based on these requirements, the following categories were established:

- Critically Low Level (< 25%) – An indicator nearly twice as low as the established state standard.

- Insufficient Level (25–44%) – Institutions that fail to meet the mandatory minimum greening requirement.
- Meets Standard (45–55%) The range that fully complies with the requirements of Annex 5 to Section 15 of the Rules.
- High Level (> 55%) – An indicator significantly exceeding the standard, ensuring high ecological and climate resilience.

The inventory of dendroflora was conducted in accordance with the approved instructions [11]. The nomenclature of species, subspecies, and hybrids followed the World Checklist of Vascular Plants [12]. The distribution of trees was categorized according to ecological scales, following Ellenberg [13]. The geographical origin of plants was assessed using the scheme of H. Meusel [14]. Air Pollution Tolerance Index (APTI) was used to assess resistance to anthropogenic emissions [15]. The ornamental value of trees was assessed by analysing their morphological characteristics, including crown structure, trunk shape and texture, plant height, branch arrangement, shape, surface structure, and leaf colour.

Research results. Spatial analysis showed an uneven distribution of schools across green zones (Fig. 1). The largest number of schools with both high and low levels of greenery are located in the city's central part.

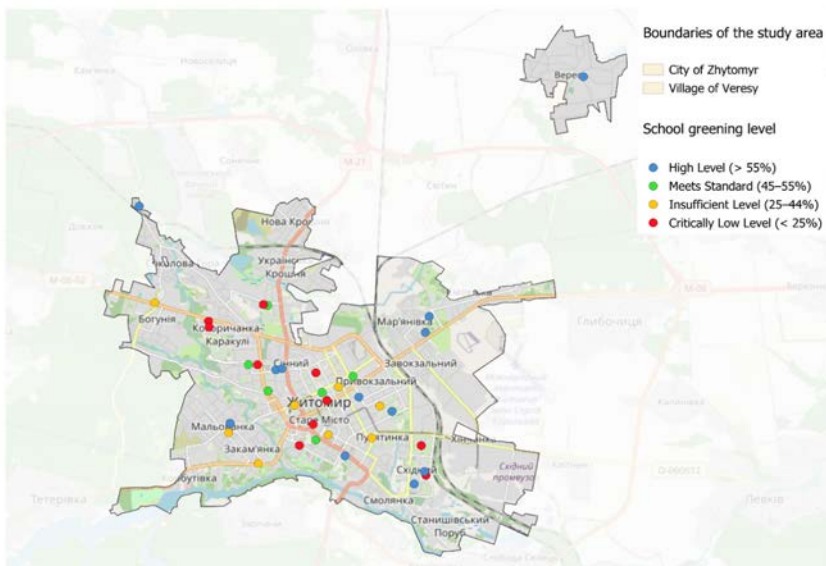


Fig. 1. Spatial distribution of greening levels of secondary school territories in Zhytomyr and the Village of Veresy

According to the regulations for the maintenance of green spaces in settlements of Ukraine, the greening level for general secondary school sites must be 45–50% [10]. The High Level group (> 55%) includes 12 institutions (33% of the total). The leaders are Lyceum No. 15 (89.4%) and Lyceum No. 10 (85.8%). This group also includes the Veresivskyi Lyceum (61.6%) and Lyceum No. 31 (72.8%). The Meets Standard category (45–55%) counts 6 schools (17%). This includes Lyceum No. 8 (54.6%), the Youth Sports School (51.2%), and Lyceum No. 6 (47.7%), demonstrating a proper

balance between built-up areas and vegetation. Meanwhile, half of the surveyed institutions (18 schools) violate the established greening standards: The Insufficient Level category (25–44%) consists of 8 institutions (22%), including Lyceum No. 34 (40.9%) and Lyceum No. 1 (39.2%). Of greatest concern is the Critically Low Level group (< 25%), which includes 10 institutions (28%). These schools suffer from a critical deficit of green zones, contradicting the current Rules for the Maintenance of Green Spaces. The lowest values were recorded at Lyceum No. 17 (5.5%) and Lyceum No. 30 (6.2%). The findings highlight the urgent need for revitalization programs for school grounds in 50% of the community's institutions to bring them into compliance with national environmental standards.

The inventory revealed that the school grounds in Zhytomyr host only 30 species of woody plants, belonging to 26 genera and 16 families (Table 1). This indicates a relatively low species diversity of the greenery, as a limited set of taxa is used for plantings.

Table 1

Quantitative Taxonomic Structure of the Dendroflora of the Studied Parks

Family	Taxonomic Unit		
	genus	species	cultivar, hybrid
	quantity, units	quantity, units	quantity, units
<i>Pinophyta</i>			
<i>Pinaceae</i>	4	4	—
<i>Cupressaceae</i>	1	1	—
<i>Magnoliophyta</i>			
<i>Aceraceae</i>	1	2	—
<i>Anacardiaceae</i>	1	1	—
<i>Betulaceae</i>	2	2	—
<i>Bignoniaceae</i>	1	1	—
<i>Fabaceae</i>	1	1	—
<i>Fagaceae</i>	1	1	—
<i>Hippocastanaceae</i>	1	1	—
<i>Juglandaceae</i>	1	1	—
<i>Oleaceae</i>	1	1	—
<i>Rosaceae</i>	6	8	—
<i>Salicaceae</i>	2	3	—
<i>Tiliaceae</i>	1	1	—
<i>Ulmaceae</i>	1	1	—
<i>Ginkgoaceae</i>	1	1	—
Total	26	30	—

The family Rosaceae is the most represented, with 8 species (mostly fruit and ornamental *Prunus* and *Malus*), accounting for over one-quarter of all species. Conifers of the Pinaceae family also contribute notably (4 species representing *Pinus*, *Picea*, *Abies*, and *Larix*), whereas most other families are represented by only one or two species each. The dominance of a few families, largely comprising common fruit trees and widespread native species, points to a certain uniformity in the plantings. On one hand, these species are well-known and easy to maintain; on the other hand, low taxonomic

diversity can reduce the stands' resilience to pests and diseases (due to monoculture effects) and limit the ornamental value of the green zones [16]. Thus, there is a need to enrich the species composition by introducing new taxa, which would enhance biodiversity and improve the ecological stability of the plantings.

An analysis of the life forms of the woody plants showed a sharp dominance of deciduous species. Of the 30 recorded species, only 5 ($\approx 17\%$) are evergreen trees (conifers from the families Pinaceae and Cupressaceae), whereas the remaining 25 species ($\approx 83\%$) are deciduous (Table 2).

Table 2

Quantitative Distribution of Dendroflora Species of Secondary Schools by Life Forms

Life form	Number of species, cultivars, hybrids, units	% of the total amount
Evergreen trees	5	17
Deciduous trees	25	83
Total	30	100

This structure of green areas with a predominance of deciduous species is typical for urban plantings; however, it has drawbacks. In particular, the limited proportion of evergreens means that schoolyards almost completely lose their foliage cover during the autumn-winter period. This reduces the decorative appeal of the grounds and diminishes certain protective functions (e.g., dust capture, noise abatement) in the cold season [17]. The existing evergreens (thuja, spruce, pine, etc.) provide some structural greenery in winter, but their number is clearly insufficient. Therefore, increasing the share of evergreens in the species mix is advisable, as it would improve year-round visual attractiveness and ecological functionality of the plantings [18].

In terms of growth form and size, the plantings are primarily composed of medium- to tall-sized trees. Most species are large trees of the first or second size class (canopy height $>10 - 15$ m), though the dendroflora does include a few smaller trees/shrubs (e.g., *Rhus typhina* and *Catalpa bignonioides*). The presence of trees of various heights contributes to the vertical structure and stratification of the greenery. This vertical structure provides diverse habitats for wildlife and contributes to overall ecosystem complexity and biodiversity [19].

Examining the geographic origin of the species composition shows a predominance of native and broadly distributed temperate-zone species (Table 3).

Table 3

Distribution of dendroflora species in General Secondary Education Institutions by floristic regions

No.	Name of floristic region	Number of species, units
1	Circumboreal	13
2	Atlantic-North American	3
3	East Asian	2
4	Irano-Turanian	1
5	Rocky Mountain region	-
6	Ranges covering multiple regions	9
7	Origin unknown	2
Total		30

The largest group of species (13, about 43%) belongs to the Circumboreal floristic region, i.e., elements of the Northern Hemisphere flora, including those indigenous to Polissia (northern Ukraine). This group comprises English oak (*Quercus robur*), silver birch (*Betula pendula*), Scots pine (*Pinus sylvestris*), small-leaved linden (*Tilia cordata*), and other local taxa well-adapted to the regional climate. A substantial portion of the species (9 species, ~30%) have ranges spanning multiple floristic regions. These include broadly distributed Eurasian species such as European ash (*Fraxinus excelsior*), wych elm (*Ulmus glabra*), white willow (*Salix alba*), and aspen (*Populus tremula*). Such species occur naturally across Europe and parts of Asia, indicating their adaptability to local conditions.

Introduced (exotic) species make up a relatively small fraction of the dendroflora – roughly 26–30% of the total (8–9 species). Among them are North American species (3 species, e.g. *Robinia pseudoacacia*, *Thuja occidentalis*, *Catalpa bignonioides*) and East Asian species (2 species, e.g. *Armeniaca vulgaris* (apricot), *Ginkgo biloba*). One species has an Irano-Turanian origin (*Juglans regia*, *Persian walnut*). Two introduced species are cultivated hybrids of unclear wild origin (*Malus domestica*, *Prunus domestica*). The limited presence of introduced species indicates that school landscaping relies mainly on native taxa, which ensures good acclimation of plants. On the other hand, it misses the opportunity to increase biodiversity through hardy exotics. It is known that some introduced species can possess unique ornamental qualities and high adaptability in urban environments [20]. Therefore, it may be worth considering the incorporation of new, promising tree species into school plantings – especially those proven to be resilient under current climate change conditions (drought-tolerant, cold-hardy, pest-resistant, etc.) [21].

Invasive alien species are only a minor component of the plantings. We identified two tree species considered invasive in Ukraine – *Robinia pseudoacacia* (black locust) and *Rhus typhina* (staghorn sumac) – comprising about 6.7% of the total species count. Black locust is a widely distributed introducer capable of self-seeding and outcompeting native flora; its relatively high abundance in the schools (58 individuals recorded) may pose ecological risks [22]. Sumac occurs sparsely (32 individuals in total) and, although it can spread vegetatively, it is not currently dominant. The very low representation of invasives is a positive aspect, as it minimizes the threat of biological invasions on school grounds. Nonetheless, attention should be paid to controlling the spread of black locust to prevent prolific self-seeding and the suppression of other plants.

With respect to soil moisture preferences, the school dendroflora is composed almost entirely of mesophytes (Figure 2). The majority of species (90%) are mesophytic, i.e., plants that require moderate moisture levels. Only one species (the catalpa) is classified as a xerophyte (drought-tolerant), which is about 4% of the total. This extremely low share of xerophytic species indicates a potentially low overall drought tolerance of the current plantings [23]. In the event of more frequent summer droughts in the region, this could become problematic: mesophytic trees (e.g., linden, maple, spruce) will experience water stress without supplemental irrigation [24].

Conversely, truly drought-resilient species are virtually absent, suggesting that future species selections should include more drought-tolerant taxa. A small proportion of hygrophytic, water-loving species (6%, e.g., white willow and black poplar) are present, adapted to very moist habitats. Their presence suggests that some plantings were selected for wet areas (perhaps those with high groundwater levels or near drainage sites). However, the dominance of mesophytes suggests that, overall, soil moisture conditions on school grounds are moderate, without extreme wet or arid conditions.

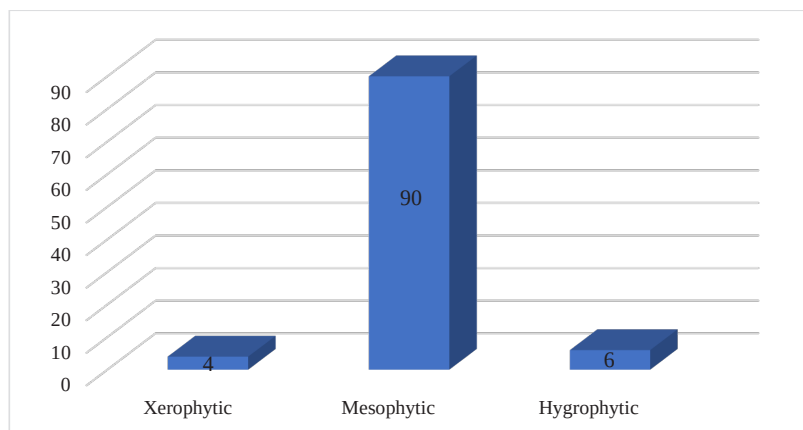


Fig. 2. Distribution of woody plants in general secondary education institutions (GSEI) by moisture requirements, % of the total number of specimens

According to soil fertility requirements (Fig. 3), mesotrophic species (plants requiring moderate soil fertility) and oligotrophic species (undemanding plants) predominate. The presence of a substantial proportion of oligotrophic species (approximately 43% of the total number of species, including transitional forms) is a positive factor for urban environments, where soils are often represented by urban soils (urbanozems) – compacted substrates with disturbed structure and inclusions of construction debris. Oligotrophic species, such as *Pinus sylvestris* and *Betula pendula*, are capable of surviving on nutrient-poor soils. Megatrophic species (highly demanding in terms of soil fertility), including *Juglans regia* and *Acer platanoides*, account for about 30%. Their successful growth indicates that relatively intact humus horizons have likely been preserved within school territories or that fertile soil has been artificially introduced.

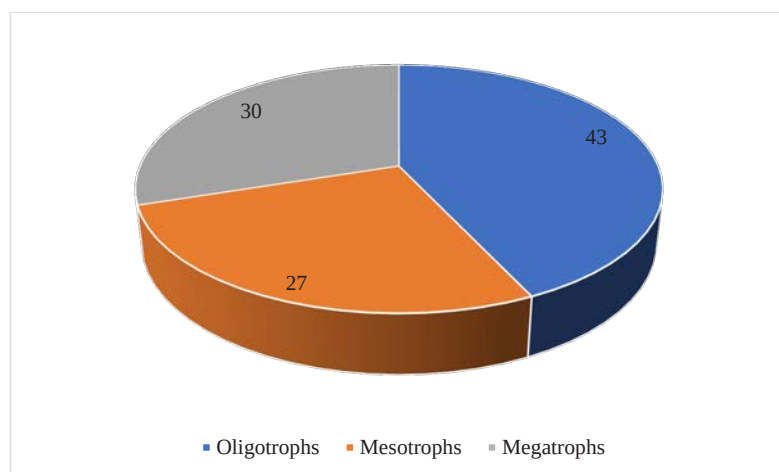


Fig. 3. Distribution of woody plants in GSEI by soil fertility requirements, % of the total number of specimens

One key aspect of adaptability is the species' winter hardiness. Over half (53%) of the school dendroflora species are winter-hardy (high cold tolerance), meaning they can withstand the low temperatures typical of the region. This group includes both native species (oak, pine, birch) and certain introduced ones known for their hardiness (*Thuja occidentalis*, *Picea abies*, etc.). Approximately 10% of the species (three species) are relatively winter-hardy, they tolerate average winters but may suffer damage in extreme cold or late frosts (for example, *Aesculus hippocastanum*). In contrast, 11 species (37%) were classified as thermophilic, with low frost resistance (Fig. 4). These include *Juglans regia*, *Catalpa bignonioides*, several fruit trees (*Malus domestica*, *Prunus domestica*, *Armeniaca vulgaris*), and ornamental sakura – all originating from regions with milder climates or warmer southerly areas. Incorporating such heat-loving plants into landscaping carries some risk: during severe cold spells or harsh winters, they could sustain significant frost damage or even die. The high percentage of thermophilic species suggests that the current species mix was selected without full consideration of potential cold extremes.

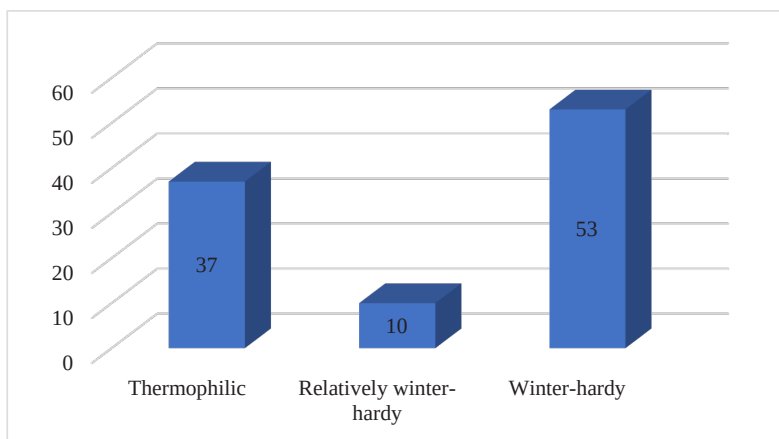


Fig. 4. Quantitative distribution of dendroflora species in GSEIs by degree of winter hardiness: 1 – winter-hardy, 2 – relatively winter-hardy, 3 – thermophilic

Given the overall warming trend in the climate of Polissia [22], many of these thermophiles are currently growing successfully. However, in the event of unpredictable anomalies (a sudden cold snap or an unusually severe winter), there could be widespread injury to these trees. Therefore, future landscaping should aim to balance the assortment with more cold-hardy species, selecting well-adapted native trees or proven hardy exotics.

In terms of air pollution tolerance, it was found that the majority (~63%) of species are relatively resistant to urban air pollutants and exhaust gases. Gas-tolerant species include *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*, *Betula pendula*, *Sorbus aucuparia*, *Catalpa bignonioides*, and others that can withstand polluted air without serious foliar damage. Their high proportion is a positive attribute, since in an urban environment (even around schools), the level of vehicular and industrial air pollutants can be significant. Conversely, about 37% of species are sensitive to air pollution – among them *Acer platanoides*, *Picea abies*, *Aesculus hippocastanum*, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, and a few others. These trees may become stunted or exhibit leaf injuries (necrotic spots,

chlorosis) under heavy pollution [25]. While school grounds typically experience lower pollution than city centers, sensitive species planted near parking lots or busy roads could be at risk. In general, the present species assemblage is fairly well-suited to the urban atmospheric conditions, but increasing the proportion of highly pollution-tolerant species could further strengthen the resilience of the plantings.

Analysis of salt tolerance (resistance to soil salinity) indicates that only about one-quarter of the species (~27%) can tolerate elevated salt levels in the soil. Salt-tolerant species include *Pyrus communis*, *Sorbus aucuparia*, *Juglans regia*, *Picea abies*, *Cerasus vulgaris* (sour cherry), *Prunus divaricata* (cherry plum), *Salix alba*, and *Robinia pseudoacacia*. These species better withstand the presence of de-icing salts (chlorides, sodium) in the soil during winter. In contrast, the majority (~73%) are salt-sensitive – including linden, Norway maple, horse chestnut, birch, ash, Scots pine, ginkgo, and others. Even moderate soil salinity can cause growth suppression, leaf burn, and decline in these species [26]. On school grounds, salinization issues may occur along walkways and sidewalks that are treated with salt during winter. The identified imbalance (predominance of salt-sensitive species) means that either the use of salt on planted areas should be minimized or more salt-tolerant trees should be planted in high-risk zones.

A notable positive characteristic of the school plantings is their phytotoxicidal activity. It was determined that 18 out of 30 species (60%) are phytonciding, meaning they release biologically active volatile compounds that suppress airborne pathogenic microorganisms. The most strongly phytonciding species in the school dendroflora include oak, ash, birch, elm, pine, fir, hornbeam, linden, walnut, and locust. The substantial proportion of such trees improves the sanitary and hygienic condition of the air in the school environment. Volatile phytoncides from conifers and certain broadleaf trees are known to reduce airborne bacteria and viruses [27], which is especially beneficial in areas frequented by children. Thus, the existing plantings fulfill not only aesthetic but also health-promoting functions, helping to disinfect the air and potentially reducing respiratory infections [28]. At the same time, nearly 40% of the species (mainly fruit trees like apple, plum, cherry, as well as exotics like catalpa and sumac) do not exhibit notable phytonciding properties. When renewing plantings, it would be prudent to give preference to highly phytonciding species, considering their contribution to a healthier microenvironment.

Analysis of the quantitative distribution of trees by light preference (Fig. 5) shows that 44% of species are light-demanding, 33% are shade-tolerant, and 23% are moderately shade-tolerant. This distribution reflects a dominance of species requiring ample sunlight. Among the light-demanding trees are *Acer platanoides*, *Quercus robur*, and *Robinia pseudoacacia*, which thrive in open, unshaded areas with maximum solar exposure. Under such conditions, these trees demonstrate rapid growth and strong ornamental value. However, school grounds typically include shaded areas near buildings, internal courtyards, or fences. In these zones, light-demanding species may underperform, exhibit reduced growth, or develop asymmetrical canopies. The presence of moderately shade-tolerant (23%) and fully shade-tolerant (33%) trees helps to partially compensate for these limitations by enabling greening in less favorable microclimatic conditions. The existing proportions suggest an overall acceptable level of ecological differentiation, though the prevalence of light-demanding trees (over 40%) requires careful spatial planning. This is particularly important for shaded locations, where species such as *Tilia cordata*, *Acer campestre*, or *Carpinus betulus* are better suited.

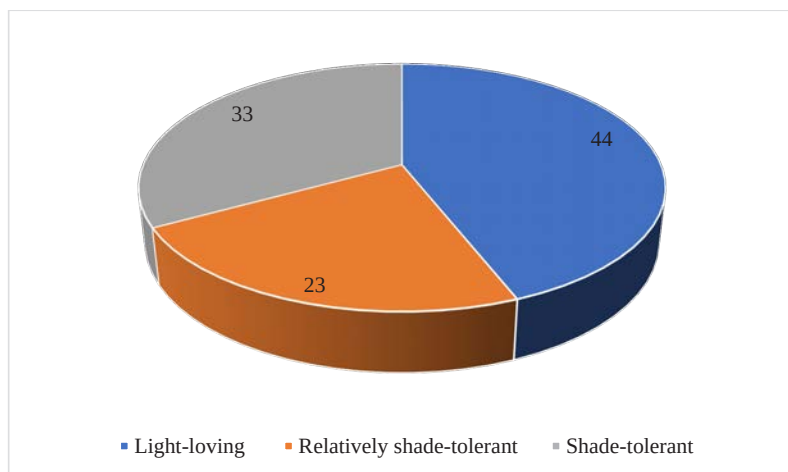


Fig. 5. Quantitative distribution spectrum of dendroflora species in GSEIs by light requirements: 1 – light-loving, 2 – relatively shade-tolerant, 3 – shade-tolerant

The species composition revealed a wide range of crown shapes, which enhances the landscape diversity of the plantings. The majority of species have egg-shaped and spreading crown forms (6 species each, or 20% of the total) (Table 4). These include, in particular, rowan, cherry, and hornbeam (egg-shaped crowns), as well as walnut, plum, and ash (spreading crowns). Several species form conical crowns (4 species, 13.3%) or rounded crowns (also 4 species, 13.3%), which add geometric structure to the overall silhouette of the greenery. Less common forms include pyramidal (2 species), openwork (3 species), tent-like (2 species), umbrella-shaped, and columnar crowns (1 species each), which create focal accents in the landscaping. Overall, the architectural diversity of crowns contributes to a multilayered and varied school landscape. However, it should be noted that specialized cultivars with ornamental crown features (e.g., weeping, espaliered, and dwarf forms) are virtually absent, limiting the possibilities for aesthetic design.

The foliage (or needles) color of most woody plants encompasses the full range of green shades. Dark green foliage is observed in 46.7% of species (spruce, hornbeam, fir), light green in 23.3%, pale green in 16.7%, and green in 13.3%. Thus, the summer greenery presents a harmonious natural appearance. At the same time, species with purple, yellow, or variegated leaves are completely absent, narrowing the decorative palette. To enhance seasonal visual appeal, it is advisable to incorporate cultivars with non-standard foliage coloration, particularly during the spring and autumn seasons.

Regarding flowering, only one-third of the species (33.3%) exhibit pronounced ornamental value during blooming: 6.7% of species have pink flowers (sakura, almond), 10% – white-pink (apple, apricot), and 16.7% – white (black locust, hawthorn). The remaining species (66.7%) have inconspicuous or greenish flowers, including yellow-green, brown-green, dark green, green-yellow, and white-green, which do not create a strong decorative effect. As such, schoolyard landscaping in spring is characterized by moderate aesthetic activity. To enhance this, it is recommended to expand the range of tree species by incorporating decorative flowering varieties, such as ornamental

Table 4

**Characteristics of Ornamental Features of Tree and Shrub Species in General
Secondary Education Institutions**

Ornamental feature	Number of coniferous species	Number of deciduous species	total	% of total
By Crown Shape:				
Pyramidal	1	1	2	6,7
Openwork (lacy)	1	2	3	10,0
Conical	3	1	4	13,3
Rounded		4	4	13,3
Oval		1	1	3,3
Egg-shaped		6	6	20,0
Umbrella-shaped		1	1	3,3
Tent-shaped		2	2	6,7
Spreading		6	6	20,0
Columnar		1	1	3,3
Total:	5	25	30	100
By Leaf (Needle) Color:				
Dark green	2	12	14	46,7
Green	1	3	4	13,3
Light green		5	5	16,7
Pale green	2	5	7	23,3
Total:	5	25	30	100
By Flower Color:				
Yellow-Green	1	4	5	16,7
Yellow-Red	1		1	3,3
Yellow	2		2	6,7
Yellow-White		1	1	3,3
Green-Yellow		2	2	6,7
Dark Green		1	1	3,3
Red		1	1	3,3
Red-Green		2	2	6,7
White		5	5	16,7
White-Green		1	1	3,3
White-Pink		3	3	10,0
Brown-Green		1	1	3,3
Green	1	2	3	10,0
Pink		2	2	6,7
Total:				100

apple trees, sakura, catalpas, and chestnuts, while ensuring their adaptability to the local microclimate [29, 30].

Schoolyard landscaping demonstrates high morphological and color diversity, yet its ornamental expressiveness requires improvement. It is recommended to increase the share of species with unusual crown shapes, brightly coloured foliage, and showy flowers, focusing on seasonal attractiveness, biological resilience, and adaptation to urban conditions.

Assessment of the trees' condition on the school grounds showed that they are predominantly in fair (satisfactory) health (Fig. 6). Out of 2,089 surveyed trees, only 169 specimens (~8%) were rated to be in good condition, with dense crowns and no signs of decline or significant damage. The majority – 1,854 trees (~89%) – were assessed as fair: these trees are surviving and functional, but exhibit some minor issues (e.g., a few dead branches, reduced growth vigor, or isolated pest/disease damage). This distribution suggests that the majority of the greenery is functioning properly, although not in optimal condition. Additionally, 66 trees (~3%) were found to be in poor condition, showing very sparse crowns, numerous dead limbs, or clear symptoms of severe disease or injury. Such specimens pose potential hazards (e.g., branchfall) and have low ornamental value, thus requiring remedial action or removal [10].

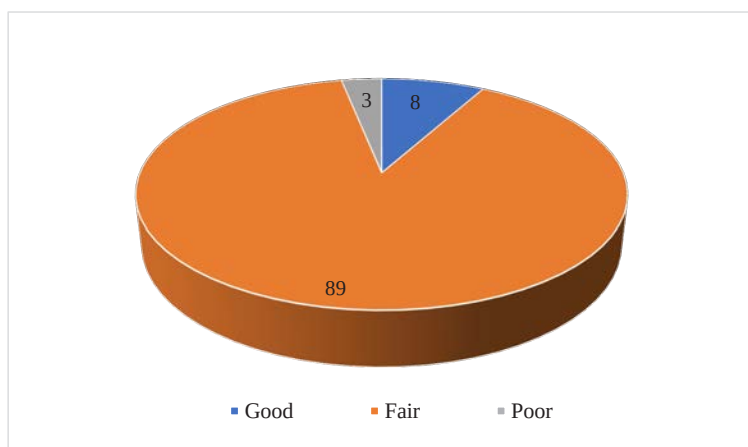


Fig. 6. Distribution of tree plantings in general secondary education institutions by viability

The predominance of trees in fair condition is likely due to a lack of intensive care, the impact of urban stress factors, and the age structure of the plantings [6]. Many trees were planted decades ago and have reached maturity, at which point growth naturally slows and vitality can decrease [31]. Compounding this are urban stresses such as soil compaction in schoolyards, mechanical damage, summer heat and drought, and pests (for example, horse chestnuts suffering leaf miner infestations) [32, 33]. As a result, only a small percentage of trees can be considered fully healthy and vigorously growing. This situation is typical for urban plantings in general [33]. The data highlight the need for enhanced maintenance measures: regular sanitary pruning, treatment of affected trees, watering during droughts, and soil amelioration. The 3% of trees in poor (dangerous) condition are of particular concern – they should either be rehabilitated with arboricultural techniques or removed and replaced with young, healthy specimens. Improving the proportion of trees in good condition will directly influence the effectiveness of the plantings in fulfilling their ecological and aesthetic functions.

Conclusions and prospects for further research. Out of 36 schools assessed, 33% fell into the "High" greening category (>55% green cover), 17% "Meet Standard" (45–55%), while the remaining 50% failed to meet the requirement: 22% were "Insufficient" (25–44%) and 28% "Critically Low" (<25%). The inventory recorded only

30 species of trees and shrubs (26 genera, 16 families) on the school grounds, indicating relatively low taxonomic diversity. Rosaceae (8 species) and Pinaceae (4 species) were the most represented families; most other families were represented by only one or two species. Such limited species richness can reduce the resilience of these plantings to pests and diminish their aesthetic value. These results highlight an urgent need for greening improvements in about 50% of the schools to meet the national standard of 45–50% green coverage. Enhancing tree planting and expanding green areas will improve the ecological performance of school grounds, aligning with sustainable urban development goals. In practical terms, the findings provide a baseline for local authorities and educators to prioritize greening interventions. Future research could include monitoring the impact of implemented greening measures, extending the analysis to other regions, and studying how different planting strategies affect microclimate and educational outcomes.

REFERENCES:

1. Miguez N. G., Mason B. M., Qiu J., Cao H., Callaghan C. T. Urban greenspaces benefit both human utility and biodiversity. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2025. Vol. 107. P. 128791. DOI:10.1016/j.ufug.2025.128791
2. Yang H., Chen T., Zeng Z., Mi F. Does urban green space justly improve public health and well-being? A case study of Tianjin, a megacity in China. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 380. P. 134920. DOI:10.1016/J.JCLEPRO.2022.134920
3. Blanc N., Clauzel C., About C., Riché A. L., Gippet M., Bortolamiol S. Schoolyards greening for connecting people and nature: an example of nature-based solutions? *npj Urban Sustainability* 2025 5:1. 2025. Vol. 5, № 1. P. 64-. DOI:10.1038/s42949-025-00252-6
4. Baró F., Camacho D. A., Pérez Del Pulgar C., Triguero-Mas M., Anguelovski I. School greening: Right or privilege? Examining urban nature within and around primary schools through an equity lens. *Landscape and Urban Planning*. 2021. Vol. 208. P. 104019. DOI:10.1016/J.LANDURBPLAN.2020.104019
5. Clauzel C., Louis-Lucas T., Bortolamiol S., Blanc N., Grésillon E., Bouteau F., Laurenti P., Clavel J. Schoolyard greening to improve functional connectivity in the city and support biodiversity. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2025. Vol. 112. P. 128937. DOI:10.1016/J.UFUG.2025.128937
6. Sjöman H., Watkins H., Kelly L. J., Hirons A., Kainulainen K., Martin K. W. E., Antonelli A. Resilient trees for urban environments: The importance of intraspecific variation. *Plants People Planet*. 2024. Vol. 6, № 6. P. 1180–1189. DOI:10.1002/PPP3.10518;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER
7. Kisvarga S., Horotán K., Neményi A., Jana T., Istvánfi Z., Orlóci L. The ecology of urban Vegetation: Trade-Offs, stressors, and adaptive strategies. *Environmental and Sustainability Indicators*. 2025. Vol. 28. P. 100887. DOI:10.1016/J.INDIC.2025.100887
8. Zymarioieva A., Fedoniuk T., Yorkina N., Budakova V., Melnychuk T. Ecomorphic Structure Transformation of Soil Macrofauna Amid Recreational Impact. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, № 7. P. 30–45. DOI:10.48077/SCIHOR.24(7).2021.30-45
9. Марков Ф.Ф., Зимарова А.А., Піциль А.О., Зимаров О.О. Стан та адаптаційний потенціал деревних насаджень у закладах дошкільної освіти житомирської територіальної громади в умовах кліматичних змін. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 2, № 143. С. 309–318. DOI:10.32782/2226-0099.2025.143.2.35
10. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України : наказ Мінбуду України від 10.04.2006 № 105. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0880-06#Text> (дата звернення: 12.01.2026).
11. Про затвердження Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України : наказ Держбуду України від 24.12.2001 № 226. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0182-02#Text> (дата звернення: 13.01.2026).

12. Govaerts R., Nic Lughadha E., Black N., Turner R., Paton A. The World Checklist of Vascular Plants, a continuously updated resource for exploring global plant diversity. *Scientific Data*. 2021. Vol. 8, № 1. DOI:10.1038/S41597-021-00997-6
13. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas Scripta Geobotanica, 9. *Folia geobotanica & phytotaxonomica*. 1976. Vol. 11, № 1. P. 22–22. DOI:10.1007/BF02853313
14. Meusel H., Reznicek A. A., Jäger E. J. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. G. Fischer, 1993. 183 S.
15. Bharti S. K., Trivedi A., Kumar N. Air pollution tolerance index of plants growing near an industrial site. *Urban Climate*. 2018. Vol. 24. P. 820–829. DOI:10.1016/J.UCLIM.2017.10.007
16. Wang R., Zhao J., Meitner M. J., Hu Y., Xu X. Characteristics of urban green spaces in relation to aesthetic preference and stress recovery. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2019. Vol. 41. P. 6–13. DOI:10.1016/J.UFUG.2019.03.005
17. Бойко Т.О., Дементьева О.І. Екологічні основи створення зелених насаджень на територіях загальноосвітніх закладів міста херсона. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 100, № 1. С. 276–282.
18. Lindemann-Matthies P., Marty T. Does ecological gardening increase species richness and aesthetic quality of a garden? *Biological Conservation*. 2013. Vol. 159. P. 37–44. DOI:10.1016/J.BIOCON.2012.12.011
19. Banaszak-Cibicka W., Dylewski Ł., Białas J. T., Langowska A. City layers: Vertical stratification of wild bees and the structure of urban ecological resilience. *Ecological Indicators*. 2025. Vol. 179. P. 114290. DOI:10.1016/J.ECOLIND.2025.114290
20. Ramyar R., Ackerman A., Johnston D. M. Adapting cities for climate change through urban green infrastructure planning. *Cities*. 2021. Vol. 117. P. 103316. DOI:10.1016/J.CITIES.2021.103316
21. Boukita H., Ammari M. El, Elwahab F., Bahja F. El, Oudghiri M., Brhadda N., Ziri R. Invasive plants in urban settings: a systematic review and bibliometric analysis of trends, gaps, and future implications. *Trees, Forests and People*. 2025. Vol. 22. P. 101051. DOI:10.1016/J.TFP.2025.101051
22. Vítková M., Müllerová J., Sádlo J., Pergl J., Pyšek P. Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest Ecology and Management*. 2017. Vol. 384. P. 287–302. DOI:10.1016/J.FORECO.2016.10.057
23. Shvidenko A., Buksha I., Krakovska S., Lakyda P. Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability*. 2017. Vol. 9, № 7. P. 1152. DOI:10.3390/SU9071152
24. Hwang T., Band L. E., Miniati C. F., Vose J. M., Knoepp J. D., Song C., Bolstad P. V. Climate Change May Increase the Drought Stress of Mesophytic Trees Downslope With Ongoing Forest Mesophication Under a History of Fire Suppression. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2020. Vol. 3. P. 508035. DOI:10.3389/FFGC.2020.00017/TEXT
25. Didur I., Tkachuk O., Pantsyрева H., Chabanuk Y., Pankova S., Hutsol H., Mazur O., Kovka N. Bioindication characteristics of trees in solid protection forest strips depending on intensive agriculture. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. Vol. 26, № 6. P. 315–328. DOI:10.12911/22998993/202749
26. Paludan-Müller G., Saxe H., Pedersen L. B., Randrup T. B. Differences in salt sensitivity of four deciduous tree species to soil or airborne salt. *Physiologia plantarum*. 2002. Vol. 114, № 2. P. 223–230. DOI:10.1034/J.1399-3054.2002.1140208.X
27. Antonelli M., Donelli D., Barbieri G., Valussi M., Maggini V., Firenzuoli F. Forest Volatile Organic Compounds and Their Effects on Human Health: A State-of-the-Art Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17, № 18. P. 6506. DOI:10.3390/IJERPH17186506

28. Wu C. C., O’Keefe J., Ding Y., Sullivan W. C. Biodiversity of urban green spaces and human health: a systematic review of recent research. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2024. Vol. 12. P. 1467568. DOI:10.3389/FEVO.2024.1467568/BIBTEX
29. Sarkar T., Roy A., Choudhary S. M., Sarkar S. K. Impact of climate change and adaptation strategies for fruit crops. *Springer Climate*. 2021. P. 79–98. DOI:10.1007/978-3-030-67865-4_4/FIGURES/6
30. Peng H., Li P., Zhu R. Enhancing the sustainability of cherry blossom landscapes-a case study in Fujian Province, China. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2024. Vol. 7. P. 1339603. DOI:10.3389/FFGC.2024.1339603/BIBTEX
31. Zhezhkun A. M., Kubrakov S., Porokhniach I., Kovalenko I., Melnyk T. Close-to-Nature Forestry Measures in East Polissia Region of Ukraine. *South-East European Forestry*. 2023. Vol. 14, № 1. P. 15–26. DOI:10.15177/SEEFOR.23-04
32. Meshkova V. The Lessons of Scots Pine Forest Decline in Ukraine. 2021. P. 28. DOI:10.3390/IECF2020-07990
33. Jovanović S., Janković-Milić V., Stanković J. J., Stanojević M. The Role of Urban Tree Areas for Biodiversity Conservation in Degraded Urban Landscapes. *Land*. 2025. Vol. 14, № 9. P. 1815. DOI:10.3390/LAND14091815

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 639.34

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.40>

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РИНКУ ДЕКОРАТИВНОЇ АКВАКУЛЬТУРИ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ

Матковська С.І. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0002-8019-5498

Лавринюк О.О. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0003-3145-3689

Ковальчук Т.І. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0002-8682-3280

Трохименко В.З. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0002-1763-3141

Вивчено ринок декоративної аквакультури в Європейському Союзі (ЄС) визначено що він є високорозвиненим і значним економічним сегментом, оцінюючись у \$2,45 млрд у 2023 році з прогнозованим зростанням близько 7,9% (CAGR). З'ясовано що на європейському ринку домінує прісноводна тропічна риба, що стимулюється сталою культурною популярністю акваріумістики як хобі, це спричинено рядом чинників, а саме позитивним впливом на психічне здоров'я та інтеграцією в біофільний дизайн. Незважаючи на те, що ЄС є чистим імпортером з Азії, він має потужне внутрішнє виробництво високоякісного обладнання, а також розвиває власне вирощування прісноводних видів, зокрема у Східній Європі. Доведено що Чехія виділяється як світовий лідер (4-й за величиною експортер прісноводної декоративної риби) та перший у Європі. Чехія досягла такого результату використовуючи свої традиції ставкового рибництва та географічну близькість до споживчих центрів ЄС для забезпечення високої конкурентоспроможності та якості продукції. Це створює важливу експортно-орієнтовану модель, цінну для порівняльного аналізу. Проаналізовано що ринок декоративної аквакультури України, незважаючи на відсутність окремої макроекономічної статистики, є стійкою складовою зооринку, який продемонстрував зростання на 27% у 2024 році. Така стійкість пояснюється тим, що домашні улюбленці забезпечують населення емоційною підтримкою в умовах військової агресії. Проте, сектор зіткнувся з критичними викликами: руйнування інфраструктури, перебої з електропостачанням, висока вартість енергоносіїв та логістичні складнощі, що значно підвищує собівартість продукції. Визначено що потенціал ринку високий, оскільки він може частково замінити дорогий імпорт та бути конкурентним на європейському ринку (у сегменті невибагливих прісноводних видів), але його реалізація вимагає залучення



© Матковська С.І., Лавринюк О.О., Ковальчук Т.І., Трохименко В.З., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

інвестицій у енергоефективні технології та державної підтримки для зниження собівартості, наслідуючи приклад Чехії та інших країн ЄС.

Ключові слова: декоративна аквакультура, Європейський Союз, Чехія, ринок зоотоварів, Україна, акваріумістика, експорт, біофільний дизайн.

Matkovska S.I., Lavryniuk O.O., Kovalchuk T.I., Trokhymenko V.Z. Current status and prospects for the development of the ornamental aquaculture market in Ukraine and the European Union

The ornamental aquaculture market in the European Union (EU) was studied and determined to be a highly developed and significant economic segment, estimated at \$2.45 billion in 2023 with a projected growth of about 7.9% (CAGR). It was found that the European market is dominated by freshwater tropical fish, which is stimulated by the constant cultural popularity of aquarism as a hobby, this is caused by a number of factors, namely the positive impact on mental health and the integration of biophilic design. Although the EU is a net importer from Asia, it has strong domestic production of high-quality equipment and is also developing its own aquaculture of freshwater species, particularly in Eastern Europe. It has been proven that the Czech Republic stands out as a world leader (the 4th largest exporter of freshwater ornamental fish) and the first in Europe. The Czech Republic achieved this result by using its tradition of pond fish farming and geographical proximity to EU consumer centers to ensure high competitiveness and product quality. This creates an important export-oriented model valuable for benchmarking. It was analyzed that the decorative aquaculture market of Ukraine, despite the lack of separate macroeconomic statistics, is a stable component of the zoo market, which demonstrated a growth of 27% in 2024. Such stability is explained by the fact that pets provide the population with emotional support in conditions of military aggression. However, the sector has faced critical challenges: infrastructure destruction, power outages, high energy costs and logistical difficulties, which significantly increase the cost of production. It was determined that the potential of the market is high, as it can partially replace expensive imports and be competitive on the European market (in the segment of undemanding freshwater species), but its implementation requires attracting investments in energy-efficient technologies and state support to reduce cost, following the example of the Czech Republic and other EU countries.

Key words: ornamental aquaculture, European Union, Czech Republic, pet market, Ukraine, aquarium science, export, RAS systems, biophilic design.

Постановка проблеми. Ринок декоративної аквакультури (розведення акваріумних риб та безхребетних) є значним і стабільним сегментом європейської економіки. Хоча він часто розглядається як частина ширшої категорії зоотоварів, його економічна цінність та соціальна роль у країнах-членах Європейського Союзу постійно зростають [1, 7]. Європейський Союз є одним з найбільших споживачів у світі декоративної риби та обладнання. Лідером серед країн Європейського Союзу по виробництву товарів декоративної аквакультури є Чехія, хоча цей сегмент ринку часто залишається в тіні більш відомого вирощування коропа, цей сектор є надзвичайно важливим і має вагомі економічні показники, роблячи Чехію одним із ключових гравців на міжнародній арені та серед країн Сходу: Китаю та Японії, та Заходу: Америки, Бразилії [3, 10]. Водночас ринок декоративної аквакультури України (розведення та продаж акваріумних риб, рослин та супутніх товарів) є невеликим, але стійким і потенційно значущим сегментом економіки України [2, 4, 9]. На сучасному етапі його розвиток нерозривно пов'язаний зі станом ширшого ринку зоотоварів та глобальними викликами, спричиненими повномасштабною військовою агресією, тому дослідження та порівняння особливостей розвитку ринку декоративної аквакультури у країнах Європейського Союзу та Україні є важливими для сучасної економіки країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Україна традиційно не є великим гравцем на глобальному ринку декоративної риби, на відміну від Чехії чи країн Азії. Експорт живої риби з України здебільшого стосується товарних видів (короп)

і переважно спрямований до Молдови, а також у менших обсягах до Польщі та Німеччини [11]. Хоча окремо статистика по декоративній рибі відсутня, натомість відомо що зростання загального експорту живої риби у 2022 році (наприклад, зростання на 90,3% у тоннажі), це стало можливим завдяки підприємствам, які змогли продовжити роботу, успішно шукали зовнішні ринки збуту [5, 8]. Перспективність розвитку декоративної аквакультури надзвичайно висока, вона як нішевий сектор, може пропонувати види, вирощені у чистій воді, які є конкурентними на європейському ринку.

Постановка завдання. Зростання внутрішнього попиту на зоотовари створює економічні стимули для розвитку українських ферм декоративної риби, які можуть частково замінити дорогий та логістично складний імпорт, особливо у сегменті прісноводних, невибагливих видів (живородні, золоті рибки, коропи кої), отже, проведення порівняння особливостей розвитку галузі декоративної аквакультури дозволить окреслити перспективи розвитку декоративного рибництва в Україні.

Мета досліджень – вивчити сучасний стан та перспективи розвитку ринку декоративної аквакультури в Україні та Європейський спільноті.

Об'єкт досліджень – ринок декоративної аквакультури Європи та України.

Виклад основного матеріалу. Ринок декоративної риби в Європі демонструє стійкий позитивний тренд, обумовлений популярністю хобі акваріумістики та збільшенням кількості домогосподарств із домашніми улюбленцями. За оцінками, розмір європейського ринку декоративної риби становив приблизно 2,45 мільярда доларів США у 2023 році. Європейський ринок утримує значну частку світової виручки у цьому секторі (близько 38,5% у 2023 році). Прогнозується, що ринок зростатиме із середньорічним темпом зростання (CAGR) близько 7,9% у період з 2024 по 2030 рік.

Ринок охоплює як прісноводну тропічну рибу (домінує за обсягом), так і морські види та безхребетних, попит на які зростає разом із популяризацією морської акваріумістики. ЄС є чистим імпортером декоративної риби, оскільки переважна більшість тропічних видів походить з країн Південно-Східної Азії, Південної Америки та Африки. Більшість видів, таких як гуппі, неони, скалярії та данію, вирощуються на фермах у тропічних країнах (Малайзія, Індонезія, Філіппіни, Шрі-Ланка), а також у спеціалізованих центрах у Східній Європі (наприклад, Чехія є одним із найбільших світових експортерів).

Ринок морської декоративної риби (ангели, хірурги, клоуни) досі значною мірою залежить від вилову в дикій природі (тропічні коралові рифи). Річний обсяг торгівлі морською рибою та безхребетними в ЄС оцінюється у понад 24 мільйони євро, що становить близько 26 мільйонів екземплярів, імпортованих з більш ніж 60 країн. Економічний розвиток ринку декоративної аквакультури в ЄС стимулюється кількома ключовими факторами:

Зростання захопленням біофільним дизайном визнано одним із найдавніших і найпопулярніших хобі, що має позитивний вплив на психічне здоров'я (зниження стресу, покращення концентрації). Інтеграція природи в житлові та комерційні приміщення, біофільний дизайн, робить акваріуми важливим елементом інтер'єру, що сприяє зростанню попиту не лише на рибу, а й на високоякісне обладнання, акваскейпінг, високотехнологічні фільтри, системи CO₂.

Європейські країни, такі як Німеччина, Нідерланди та Бельгія, є лідерами у виробництві високоякісного акваріумного обладнання, кормів та добрив. Це створює потужний супутній ринок, який часто перевищує за вартістю торгівлю самими живими організмами (табл.1).

Таблиця 1

Характеристики ринку декоративної аквакультури Європейського Союзу

Категорія/Параметр	Характеристика
Загальний обсяг ринку	Оцінка близько \$2,45 млрд у 2023 році (38,5% світової виручки).
Прогнозоване зростання	CAGR близько 7,9% (2024–2030 рр.).
Домінуючий сегмент	Прісноводна тропічна риба (за обсягом).
Попит, що зростає	Морські види та безхребетні (популяризація морської акваріумістики).
Статус імпорту/експорту	Чистий імпортер (переважно з Південно-Східної Азії, Південної Америки, Африки).
Ключові ринки збуту	Велика Британія, Німеччина, Нідерланди, Бельгія (висока культура акваріумістики).
Внутрішнє виробництво	Зосереджено на видах із високою доданою вартістю (корали, клоуни) або легких прісноводних (Іспанія, Бельгія, Нідерланди, Польща, Угорщина).
Супутний ринок	Лідери у виробництві високоякісного обладнання, кормів, добрив (Німеччина, Нідерланди, Бельгія).
Регуляторні виклики	Суворі вимоги до біобезпеки, захисту тварин, зростаючий тиск щодо заборони вилову в дикій природі.

Хоча більшість продукції імпортується, деякі країни ЄС розвивають власне виробництво, особливо прісноводних видів, які легше акліматизувати або вирощувати у ставках (золоті рибки, коропа кої, деякі витривалі тропічні види). Країни, як Чехія, Польща, Угорщина, відіграють ключову роль у вирощуванні прісноводних декоративних риб для експорту в Західну Європу, використовуючи свої традиції ставкового рибництва та нижчі транспортні витрати. У країнах, таких як Іспанія, Бельгія та Нідерланди, існують спеціалізовані ферми, які зосереджені на вирощуванні видів із високою доданою вартістю або складних у розведенні морських організмів (корали, клоуни) для забезпечення стабільності постачання та зменшення залежності від вилову в дикій природі (табл.1).

Європейський ринок стикається з постійно зростаючими вимогами до біобезпеки, захисту тварин та екологічної сталості оскільки має суворі ветеринарні та карантинні вимоги, що гарантує високу якість імпортованої риби, але додає витрат для експортерів. Водночас зростає тиск щодо заборони імпорту видів, виловлених у дикій природі, що стимулює інвестиції у закриті системи рециркуляції (RAS) та аквакультуру морських видів усередині ЄС.

В результаті наших досліджень з'ясовано що беззаперечним лідером в галузі декоративної аквакультури є Європейського Союзу є Чехія, вивчення її досвіду є важливим для побудови стратегії ринку аквакультури України. Отже, незважаючи на те, що точні цифри виробництва декоративної риби можуть бути не повністю включені до офіційної статистики аквакультури, що фокусується на промисловій рибі (переважно коропа), цей сегмент має надзвичайно велике значення.

Чеські фермери спеціалізуються на вирощуванні широкого спектра прісноводних видів, включаючи тропічних акваріумних риб, золотих рибок, а також коропів кої та ставкових риб.

Вирощування декоративної риби, як і загалом аквакультура, зосереджено в історичних рибницьких районах, зокрема, у Південній Богемії, де розташовано

понад 70% загальної площі ставків. Чеська декоративна аквакультура є яскраво вираженою експортно-орієнтованою галуззю, яка успішно інтегрована в європейський та світовий ринки.

Чеські виробники постачають свою продукцію по всьому світу. Висока якість, тривалі традиції розведення та близькість до основних європейських ринків (Німеччина, Словаччина та ін.) роблять чеську рибу конкурентоспроможною.

Таблиця 2

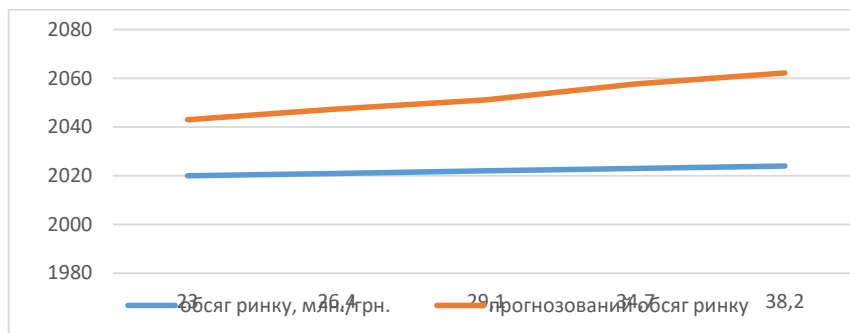
Основні характеристики Чеського ринку аквакультури

Параметр	Характеристика
Світовий рейтинг	4-й за величиною виробник/експортер прісноводної декоративної риби
Продукція	Тропічні акваріумні риби, золоті рибки, коропи кої, ставкова риба
Тип виробництва	Інтенсивне та напівінтенсивне вирощування у ставках і спеціалізованих комплексах.
Географічна локація	Південна Богемія
Роль на ринку ЄС	Виробництво поблизу споживчих центрів ЄС забезпечує нижчі транспортні витрати, підвищуючи прибутковість.

Водночас Чехія є частиною великого європейського ринку декоративних риб, який оцінювався у \$2,45 млрд у 2023 році і демонструє стійке зростання – 7.9%. Чеське виробництво сприяє тенденції вирощування риби поблизу споживчих хабів (ЄС) для зниження логістичних витрат.

Декоративна аквакультура в Україні не є окремо виділеною макроекономічною галуззю у загальній статистиці аквакультури (де домінує вирощування коропових для харчування). Проте, вона є невіддільною складовою ринку зоотоварів і послуг, який демонструє надзвичайну стійкість. Незважаючи на війну та значне скорочення економіки, український зооринок у 2024 році зріс приблизно на 27% у гривневому еквіваленті порівняно з 2023 роком.

Прогнози на 2026 рік також оптимістичні, очікується зростання на 15-20%. Це зростання пояснюється тим, що домашні улюбленці (включно з акваріумними рибками) слугують для українців джерелом емоційної підтримки та зняття стресу в умовах війни. Власники готові підтримувати рівень витрат на утримання тварин, розглядаючи їх як членів сім'ї.

*Рис. 1. Прогнозований розвиток ринку декоративної аквакультури в Україні*

Лєвова частка витрат припадає на корми та аксесуари/обладнання, що забезпечує стабільний попит на високотехнологічну продукцію, яка застосовується і в акваріумістиці (фільтри, світло, хімія).

Військова ситуація завдала прямої та опосередкованої шкоди всьому сектору аквакультури, що суттєво позначилося і на декоративному сегменті.

Близько 20% суб'єктів господарювання у сфері аквакультури, які брали участь в опитуваннях, повідомили про прямі руйнування внаслідок бойових дій: знищення гідротехнічних споруд, будівель, обладнання та загибель маточного поголів'я. Для спеціалізованих ферм декоративної риби, які часто використовують закриті системи рециркуляції (RAS), руйнування інфраструктури та перебої з електропостачанням є критичними.

Підри́в Каховської ГЕС призвів до майже повної втрати водних біоресурсів Каховського водосховища. Хоча це переважно стосується промислового рибальства, загальне забруднення водних ресурсів та екологічні збитки, які оцінюються у мільярди гривень, створюють ризики і для джерел води, що використовуються в аквакультурі.

Втрата контролю над територіями та небезпека в прифронтових зонах унеможливили роботу частини підприємств.

Обмеження морського експорту та складнощі на сухопутних шляхах позначаються на імпорті специфічних кормів, обладнання та, головне, екзотичних видів декоративної риби, які традиційно надходили з Азії.

Висока вартість енергоносіїв є критичною для інтенсивного рибництва та декоративної аквакультури, що потребує постійного обігріву, фільтрації та освітлення (особливо для тропічних видів). Це значно підвищує собівартість української продукції.

Війна спричинила відтік кваліфікованих фахівців, що створює дефіцит кадрів, необхідних для роботи з сучасними методами аквакультури.

Висновки: 1. Виробництво декоративної риби часто недостатньо відображається в офіційних статистичних даних, що ускладнює повний аналіз його економічної цінності. Сектор залишається вразливим до імпорту дешевшої риби з Південно-Східної Азії, хоча перевага чеської продукції полягає у її якості та меншому стресі від транспортування на європейські ринки.

2. Ринок декоративної аквакультури в ЄС є високорозвиненим, стійким і має значний потенціал зростання. Його економічний розвиток обумовлений не лише імпортом, а й високотехнологічним внутрішнім виробництвом, інноваціями в супутній галузі та сталою культурною популярністю акваріумістики як хобі та елемента дизайну.

3. Ринок декоративної аквакультури Чехії – це потужний, хоча й недооцінений, економічний актив. Завдяки своїй спеціалізації на прісноводних видах та високій орієнтації на експорт, Чехія міцно утримує позиції світового лідера, забезпечуючи значний внесок у загальну економіку країни та європейський ринок зоотоварів.

4. Ринок декоративної аквакультури в Україні є яскравим прикладом того, як непродовольчі сегменти економіки можуть виявляти стійкість, забезпечуючи важливі соціально-психологічні потреби населення. Попит на акваріумістику як частину зооринку зберігається і зростає, що забезпечує основу для інвестицій.

5. Потенціал ринку декоративної аквакультури України залежить від залучення інвестицій у енергоефективні технології (наприклад, системи RAS) та державної підтримки, аналогічної тій, що надається в ЄС, для зниження собівартості та підвищення конкурентоспроможності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Самофатова В. А., Демчук С. І. Сучасний стан та напрями розвитку рибного господарства у внутрішніх водоймах України. *Економіка харчової промисловості*. 2015. № 26. С. 41–46.
2. Кондіус І. С. Тенденції розвитку рибного господарства України. *Економічний форум*. 2019. Т. 9, № 2. С. 39–46.
3. Averchev O., Trukhachova K., Zhosan H. Development of a System of Effective Use of Enterprise Resources by Balancing the Effectiveness of Economic Activity in Terms of Resource Features. *2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT'2021)*, 15-17 September, 2021. Deggendorf, Germany, 2021. P. 372–375. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9548339> (дата звернення: 16.10.2025).
4. Тишечко А. Еволюційні засади регулювання рибного господарства в умовах надзвичайних викликів. *Науковий вісник Полісся*. 2022. № 2(25). С. 89–99.
5. Грициняк І. І., Третяк О. М. Пріоритетні напрями наукового забезпечення рибного господарства України. *Рибогосподарська наука України*. 2007. № 1. С. 5–20.
6. Добування водних біоресурсів : стат. бюлетень за 2018 рік. Київ : Держ. служба статистики України, 2019. 33 с.
7. Шепелев С. С. Стан, тенденції розвитку та структурні зрушення у рибному господарстві України. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Економіка, аграрний менеджмент, бізнес*. 2016. № 244. С. 374–381.
8. Публічний звіт голови Державного агентства меліорації та рибного господарства України за 2022 рік / Держ. агентство меліорації та рибного господарства України. Київ, 2023. 18 с.
9. Матковська С. І. Сучасні тенденції розвитку декоративної аквакультури. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. 135, ч. 2. С. 215–221.
10. Aquaculture production / OECD. URL: <https://stats.oecd.org/Index.aspx> (дата звернення: 08.09.2025).
11. Ємельянов В. О., Кулага Т. В. Історія та перспективи досліджень Причорноморських лиманів. Геологія і корисні копалини Світового океану. 2020. Т. 16, вип. 3. С. 64–75. DOI: <https://doi.org/10.15407/grimo2020.03.064>

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 630*232:582.632.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.41>

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗРІДЖЕННЯ КЛОНОВИХ ПЛАНТАЦІЙ ДУБА ЗВИЧАЙНОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) НА ПЛОДОНОШЕННЯ В УМОВАХ ВІННИЧЧНИНИ

Матусяк М.В. — к.с.-г.н., доцент,
завідувач кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-8099-7290

Нейко І.С. — д.с.-г.н., с.н.с.,
ДП «Вінницька лісова науково-дослідна станція»
orcid.org/0000-0002-4473-540X

Нейко О.В. — м.н.с.,
ДП «Вінницька лісова науково-дослідна станція»
orcid.org/0009-0006-5136-1246

Юрків З.М. — к.с.-г.н., доцент, с.н.с.,
ДП «Вінницька лісова науково-дослідна станція»
orcid.org/0000-0003-1363-9746

У статті наведено результати дослідження впливу різної інтенсивності зрідження клонових насінневих плантацій дуба звичайного (*Quercus robur* L.) на рівень плодоношення в умовах Лісостепу України. Дослідження виконано на селекційному комплексі ДП «Вінницька лісова науково-дослідна станція» у Турбівському лісництві, зокрема на клонувих насінневих плантаціях 1977-1978 років створення. Об'єктами дослідження були три ділянки з різною інтенсивністю зрідження: без зрідження, із середнім та високим рівнем зрідження. Оцінювання інтенсивності плодоношення та фенологічних форм дерев проводили впродовж 2020-2025 рр. шляхом подеревних переліків.

Встановлено, що на досліджуваних ділянках представлені ранні, ранні проміжні, проміжні, пізні проміжні та пізні фенологічні форми дуба. На ділянці без зрідження переважали пізні фенологічні форми (34,7%) та пізні проміжні (32,3%), тоді як частка ранніх форм була найнижчою (2,4-4,8%). На ділянці із середньою інтенсивністю зрідження найбільш поширеною була пізня проміжна форма (39,7%), а на ділянці з високим ступенем зрідження її частка становила 28,2%. Загалом на дослідних ділянках обліковано 676 дерев, з яких 386 (57,1%) зростають на ділянці без зрідження, 181 дерево (26,8%) — на ділянці із середнім зрідженням та 109 дерев (16,1%) — на ділянці з високою інтенсивністю зрідження.

Аналіз показників плодоношення засвідчив суттєву залежність репродуктивної активності дерев від густоти насаджень. У 2025 році середній бал плодоношення на ділянці без зрідження становив лише 0,6, тоді як на ділянці із середньою інтенсивністю зрідження — 1,2 бали, а на ділянці з високим ступенем зрідження — 2,6 бали. Максимальні значення плодоношення на найбільш зріженій ділянці досягали 4 балів, при цьому дерева з повною відсутністю плодоношення не відмічені. Найвищу насіннєву продуктивність проявляли клони проміжної, ранньої проміжної та пізньої проміжної фенологічних форм, середній рівень плодоношення яких на зріжених ділянках становив 2,7-3,1 бали. Водночас дерева пізньої фенологічної форми характеризувалися найнижчими показниками репродуктивної активності.



© Матусяк М.В., Нейко І.С., Нейко О.В., Юрків З.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Аналіз динаміки плодоношення у 2018-2025 рр. підтвердив позитивний ефект зрідження насаджень. На ділянці з високою інтенсивністю зрідження середній бал плодоношення зріс від 1,4 у 2018 році до 3,8 у 2023 році та становив 2,6 бали у 2025 році, тоді як на незріженій ділянці показники залишалися на рівні 0,3-0,9 бала. Отримані результати свідчать, що проведення зрідження у загущених клонових насадінних плантаціях сприяє покращенню світлового режиму крон та активізації генеративних процесів, що забезпечує зростання насіннєвої продуктивності дуба звичайного у 3-4 рази порівняно з незрідженими насадженнями.

Ключові слова: дуб звичайний, клонові насадінні плантації, зрідження насаджень, плодоношення, фенологічні форми, насіннєва продуктивність, лісонасінна база.

Matusyak M.V., Neyko I.S., Neyko O.V., Yurkiv Z.M. The effect of the intensity of thinning of clonal plantations of common oak (*Quercus robur* L.) on fruit bearing in the conditions of Vinnytsia region

The article presents the results of a study on the effect of different intensities of thinning of clonal seed orchard of common oak (*Quercus robur* L.) on the level of fruiting in the forest-steppe zone of Ukraine. The study was conducted at the treebreeding complex of the Vinnytsia Forest Research Station in the Turbiv Forestry on clonal seed orchards created in 1977-1978. The objects of the study were three plots with different thinning intensities: without thinning, with medium and high thinning levels. The assessment of the intensity of fruiting and phenological forms of trees was carried out during 2020-2025 by means of tree-by-tree inventories.

It was found that the studied plots were represented by early, early intermediate, intermediate, late intermediate, and late phenological forms of oak. In the area without thinning, late phenological forms (34,7%) and late intermediate forms (32,3%) prevailed, while the proportion of early forms was the lowest (2,4-4,8%). In the area with medium thinning intensity, the late intermediate form was the most common (39,7%), and in the area with a high degree of thinning, its share was 28,2%. In total, 676 trees were recorded in the study areas, of which 386 (57,1%) grow in an area without thinning, 181 trees (26,8%) in an area with medium thinning, and 109 trees (16,1%) in an area with high thinning intensity.

Analysis of fruiting indicators showed a significant dependence of tree reproductive activity on planting density. In 2025, the average fruiting score on the plot without thinning was only 0.6 points, while on the plot with average thinning intensity it was 1,2 points, and on the plot with a high degree of thinning it was 2,6 points. The maximum fruiting values on the most thinned plot reached 4 points, with no trees showing a complete lack of fruiting. The highest seed productivity was shown by clones of intermediate, early intermediate, and late intermediate phenological forms, whose average fruiting level in thinned areas was 2,7-3,1 points. At the same time, trees of the late phenological form were characterized by the lowest reproductive activity indicators.

An analysis of the dynamics of fruiting in 2018-2025 confirmed the positive effect of thinning seed orchards. In the area with high thinning intensity, the average fruiting score increased from 1,4 points in 2018 to 3,8 points in 2023 and was 2,6 points in 2025, while in the unthinned area, the indicators remained at 0,3-0,9 points. The results show that thinning in dense clonal seed orchards improves the light regime of the crowns and activates generative processes, which increases the seed productivity of common oak by 3-4 times compared to unthinned orchards.

Key words: common oak, clonal seed orchards, thinning of seed orchards, fruiting, phenological forms, seed productivity, forest seed base.

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах трансформації клімату та посилення антропогенного навантаження на лісові екосистеми особливого значення набуває підвищення ефективності лісонасінної бази основних лісотвірних порід [1, 7, 15, 18]. Однією з ключових порід у структурі лісів України є дуб звичайний (*Quercus robur* L.), який відіграє важливу екологічну та економічну роль у формуванні стійких лісових екосистем. Забезпечення стабільного та якісного насіннєвого матеріалу цієї породи є важливою передумовою відновлення високопродуктивних дубових насаджень, що зумовлює необхідність удосконалення технологій створення лісонасіннєвих об'єктів, зокрема клонових насадінних плантацій [3, 9-11, 13].

Клонові насадінні плантації є одним із найефективніших інструментів отримання генетично цінного насіння, проте з віком виникають проблеми загущення,

змикання крон, погіршення освітленості та зниження інтенсивності генеративних процесів [5, 8, 9, 11, 16]. Унаслідок цього зменшується рівень плодоношення, що негативно впливає на продуктивність плантацій і загалом на ефективність функціонування лісонасінної бази. Одним із дієвих лісівничих заходів, спрямованих на оптимізацію умов росту та стимулювання репродуктивних процесів, є зрідження насаджень, яке дозволяє покращити світловий і водний режим дерев та активізувати процеси формування генеративних органів [4, 7, 17].

Попри наявність окремих досліджень щодо впливу густоти деревостану на плодоношення деревних порід, питання екологічного впливу різної інтенсивності зрідження на репродуктивну продуктивність дуба звичайного на клонових насіннєвих плантаціях залишається недостатньо вивченим, особливо в умовах Лісостепу України.

Постановка проблеми. Сучасна система лісового насінництва передбачає отримання стабільних обсягів якісного насіння деревних порід, що забезпечує формування високопродуктивних і генетично цінних насаджень [7, 15, 16]. Важливим елементом цієї системи є клонові насіннєві плантації, які створюються для концентрованого вирощування відібраних клонів та отримання від них насіння з високими спадковими властивостями. Проте з часом у таких насадженнях відбуваються зміни у структурі деревостану, що супроводжуються зниженням інтенсивності генеративних процесів та нерівномірністю плодоношення окремих клонів.

Особливості формування врожаю насіння дуба звичайного значною мірою залежать від комплексу біологічних і екологічних чинників, серед яких важливе місце займають густота деревостану, рівень освітленості крон та просторове розміщення дерев. У загущених плантаціях посилюється конкуренція між деревами, що може призводити до пригнічення розвитку генеративних бруньок і зменшення кількості сформованих плодів. Водночас різні фенологічні форми дуба по-різному реагують на зміну умов росту, що впливає на їх репродуктивну активність і частоту плодоношення [3, 7, 11, 17].

Практика створення та експлуатації клонових насіннєвих плантацій свідчить про необхідність оптимізації просторової структури таких насаджень з метою підтримання високого рівня насіннєвої продуктивності [11, 13, 17]. Однак питання взаємозв'язку між інтенсивністю зрідження, фенологічними особливостями клонів та рівнем плодоношення дерев залишається недостатньо вивченим. Це ускладнює розроблення ефективних підходів до регулювання густоти плантацій і прогнозування їх насіннєвої продуктивності. Тому дослідження впливу різних режимів зрідження на репродуктивні процеси дуба звичайного є важливим для удосконалення практики ведення клонових насіннєвих плантацій та підвищення їх функціональної ефективності [8, 16].

Методика досліджень. Дослідження проведені в умовах селекційного комплексу Державного підприємства «Вінницька лісова науково-дослідна станція». Впродовж 2020-2025 років здійснено оцінювання інтенсивності плодоношення на ділянках 5, 6, 7 клонових насіннєвих плантацій дуба звичайного 1977-1978 років створення. На зазначених ділянках проведено зрідження різної інтенсивності.

Дослідження фенологічних форм дерев дуба проведено на 3-х ділянках різної інтенсивності зрідження селекційного комплексу Турбівського лісництва ДП «Вінницька лісова науково-дослідна станція». Ґрунтовий покрив представлений світло-сірими опідзоленими суглинками, сформованими на лесових породах. За типологічною класифікацією ділянка належить до типу лісу – свіжа грабова діброва (D₂-гД). Територія дослідження розташована на рівнинному рельєфі без вираженого ухилу.

Перші заходи з догляду за насадженням було проведено після досягнення ним 21-річного віку, коли деревостан вступив у стадію проріджування. У період від 21 до 40 років у межах дослідного об'єкта систематично здійснювалися рубки догляду та детальні обліки стану кожного окремого дерева дуба. Залежно від інтенсивності проведення проріджувань насадження були поділені на декілька варіантів: А – контрольний (видаляли лише сухостійні дерева); Б – слабка інтенсивність проріджування (на 25-30% менша порівняно з нормативами); В – середня інтенсивність (відповідно до чинних настанов із проведення рубок догляду); Г – підвищена інтенсивність (на 25-30% вища за нормативні показники); Д – дуже висока інтенсивність зрідження (на 40-50% вища за нормативи) [12]. У межах окремих секцій застосовувалися рубки догляду різної інтенсивності.

Результати досліджень. За результатами проведених досліджень на плантації виявлено ранні, ранні проміжні, проміжні пізні проміжні та пізні фенологічні форми дуба. Найбільша частка дерев на ділянці 5 (без зрідження) пізньої фенологічної форми. Частка таких дерев на цій ділянці становила 34,7%. Дещо нижчою є частка пізніх проміжних фенологічних форм – 32,3%. Найнижча частка дерев на ділянці 5 ранньої та ранньої проміжної фенологічних форм, частка яких складала 2,4-4,8%. На ділянці 6 (середнього ступеня зрідження) найбільша частка представлених фенологічних форм дерев – пізня проміжна (39,7%). Частка пізніх та проміжних феноформ становить 21,2-21,7%. Як і на ділянці 5, на ділянці 6 найнижча частка дерев ранньої та ранньої проміжної фенологічних форм – 7,1-10,3%. Схожим є розподіл дерев за фенологічними формам на ділянці 7 (висока інтенсивність зрідження). Зокрема, на ділянці 7 частка пізніх проміжних форм є найвищою та становить 28,2%. Дещо нижчим є представництво пізніх та проміжних фенологічних форм – 22,2-24,8%.



Рис. 1. Ділянка 5 (клонова насіннева плантація дуба звичайного без зрідження)

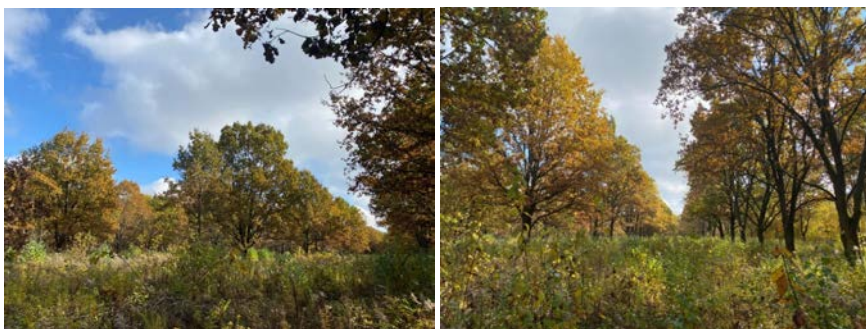


Рис. 2. Ділянка 6 (клонова насіннєві плантації дуба звичайного із середньою інтенсивністю зрідження (видалено через один ряд)

Нами проведено детальні подеревні обліки рівня плодоношення. На ділянках у весняний період проведено обліки дерев для визначення фенологічних форм: рання (Р), рання проміжна (РПр), проміжна (Пр), пізня проміжна (ППр), пізня (П).

Таблиця 1

Розподіл клонів дуба звичайного за фенологічними формами на КНП (ДП «Вінницька ЛНДС», Турбівське лісництво, ділянки 5, 6, 7)

Форма	Розподіл клонів за ділянками, %		
	5	6	7
Р	2,4	7,1	13,7
РПр	4,8	10,3	11,1
Пр	25,8	21,2	24,8
ППр	32,3	39,7	28,2
П	34,7	21,7	22,2
Всього	100,0	100,0	100,0

Інформація щодо інтенсивності плодоношення дуба звичайного на ділянках селекційного комплексу Турбівського лісництва відображені у табл. 2.

За даними табл. 2, загальна кількість дерев на усіх ділянках становить 676. Зокрема, на ділянці без зрідження кількість дерев становить 386 (57,1%). На ділянці 6 із середньою інтенсивністю зрідження представлено 181 дерево (26,8%). На ділянці 7 (висока інтенсивність зрідження) локалізовано 109 дерев (16,1%). Середній бал інтенсивності плодоношення становить 1,1 бали. Якщо на ділянці без зрідження середній бал плодоношення становив 0,6 то на ділянці 7 (із високою інтенсивністю зрідження) – 2,6 бали. На ділянці із високим ступенем зрідження також відмічено дерева із максимальним рівнем плодоношення 4 бали. Водночас, дерева із повністю відсутнім плодоношенням на даній ділянці відсутні.

Інтенсивність плодоношення дуба звичайного на ділянках селекційного комплексу 5, 6, 7 у 2025-му році у розрізі фенологічних форм відображені у табл. 1. За даними табл. 3 найвищим рівнем плодоношення характеризуються поміжні фенологічні форми, зокрема, рання проміжна, пізня проміжна, середній бал плодоношення яких становив 0,5-3,1 бали. У той же час, інтенсивність плодоношення пізніх фенологічних форм складав 0,3-2,1 бали. Тобто, спостерігаються тенденції щодо вищого рівня плодоношення саме проміжних фенологічних форм

Таблиця 2

Інтенсивність плодоношення дуба звичайного на ділянках селекційного комплексу 5, 6, 7 у 2025-му році

Ділянка	Інтенсивність плодоношення					
	Кількість дерев, шт.	Середній бал	<i>max.</i>	<i>min.</i>	Стандартне відхилення	Незсунута дисперсія
5	386	0,6	3	0	0,694	0,481
6	181	1,2	4	0	0,965	0,926
7	109	2,6	4	1	0,915	0,830
Загальний підсумок	676	1,1	4	0	1,089	1,184

у порівнянні із пізніми. Рання фенологічна форма також дещо поступається за інтенсивністю плодоношення у порівнянні із проміжною.

За отриманими даними на усіх ділянках найвищою насіннєвою продуктивністю характеризувалися клони проміжною, пізньою проміжною та ранньою проміжною фенологічними формами. У той же час дерева пізньої фенологічної форми відрізнялися найнижчим рівнем репродуктивних процесів. Невисокими показниками утворення жолудя характеризувалися також ранні фенологічні форми. На ділянці без зрідження (ділянка 5) максимальною продуктивністю характеризувалися проміжні та ранні проміжні фенологічні форми, середня інтенсивність плодоношення яких складала 0,5 бали. Найнижчі рівні репродукції були у пізніх та ранніх феноформ (0,3 бали). Пізні проміжні та проміжні фенологічні форми відрізнялися вищими рівнями репродукції на ділянці із середнім рівнем зрідження (ділянка 6) – 1,3-1,4 бали. Як і на попередній ділянці, інтенсивність репродукції була найнижчою у пізніх фенологічних форм (середній бал – 0,7).

На ділянці із високим ступенем зрідження (ділянка 7) проміжні та ранні проміжні фенологічні форми характеризувалися найвищими рівнями репродукції (2,7-3,1 бали). Як і на попередніх ділянках найнижча інтенсивність плодоношення була у клонів пізньої фенологічної форми, рівень репродукції який становив 2,1 бали.

Підсумовуючи проведені дослідження, слід зазначити, що зрідження лісонасіннєвих плантацій є достатньо ефективним методом підвищення інтенсивності плодоношення дерев дуба звичайного. Такий методи стимулювання плодоношення доцільно застосовувати у загущених плантаціях де відбулося змикання крон. Проведення зрідження на плантаціях може забезпечити зростання насіннєвої продуктивності у порівнянні із незрідженими плантаціями у 3-4 рази. Ефект зріджень спостерігається уже на 3-4-й рік після проведення заходів щодо проведення рубок.

Аналіз результатів наведений у табл. 4 свідчить про чітку залежність рівня плодоношення від інтенсивності зрідження насаджень. Найнижчі показники зафіксовано на ділянці 5, де зрідження не проводилося. Середній бал плодоношення тут коливався в межах 0,3-0,9 бала, а у 2025 році становив 0,6 бала. На ділянці 6 із середньою інтенсивністю зрідження інтенсивність плодоношення була вищою: середній бал змінювався від 0,6 до 1,7 бала, а у 2025 році становив 1,2 бали.

Найвищі показники інтенсивності плодоношення відзначалась ділянка 7, де застосовано сильне зрідження. Середній бал плодоношення тут зростав від 1,4 бали у 2018 році до 3,8 бали у 2023 році, а у 2025 році становив 2,6 бали. Максимальні значення плодоношення на цій ділянці у більшості років досягали 5 балів.

Таблиця 3

Інтенсивність плодоношення дуба звичайного на ділянках селекційного комплексу 5, 6, 7 у 2025-му році у розрізі фенологічних форм

Фенологічна форма	Інтенсивність плодоношення, бал			Стандартне відхилення	Незсунута дисперсія
	середнє	max	min		
Ділянка 1					
Пізня (п)	0,3	2	0	0,511	0,255
Пізня проміжна (ппр)	0,4	2	0	0,629	0,371
Проміжна (пр)	0,5	2	0	0,635	0,399
Рання проміжна (рпр)	0,5	2	0	0,619	0,371
Рання (р)	0,3	1	0	0,500	0,188
Ділянка 2					
Пізня (п)	0,7	3	0	0,818	0,652
Пізня проміжна (ппр)	1,3	4	0	1,003	0,991
Проміжна (пр)	1,4	4	0	1,005	0,984
Рання проміжна (рпр)	1,2	3	0	0,943	0,840
Рання (р)	1,2	2	0	0,801	0,592
Ділянка 3					
Пізня (п)	2,1	3	1	0,793	0,601
Пізня проміжна (ппр)	3,1	4	1	0,885	0,758
Проміжна (пр)	2,4	4	1	0,884	0,752
Рання проміжна (рпр)	2,7	4	1	0,985	0,889
Рання (р)	2,5	4	2	0,640	0,382
Загальний підсумок	1,1	4	0	1,089	1,184

Таблиця 4

Характеристика плодоношення на КНП (ДП «Вінницька ЛНДС», Турбівське лісництво, ділянки 5, 6, 7) по роках

Ділянка №	2018		2022		2023		2024		2025	
	<i>A, бал</i>	<i>max, бал</i>	<i>A, бал</i>	<i>max, бал</i>	<i>A, бал</i>	<i>max, бал</i>	<i>A, бал</i>	<i>max, бал</i>	<i>A, бал</i>	<i>max, бал</i>
5	0,5	4,0	0,9	4,0	0,8	4,0	0,3	4,0	0,6	3
6	0,6	4,0	1,7	5,0	1,6	5,0	0,8	4,0	1,2	4
7	1,4	5,0	1,9	5,0	3,8	5,0	1,6	5,0	2,6	4
Середнє	0,7	5,0	1,3	5,0	2,1	5,0	0,9	4,0	1,1	4

Динаміка плодоношення на клонових насіннєвих плантаціях різної інтенсивності зрідження (ділянки 5, 6, 7) впродовж 7-ми років наведена на рисунку 3.

Впродовж останніх 7-ми років відбуваються тенденції щодо загального зростання рівня плодоношення дерев дуба на клоновій плантації (від 1 балів до 1,5 балів). Середній бал плодоношення у 2025-му році на ділянці 5 із високою густотою становив 0,6 балів. У то же час на плантації із дуже сильним зрідженням (ділянка 7) середній бал плодоношення становив 2,6 балів. Із переходом від варіанту 5 до варіанту 7 загальна інтенсивність плодоношення за середнім балом зростала. Якщо на ділянці 7 максимальна інтенсивність плодоношення складала 5,0 балів то на ділянці 6 максимальна інтенсивність плодоношення не перевищувала

3,0 бали. Загальний вигляд ділянок 5, 6, 7 селекційного комплексу із різними режимами зрідження станом на 2025-й рік наведено на рисунку 4.

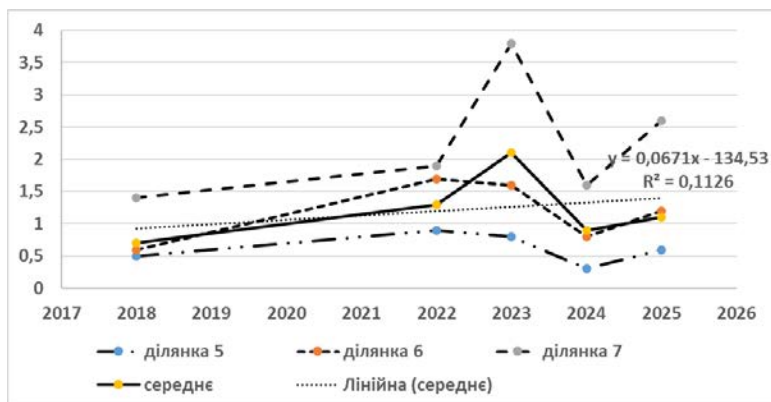


Рис. 3. Динаміка плодоношення на клонівих насіннєвих плантаціях різної інтенсивності зрідження (ділянки 5, 6, 7) впродовж 2018–2025 років

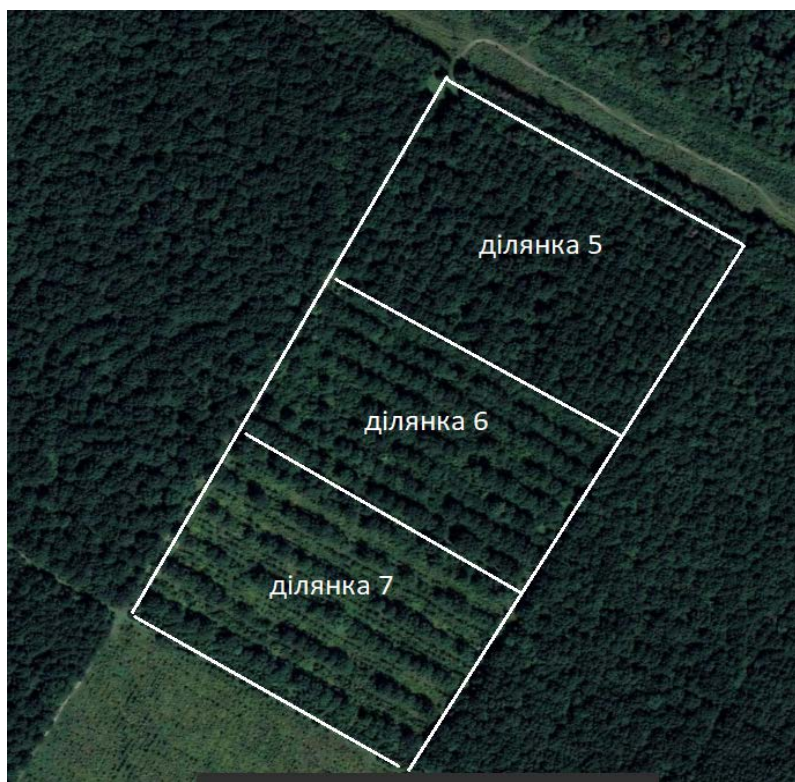


Рис. 4. Загальний вигляд ділянок селекційного комплексу 5, 6, 7 різної інтенсивності зрідження станом на 2025 рік

Висновки та перспективи подальших досліджень. Інтенсивність плодоношення дуба звичайного на клонових насінневих плантаціях 1977-1978 років створення (ділянки 5, 6, 7) у 2025-му році була невисокою із-за врожайного року. Якщо на ділянці без зрідження середній бал плодоношення становив 0,6 то на ділянці 7 (із високою інтенсивністю зрідження) – 2,6 бали. На ділянці із високим ступенем зрідження також відзначено дерева із максимальним рівнем плодоношення 4 бали. Водночас, дерева із повністю відсутнім плодоношенням на даній ділянці відсутні. Найвищим рівнем плодоношення характеризувалися поміжні фенологічні форми, зокрема, рання проміжна, пізня проміжна, середній бал плодоношення яких становив 0,5-3,1 бали. У той же час, інтенсивність плодоношення пізніх фенологічних форм складав 0,3-2,1 бали.

На ділянці клонових насінневих плантаціях 1977-1978 років створення без зрідження (ділянка 5) максимальною продуктивністю характеризувалися проміжні та ранні проміжні фенологічні форми, середня інтенсивність плодоношення яких складала 0,5 бали. Найнижчі рівні репродукції були у пізніх та ранніх феноформ (0,3 бали). Пізні проміжні та проміжні фенологічні форми відрізнялися вищими рівнями репродукції на ділянці із середнім рівнем зрідження (ділянка 6) – 1,3-1,4 бали. Як і на попередній ділянці, інтенсивність репродукції була найнижчою у пізніх фенологічних форм (середній бал – 0,7).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Білоус В.І. Лісова селекція. Підручник для ВНЗ. Умань, 2003. 534 с.
2. Блистів В.І., Юрків З.М., Нейко І.С., Матусяк М.В. Практичні аспекти удосконалення лісонасінного районування. Сільське господарство та лісівництво, 2021. №21. 140-157
3. Блистів В.І., Юрків З.М., Нейко І.С., Матусяк М.В. Сучасний стан та ефективність використання постійної лісонасінневої бази Вінниччини. *Сільське господарство та лісівництво*, № 4 (27), 2022. С. 183-199.
4. Василевський О.Г., Єлісавенко Ю.А., Зленко О.П., Монарх В.В. Лісовідновні процеси у природних дубових лісостанах ДП «Вінницьке ЛГ». *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. №1 (138). Біла Церква, 2018. С. 201-209.
5. Василевський О.Г., Єлісавенко Ю.А., Нейко І.С., Монарх В.В. Сучасний стан природних деревостанів дуба ДП «Вінницьке ЛГ». *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. №7 (Том 1). С. 129-139.
6. Василевський О.Г., Нейко І.С., Єлісавенко Ю.А., Матусяк М.В. Характеристика структури та лісовідновних процесів природних лісостанів дуба ДП «Крижопільське ЛГ». *Сільське господарство та лісівництво*. 2018 (№10). С. 19-29.
7. Дебринюк Ю.М., Калінін М.І., Гузь М.М., Шаблій І.В. Лісове насінництво: навч. Посібник. Львів: Світ, 1998. 425 с.
8. Криницький Г. Т. Методичні основи морфофізіологічного напрямку у лісовій селекції. *Наукові праці Лісівничої академії наук України: зб. наук. праць*. 2002
9. Яцик Р. М., Дейнека А. М., Парпан В. І. та інші. Лісові генетичні ресурси та селекційно-насінницькі об'єкти Львівщини. Івано-Франківськ : Видавничо-дизайнерський відділ ЦІТ, 2006. 312 с.
10. Лось С.А. Рекомендації з питань лісового насінництва. Харків, 2008. 33 с.
11. Нейко І.С., Смашнюк Л.В., Лось С.А., Колчанова О.В., Єлісавенко Ю.А. Динаміка формування генеративних органів дуба звичайного на клоновій плантації в умовах Вінниччини. *Лісівнича наука у контексті сталого розвитку: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.*, 29-30 вер. 2015 р. Харків: УкрНДІЛГА, 2015. С. 160-162.
12. Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання : СОУ 02.02-37-476:2006. Чинний від 01.05.2007. Київ : Мінагрополітики України, 2007. 32 с.

13. Ткач В.П., Лось С.А., Терещенко Л.І., Торосова Л.О., Висоцька Н.Ю., Волосянчук Р.Т. Сучасний стан та перспективи розвитку лісової селекції в Україні. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2013. № 123. С. 3-12.

14. Фурдичко О.І., Нейко І.С. Екологічні чинники формування насінневої продуктивності клонових плантацій дуба звичайного (*Quercus robur* L.) в умовах Правобережного Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 6-14.

15. Юрків З.М., Нейко І.С. Перспективипідвищення продуктивності лісів методами лісової селекції та лісового насінництва. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2017. №6 (2). С. 24-34.

16. Юрків З.М., Блистів В.І., Єлісавенко Ю.А., Скольський І.М., Гула Л.О. Використання об'єктів постійної лісонасінневої бази як основа відтворення лісів в Україні. *Зб. матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції, Ломжа – Малин, 2025; Частина 2*, С.299-309.

17. Юрків З.М., Василевський О.Г. «Напрямки перспективного розвитку клонових лісонасінних плантацій дуба звичайного в умовах ДП «Вінницька ЛНДС» *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Поліські наукові читання 2025»*. Чернігів, 2025. С.215-220

18. Яцик Р.М., Дейнека А.М., Парпан В.І. та ін. Лісові генетичні ресурси та селекційно-насінницькі об'єкти Львівщини. Івано-Франківськ: Вид-во «Плай», 2006. 312 с.

19. Raspopina S., Neyko I., Boiko S. The influence of parent material on the productivity of oak forests in the forest-steppe zone of East path of Ukraine. *Leśne Prace Badawcze (Forest Research Papers)*. 2011. Vol. 72 (2). P. 115-119.

20. Wu, D., Pulkkinen, P., Pappinen, A. , Neyko, I., Zhang G., Di, Heinonen, J., Repo, T. Frost hardiness of Finnish plus tree progenies of Scots pine from seed orchards in Finland and Ukraine. *Eur J Forest Res* 142, 1467-1477 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01606-4>.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 504.064:628.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.42>

УТВОРЕННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ЯК ЧИННИК ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Недільська У.І. – к.с.-г.н., доцент,

завідувач кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

orcid.org/0000-0001-7427-0087

У статті досліджено аспекти утворення і поводження з відходами як одного з ключових чинників формування екологічної безпеки на регіональному рівні в умовах Хмельницької області. Обґрунтовано актуальність проблеми зростання обсягів відходів у контексті інтенсифікації господарської діяльності, урбанізаційних процесів та підвищення рівня споживання ресурсів. Проведено аналіз структури утворення відходів за основними видами діяльності, включаючи промисловість, сільське господарство та житлово-комунальний сектор.

Встановлено, що сучасний стан системи поводження з відходами в регіоні характеризується низкою проблем, серед яких недостатній рівень сортування та перероблення відходів, зношеність матеріально-технічної бази, перевантаженість полігонів твердих побутових відходів та наявність значної кількості несанкціонованих сміттєзвалищ. Проаналізовано екологічні наслідки такого стану, що проявляються у деградації ґрунтового покриву а також погіршенні якості атмосферного повітря. Особливу увагу приділено ризикам для здоров'я населення, пов'язаним із накопиченням небезпечних компонентів у довкіллі. Досліджено регіональні особливості управління відходами та визначено рівень впровадження сучасних підходів поводження з відходами та ресурсоефективності.

У роботі обґрунтовано необхідність комплексного підходу до вирішення проблеми, який передбачає впровадження систем роздільного збирання відходів, розвиток сучасних сортувальних і переробних комплексів, використання інноваційних технологій утилізації та мінімізації утворення відходів. Запропоновано напрями підвищення ефективності регіональної політики у сфері управління відходами, що включають удосконалення організаційно-економічних механізмів, активізацію діяльності та громадськості до екологічних ініціатив.

Отримані результати дослідження мають практичне значення для формування стратегій сталого розвитку регіону, зниження антропогенного навантаження на довкілля та підвищення рівня екологічної безпеки, а також можуть бути використані при розробленні регіональних програм управління відходами.

Ключові слова: відходи, утилізація, екологічна безпека, довкілля.

Nedilska U.I. Waste generation and management as a factor of environmental safety

The article examines the aspects of waste generation and management as one of the key factors in the formation of environmental safety at the regional level in the conditions of the Khmelnytskyi region. The relevance of the problem of increasing waste volumes in the context of the intensification of economic activities, urbanization processes, and the growing level of resource consumption is substantiated. An analysis of the structure of waste generation by the main types of economic activities, including industry, agriculture, and the housing and communal sector, has been carried out.

It has been established that the current state of the waste management system in the region is characterized by a number of problems, including an insufficient level of waste sorting and recycling, deterioration of the material and technical base, overloading of municipal solid waste landfills, and the presence of a significant number of unauthorized dumpsites. The environmental



© Недільська У.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

consequences of this situation have been analyzed, which are manifested in the degradation of soil cover as well as the deterioration of atmospheric air quality. Particular attention is paid to risks to public health associated with the accumulation of hazardous components in the environment. The regional features of waste management have been studied and the level of implementation of modern approaches to waste management and resource efficiency has been determined.

The study substantiates the need for a comprehensive approach to solving this problem, which involves the implementation of separate waste collection systems, the development of modern sorting and recycling complexes, and the use of innovative technologies for waste disposal and minimization of waste generation. Directions for increasing the effectiveness of regional policy in the field of waste management are proposed, including the improvement of organizational and economic mechanisms and the activation of public participation in environmental initiatives.

The results obtained have practical significance for the formation of sustainable regional development strategies, the reduction of anthropogenic pressure on the environment, and the improvement of environmental safety levels. They can also be used in the development of regional waste management programs.

Key words: waste, recycling, environmental safety, environment.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. У сучасних умовах інтенсифікації господарської діяльності, зростання обсягів виробництва та підвищення рівня споживання проблема утворення і накопичення відходів набуває особливої актуальності. Значні обсяги відходів різного походження становлять одну з загроз для навколишнього природного середовища, оскільки їх неконтрольоване накопичення може призводити до деградації екосистем. У цьому контексті ефективне управління процесами утворення та поводження з відходами є забезпечення екологічної безпеки територій.

Проблема відходів тісно пов'язана з формуванням сучасної екологічної політики та реалізацією принципів сталого розвитку, що передбачають раціональне використання природних ресурсів, мінімізацію утворення відходів та впровадження ефективних механізмів їх повторного використання і перероблення. Особливої актуальності проблема поводження з відходами набуває на регіональному рівні, де формуються основні потоки відходів, здійснюється їх збирання, транспортування, утилізація або захоронення. У зв'язку з цим важливого значення набуває комплексний аналіз показників утворення відходів та основних напрямів поводження з ними, що дозволяє оцінити масштаби та структуру потоків відходів, визначити тенденції їх формування та виявити потенційні екологічні загрози.

Проблема відходів в Україні вирізняється особливою масштабністю і значимістю як внаслідок домінування в національній економіці ресурсоемних багатовідхідних технологій, так і через відсутність протягом тривалого часу адекватного реагування на її виклики. Значні масштаби ресурсокористування та енергетично-сировинна спеціалізація національної економіки разом із застарілою технологічною базою і надалі визначають високі показники утворення та нагромадження відходів [1]. Актуальність питань раціонального управління відходами в Україні, зумовлена значними обсягами утворення і накопичення відходів та недосконалою системою управління у цій сфері [2; 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Утворення та поводження з відходами як важливого чинника забезпечення екологічної безпеки територій і накопичення відходів різного походження створює суттєве антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище. У сучасних дослідженнях особливу увагу приділяють аналізу динаміки утворення відходів, удосконаленню системи управління ними, розвитку технологій перероблення.

Проблеми управління відходами різного походження в Україні зросли через повномасштабне вторгнення в Україні російських військ у лютому 2024 року. У переліку відходів звичної класифікації додалися так звані «відходи руйнування» через нагромадження великої кількості зруйнованих інфраструктурних об'єктів різних галузей промисловості та житлових будівель [4].

Полігон є потужним джерелом утворення звалищного газу, який негативно впливає на здоров'я людей та стан довкілля, а також має вагомий внесок у формування змін клімату як джерело парникових газів, у першу чергу метану. Це стало причиною частих пожеж на сміттєзвалищі, гасіння яких вимагає залучення значних ресурсів, зусиль, засобів і часу [5]. Пожежі суттєво впливають на стан прилеглих територій та об'єктів і населення, що проживає неподалік, адже це не просто підвищення температури та хмари диму, а і величезна кількість небезпечних компонентів внаслідок горіння пластмас, гуми, органіки [6].

Під час експлуатації полігону ТПВ, а також протягом тривалого періоду після його закриття, відбувається виділення звалищного газу, утворення фільтрату, змінюються фізико-хімічні властивості гірських порід під тілом полігону, що призводить до збільшення їх фільтраційної здатності та, як наслідок, до забруднення ґрунтових і підземних вод. Тому проникнення небезпечних компонентів проходить ще швидше і може мати як існуючі, так і майбутні негативні наслідки [7].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Питання комплексного аналізу динаміки утворення відходів та оцінювання ефективності системи поводження з ними на регіональному рівні потребують подальшого наукового обґрунтування. Потребує подальшого дослідження питання оцінювання ефективності основних операцій поводження з відходами, зокрема їх утилізації, передачі іншим підприємствам, спалювання та захоронення у спеціалізованих місцях складування.

З метою забезпечення виконання природноохоронних заходів в Хмельницькій області було прийнято Програму охорони довкілля Хмельницької міської територіальної громади на 2021–2025 роки. Ця програма [8] здійснювалася на території цієї адміністративної області, що спрямована на збереження та поліпшення стану навколишнього середовища, збереження унікальних природних особливостей, зменшення техногенних забруднень, раціональне використання природних ресурсів та формування екологічної культури та етики для населення.

Формування цілей статті. Аналіз сучасного стану утворення та поводження з відходами, оцінка їхнього впливу на екологічну безпеку території та визначення напрямів покращення системи управління відходами з урахуванням екологічних ризиків.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Аналіз динаміки утворення відходів є важливим елементом оцінювання антропогенного навантаження на довкілля Хмельницької області та ефективності функціонування системи управління відходами. Статистичні показники у динаміці за 2020–2025 роки, дають змогу проаналізувати тенденції формування основних відходів, визначити їх структурні зміни та оцінити рівень інтенсивності утворення відходів у досліджуваній період в Хмельницькій області.

Отримані результати свідчать про суттєві зміни в обсягах утворення відходів протягом 2020–2025 років, що відображає вплив виробничих та демографічних чинників на формування відходів. Аналіз структури утворення відходів дозволяє виділити основні категорії, як промислові відходи, небезпечні відходи, відходи житлово-комунального господарства та загальну кількість утворених відходів.

Проведений аналіз показав, що обсяги утворення промислових відходів у досліджуваній період характеризувалися значною варіабельністю. У 2020 році їх обсяг становив 34,648 т, що відображав відносно невеликий рівень утворення цієї категорії відходів. У 2021 році спостерігалось різке зменшення показника до 0,067 т, що може бути пов'язано з тимчасовим скороченням виробничої активності підприємств. У 2022 році показник зріс до 4,107 т, що свідчив про поступове відновлення виробничих процесів. Найбільш суттєві зміни відбулися у 2023–2025 роках. Так, у 2023 році обсяг утворення промислових відходів досяг 476635,532 т, а у 2024 році – 637511,269 т. Така тенденція свідчала про різке зростання обсягів відходів виробничого походження.

Особливе значення для оцінки екологічної безпеки має аналіз небезпечних (токсичних) відходів. Ця категорія відходів характеризувалася підвищеним рівнем екологічного ризику через наявність у їх складі токсичних, хімічно активних небезпечних компонентів, здатних спричиняти негативний вплив на довкілля та здоров'я людини. Згідно з результатами дослідження, у 2020 році обсяг утворення небезпечних відходів становив 764,112 т. У 2021 році цей показник дещо зменшився до 619,981 т, що може свідчити про часткове скорочення використання небезпечних матеріалів у виробничих процесах або впровадження більш ефективних технологій поводження з такими відходами. Проте у 2022 році спостерігалось різке зростання обсягу небезпечних відходів до 2391,812 т. Така динаміка може бути зумовлена як збільшенням обсягів виробництва.

Важливою складовою структури відходів є відходи житлово-комунального господарства, які формуються у процесі життєдіяльності населення. До цієї категорії належать тверді побутові відходи, що утворюються у житловому секторі, громадських установах, торговельних об'єктах та сфері послуг. Результати аналізу показали, що у 2020 році обсяг відходів житлово-комунального господарства становив 359,463 тис. т. У 2021 році цей показник незначно зріс до 362,384 тис. т, що свідчив про відносну стабільність процесів утворення побутових відходів. Проте у 2022 році зафіксовано зниження обсягу цієї категорії відходів до 257,5 тис. т. Зменшення показника може бути пов'язане зі зміною рівня споживання або впровадженням елементів роздільного збирання.

В цілому показник загальна кількість утворених відходів, яка відображала сумарний обсяг відходів усіх категорій, що утворюються внаслідок господарської діяльності та життєдіяльності населення. Аналіз цього показника дозволяв оцінити загальний рівень антропогенного навантаження на довкілля. Згідно з отриманими результатами, у 2020 році загальний обсяг утворених відходів становив 500924,9 т. У 2021 році цей показник зріс до 752415,4 т, що свідчив про значне збільшення кількості відходів. Темпи зростання у цей період можуть бути пов'язані з зростанням обсягів виробництва. У 2022 році загальний обсяг відходів досяг 800972,718 т, що підтверджував тенденцію до подальшого збільшення кількості відходів. У 2023 році показник становив 821747,304 т, що демонструє відносну стабілізацію темпів зростання. Водночас у 2024 році відбулося суттєве збільшення обсягів утворення відходів до 1074189,396 т. Таким чином, за досліджуваний період загальна кількість відходів зросла більш ніж удвічі, що свідчить про значне посилення антропогенного навантаження на природне середовище.

Додатковим індикатором оцінки процесів утворення відходів є показник інтенсивності утворення твердих побутових відходів у розрахунку на одну особу. Цей показник дозволяв оцінити рівень ресурсоспоживання населення та ефективність системи поводження з побутовими відходами. У 2020 році показник утворення

твердих побутових відходів на одну особу становив 0,289 т/особу. У 2021 році він незначно зріс до 0,292 т/особу, що свідчив про стабільність рівня утворення побутових відходів. У 2022 році спостерігалось зниження показника до 0,21 т/особу, що може бути пов'язано зі зменшенням споживання. Водночас у 2024 році зафіксовано різке збільшення інтенсивності утворення твердих побутових відходів до 0,87 т/особу. Така динаміка може свідчити про зростання обсягів використання товарів, збільшення використання одноразових матеріалів.

Узагальнюючи результати дослідження, слід зазначити, що протягом 2020–2025 років спостерігалась загальна тенденція до збільшення обсягів утворення відходів, особливо у 2023–2025 роках. Найбільший внесок у формування загального обсягу відходів становлять промислові відходи, обсяги яких аналізують різке зростання у кінці досліджуваного періоду.

Важливою складовою оцінювання екологічної ситуації та ефективності функціонування системи управління відходами є аналіз показників поводження з відходами. Дослідження динаміки основних показників у сфері поводження з відходами дозволяє оцінити ефективність використання ресурсів, рівень утилізації, масштаби накопичення відходів, а також визначити тенденції розвитку інфраструктури управління відходами.

Аналіз основних показників поводження з відходами за даними, що характеризують основні напрями поводження з відходами протягом 2021–2025 років. До таких показників належать обсяги утворення відходів, їх надходження від інших підприємств, використання (утилізація), знешкодження, спалювання, захоронення у спеціалізованих сховищах, передача іншим підприємствам, а також обсяги накопичених відходів на кінець року. Аналіз цих показників дозволяє комплексно оцінити функціонування системи поводження з відходами.

Передусім слід розглянути обсяги утворення відходів, які є екологічним навантаженням на навколишнє природне середовище. Відповідно до наведених даних, у 2021 році загальний обсяг утворених відходів становив 752,415 тис. т. У 2022 році цей показник зріс до 800,973 тис. т, що свідчить про збільшення обсягів господарської діяльності та інтенсифікацію виробничих процесів. У 2023 році спостерігалось певне зменшення обсягів утворення відходів до 619,160 тис. т, що може бути пов'язано зниженням виробничої активності в окремих галузях. Проте вже у 2024 році обсяг утворених відходів знову суттєво збільшився і досяг 898,287 тис. т, що є найбільшим значенням за досліджуваний період. Така динаміка може бути пов'язана з поступовим відновленням виробничої діяльності підприємств.

Важливим аспектом функціонування системи поводження з відходами є надходження відходів від інших підприємств, що відображає міжгалузеві потоки відходів у процесі їх подальшого використання або утилізації. У 2021 році обсяг відходів, одержаних від інших підприємств, становив 555,106 тис. т. У 2022 році цей показник зменшився до 371,037 тис. т, що може свідчити про зниження обсягів вторинного використання відходів. У 2023 році спостерігалось певне зростання цього показника до 404,213 тис. т, а у 2024 році він досяг 450,547 тис. т. Отже, простежується тенденція до збільшення обсягів передачі відходів між підприємствами, що може свідчити про розвиток та розширення практики використання відходів як вторинної сировини.

Аналіз показника використання (утилізації) відходів є важливим чинником ефективності системи ресурсозбереження. У 2021 році обсяг утилізованих відходів становив 316,522 тис. т. У 2022 році цей показник різко знизився до 152,213 тис. т,

що свідчить про суттєве скорочення масштабів використання відходів у виробничих процесах. У 2023 році обсяг утилізованих відходів становив 149,446 тис. т, що підтверджує збереження тенденції до зниження рівня утилізації.

Окрему увагу слід приділити знешкодженню відходів, яке передбачає застосування спеціальних технологічних процесів для зменшення їх небезпечних властивостей. У 2021 році обсяг знешкоджених відходів становив 3,41 тис. т, тоді як у 2022 році цей показник зріс до 8,00 тис. т. У 2023 році обсяг знешкоджених відходів становив лише 0,1 тис. т, що свідчить про різке скорочення використання методів знешкодження. Скорочення обсягів знешкодження відходів може бути пов'язане з переорієнтацією підприємств на інші способи поводження з відходами, зокрема їх передачу іншим суб'єктам господарювання або захоронення у спеціалізованих сховищах.

Важливим напрямом поводження з відходами є спалювання, яке застосовувалося для зменшення їх обсягу. У 2021 році обсяг спалених відходів становив 7,25 тис. т. У 2022 році цей показник зріс до 11,762 тис. т, а у 2023 році – до 17,119 тис. т. У 2024 році обсяг спалювання відходів досяг 78,756 тис. т, що свідчить про суттєве збільшення використання цього методу. Зростання обсягів спалювання може бути пов'язане з розвитком технологій термічного перероблення відходів. Водночас слід враховувати екологічні ризики, пов'язані з утворенням шкідливих викидів у процесі спалювання відходів.

Аналіз показників направлення відходів у сховища організованого складування (поховання) свідчать про значні обсяги їх захоронення. У 2021 році цей показник становив 258,482 тис. т, у 2022 році – 299,085 тис. т. Захоронення відходів залишається одним із найбільш поширених способів поводження з ними, проте цей метод має суттєві екологічні ризики, пов'язані із забрудненням ґрунтів, підземних вод та атмосферного повітря.

Важливим показником функціонування системи поводження з відходами є передача відходів іншим підприємствам. У 2021 році обсяг переданих відходів становив 419,241 тис. т. У 2022 році цей показник дещо зменшився до 382,981 тис. т, однак у 2023 році він зріс до 571,588 тис. т. У 2024 році обсяг переданих відходів досяг 619,864 тис. т. У 2025 році зростання цього показника може свідчити про активізацію співпраці між підприємствами у сфері використання відходів як вторинної сировини.

Окремо слід розглянути показник накопичення відходів у сховищах організованого складування на кінець року, який відображає масштаби їх довготривалого зберігання. Відповідно до наведених даних, у 2022–2025 роках обсяг накопичених відходів становив 9480,145 тис. т. У 2024 році цей показник різко зменшився до 1491,847 тис. т.

Узагальнюючи результати проведеного аналізу, слід зазначити, що система поводження з відходами характеризується складною структурою потоків відходів, які включають утворення, передачу, утилізацію, знешкодження та захоронення. У досліджуваний період спостерігається тенденція до зростання обсягів утворення відходів, а також збільшення масштабів їх передачі іншим підприємствам та спалювання.

Висновки з даного дослідження та перспективи подальшого розвитку. Отримані результати свідчать про необхідність удосконалення системи управління відходами, впровадження сучасних технологій їх перероблення та повторного використання, а також посилення екологічного контролю за процесами утворення та накопичення відходів. Реалізація цих заходів є важливою передумовою зменшення негативного впливу відходів на довкілля та забезпечення сталого розвитку території.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 № 820– р : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text>
2. Погребенник В.Д., Коваль І.І., Джумеля Е.А. Тенденції розвитку методів і систем управління відходами. *Scientific Bulletin of UNFU*, 2019. 29(1), С. 78-82.
3. Сторожук В.М., Мельников О.В., Кшивецький Б.Я., Сомар Г.В., Соколовський І.А., Маєвська О.М. Технології захисту навколишнього середовища. Поводження з відходами: підручн. Київ : Видавничий дім "Професіонал", 2023. 354 с.
4. Сторожук В.М., Кшивецький Б.Я., Маєвська О.М., Ференц О.Б., Соколовський І.А. Виклики сьогодення в управлінні відходами. Екологічна безпека в умовах війни : збірник. тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 21 листопада 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 91-93.
5. Надзвичайні події: м. Хмельницький – рятувальники ліквідували пожежу на полігоні. ГУ ДСНС України у Хмельницька обл. 2016 р. <https://dsns.gov.ua/news/nadzvicaini-podiyi/51332>.
6. Попович В.В., Кучерявий В.П. Вплив продуктів горіння полігонів твердих побутових відходів на організм людини та біоту. *Пожежна безпека*. 2012. № 20. С. 61–65.
7. Корбут М., Сафранов Т., Мальований М. Методичні підходи до оцінки екологічних ризиків від полігонів твердих побутових відходів. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2024. Т. 337, № 3(2). С. 187–196.
8. Програми охорони довкілля Хмельницької міської територіальної громади на 2021-2025 роки. URL : <https://www.khm.gov.ua/uk/content/pro-zatverdzhennya-programyohorony-dovkillya-hmelnyckoyi-miskoyi-terytorialnoyi-gromady-0>.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 504.5:678](045)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.43>

МІКРОПЛАСТИК У ПРІСНОВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ: ДЖЕРЕЛА, РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТА НАСЛІДКИ ДЛЯ ТРОФІЧНИХ ЛАНЦЮГІВ

Шевченко Н.О. – к.е.н.,

доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0001-6722-9326

Парахненко В.Г. – доктор філософії з наук про Землю,

старший викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-4312-6194

Гончарук В.В. – к.пед.н.,

доцент кафедри хімії та екології,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-3977-36123

Мікропластик, як частина глобальної проблеми забруднення довкілля, набуває все більшого значення не лише у морських, а й у прісноводних екосистемах. Цей вид забруднення являє собою частинки пластику розміром менше 5 мм, які можуть мати первинне походження (виготовлені як дрібні гранули для промислового використання або косметичних засобів) або вторинне походження (утворені внаслідок руйнування більших пластикових виробів під впливом фізичних, хімічних та біологічних факторів). Прісноводні водні системи, включаючи річки, озера, ставки та водосховища, виступають не лише як середовище накопичення мікропластику, а й як транспортні шляхи його перенесення у великі водні басейни та моря.

Джерела потрапляння мікропластику у прісноводні екосистеми різноманітні. До них належать стічні води з міських та промислових очисних споруд, змиви з аграрних територій, атмосферне осадження частинок пластику, а також деградація пластикових виробів у прибережних зонах. Особливу увагу дослідників привертає внесок побутового пластику та мікрогранул косметичних засобів, які, проходячи через системи очистки води, потрапляють у річки та озера у значних концентраціях. Крім того, глобальні зміни клімату, збільшення опадів та повеней сприяють інтенсивнішому перенесенню частинок мікропластику з земельних територій у водні екосистеми.

Розповсюдження мікропластику у прісноводних системах залежить від фізико-хімічних характеристик води та самих частинок. Легкі полімери, такі як поліетилен та поліпропілен, часто знаходяться у поверхневому шарі води, тоді як більш щільні полімери, наприклад полівінілхлорид, осідають у донних відкладах. Мікропластик також може взаємодіяти з органічними та неорганічними речовинами у воді, утворюючи конгломерати та змінюючи свою здатність до переміщення. Значним є також вплив гідродинамічних умов річок та озер, які визначають шляхи і швидкість розповсюдження частинок.

Наслідки присутності мікропластику для трофічних ланцюгів прісноводних екосистем є багаторівневими. Частинки можуть бути випадково або активно спожиті різними організмами – від планктону до риб та безхребетних, що призводить до накопичення пластику у тканинах і переміщення його по харчових ланцюгах. Це може спричиняти фізичні пошкодження організмів, зниження їхньої виживаності та репродуктивної здатності,



© Шевченко Н.О., Парахненко В.Г., Гончарук В.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

а також потенційне перенесення адсорбованих на поверхні мікропластику токсичних речовин та органічних забруднювачів. Дослідження показують, що мікропластик може змінювати структуру харчових мереж, впливати на взаємодії хижак–жертва та зменшувати біорізноманіття.

Таким чином, мікропластик у прісноводних екосистемах є серйозною екологічною загрозою, яка потребує системного дослідження джерел, шляхів розповсюдження та довгострокових наслідків для трофічних ланцюгів. Вивчення цього питання є критично важливим для розробки ефективних заходів з моніторингу, зниження забруднення та збереження функціонування водних екосистем, а також для мінімізації ризиків для здоров'я людини, оскільки частинки мікропластику можуть потрапляти у продовольчі ланцюги через споживання риби та інших водних організмів.

Ключові слова: мікропластик, прісноводні екосистеми, джерела забруднення, розповсюдження, трофічні ланцюги, біоаккумуляція, забруднення води, полімери, екологічні наслідки.

Shevchenko N.O., Parakhnenko V.G., Honcharuk V.V. Microplastics in freshwater ecosystems: sources, distribution, and impacts on food chains.

Microplastics, as part of the global problem of environmental pollution, are becoming increasingly significant not only in marine but also in freshwater ecosystems. This type of pollution consists of plastic particles smaller than 5 mm, which may be of primary origin (manufactured as small granules for industrial use or cosmetics) or secondary origin (formed as a result of the breakdown of larger plastic products under the influence of physical, chemical, and biological factors). Freshwater systems, including rivers, lakes, ponds, and reservoirs, serve not only as environments where microplastics accumulate but also as transport routes for their transfer to large water basins and oceans.

The sources of microplastics entering freshwater ecosystems are diverse. These include wastewater from municipal and industrial treatment facilities, runoff from agricultural areas, atmospheric deposition of plastic particles, and the degradation of plastic products in coastal zones. Researchers are particularly interested in the contribution of household plastics and microbeads from cosmetics, which, after passing through water treatment systems, enter rivers and lakes in significant concentrations. In addition, global climate change, increased precipitation, and flooding contribute to the more intensive transport of microplastic particles from land areas into aquatic ecosystems.

The distribution of microplastics in freshwater systems depends on the physical and chemical characteristics of the water and the particles themselves. Light polymers, such as polyethylene and polypropylene, are often found in the surface layer of water; while denser polymers, such as polyvinyl chloride, settle in bottom sediments. Microplastics can also interact with organic and inorganic substances in the water, forming aggregates and altering their mobility. The influence of the hydrodynamic conditions of rivers and lakes, which determine the pathways and speed of particle dispersion, is also significant.

The consequences of microplastic presence for the food webs of freshwater ecosystems are multifaceted. Particles can be accidentally or actively ingested by various organisms—from plankton to fish and invertebrates—leading to the accumulation of plastic in tissues and its transfer through food chains. This can cause physical damage to organisms, reduce their survival and reproductive capacity, and potentially transfer toxic substances and organic pollutants adsorbed onto the surface of microplastics. Studies show that microplastics can alter the structure of food webs, affect predator-prey interactions, and reduce biodiversity.

Thus, microplastics in freshwater ecosystems pose a serious ecological threat that requires systematic research into their sources, pathways of dispersal, and long-term impacts on food webs. Studying this issue is critically important for developing effective measures to monitor, reduce pollution, and preserve the functioning of aquatic ecosystems, as well as for minimizing risks to human health, since microplastic particles can enter food chains through the consumption of fish and other aquatic organisms.

Key words: microplastics, freshwater ecosystems, sources of pollution, distribution, food chains, bioaccumulation, water pollution, polymers, environmental impacts.

Актуальність теми дослідження. Забруднення прісноводних екосистем мікропластиком стало однією з найгостріших екологічних проблем сучасності.

Незважаючи на значну увагу до морських вод, прісноводні системи – річки, озера, ставки та водосховища – є першочерговими середовищами накопичення та трансформації мікропластику. Ці водні об'єкти відіграють ключову роль у забезпеченні питною водою, рибних ресурсів та підтриманні біорізноманіття. У зв'язку з інтенсивним розвитком урбанізації, промисловості та аграрного виробництва значно зростає ризик потрапляння мікропластикових частинок у прісноводні води через стічні води, змиви з ґрунтів та атмосферні опади [1, с. 24].

Мікропластик не лише фізично забруднює середовище, але й активно взаємодіє з організмами на різних рівнях трофічних ланцюгів. Частинки можуть накопичуватися у планктоні, безхребетних та рибі, що веде до біоаккумуляції та потенційного потрапляння токсичних речовин у харчові ланцюги людини. Це створює нові екологічні та санітарні ризики, які ще не повністю досліджені.

Актуальність проблеми також обумовлена глобальними тенденціями: збільшенням виробництва пластику, зміною клімату, підвищенням частоти повеней та інтенсивності опадів, що сприяє більш широкому розповсюдженню мікропластику у природних водоймах. Незважаючи на численні міжнародні дослідження, в Україні та регіонах Східної Європи кількість даних щодо джерел, шляхів розповсюдження та впливу мікропластику на прісноводні трофічні ланцюги залишається обмеженою [2, с. 46].

Отже, дослідження мікропластику у прісноводних екосистемах є надзвичайно актуальним та необхідним для розробки ефективних заходів з моніторингу та зниження забруднення, збереження біорізноманіття та забезпечення безпеки водних ресурсів. Аналіз джерел, розповсюдження та наслідків мікропластику дозволяє не лише оцінити сучасний стан екосистем, але й прогнозувати потенційні ризики для людини та довкілля в умовах подальшого збільшення пластикового забруднення.

Постановка проблеми. Сучасні прісноводні екосистеми все більше зазнають негативного впливу антропогенних чинників, серед яких забруднення мікропластиком набуває особливої актуальності. Частинки мікропластику розміром менше 5 мм потрапляють у водойми з різних джерел: стічних вод міських і промислових очисних споруд, поверхневих стоків сільськогосподарських угідь, деградації пластикових виробів та атмосферних осадів. Ці частинки є стійкими до природних процесів розкладу і здатні довгий час зберігатися у воді, донних відкладах та організмах живих істот [3, с. 87].

Проблема мікропластикового забруднення в прісноводних екосистемах має кілька важливих аспектів. По-перше, це недостатня вивченість джерел та шляхів розповсюдження мікропластику у внутрішніх водних системах. Більшість досліджень зосереджена на морських водоймах, тоді як прісноводні системи є первинними артеріями перенесення частинок до великих водних басейнів. По-друге, мало відомо про вплив мікропластику на трофічні ланцюги, біорізноманіття та продуктивність екосистем, особливо щодо біоаккумуляції та переносу токсичних речовин через харчові мережі.

Складність проблеми також полягає у тому, що мікропластик має здатність взаємодіяти з іншими забруднювачами води та органічною речовиною, утворюючи комплексні частинки, які змінюють фізико-хімічні властивості водойм та підвищують ризики для живих організмів. Ці процеси потребують системного наукового аналізу для визначення рівнів забруднення, джерел надходження та потенційних екологічних наслідків [4, с. 145].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки проблема мікропластику у прісноводних екосистемах привертає зростаючу увагу науковців

у всьому світі. Попередні дослідження сфокусовані на виявленні поширеності мікропластикових частинок у річках, озерах та водосховищах, а також на визначенні основних джерел їх надходження. Наприклад, численні публікації показують, що муніципальні стоки та промислові викиди залишають значний внесок у загальну кількість мікропластику у водних системах, при цьому традиційні очисні споруди не завжди ефективно затримують дрібні частинки пластику.

Дослідження багатьох груп акцентують увагу на роль атмосферного переносу як значущого шляху надходження мікропластику у водойми. Було встановлено, що атмосферні опади можуть містити частинки мікропластику, які випадають на поверхні водних тіл і прилеглі території, що підсилює загальне забруднення у регіонах з високою кількістю населення або інтенсивним транспортним рухом [5, с. 65].

Особлива увага в останніх роботах приділяється фізико-хімічним характеристикам мікропластику та їх впливу на розповсюдження у водному середовищі. Наприклад, відмічено, що легкі полімери (поліетилен, поліпропілен) мають тенденцію до утримання у верхніх шарах води та можуть переміщатися на великі відстані під впливом течій, тоді як щільніші полімери (полівінілхлорид, поліестер) швидше осідають у донних відкладах. Такі властивості безпосередньо впливають на шляхи транспортування мікропластику та його доступність для різних трофічних рівнів організмів.

Окремі дослідження присвячені оцінці впливу мікропластику на організми нижчих трофічних рівнів, таких як зоопланктон і безхребетні. Ці роботи виявили, що навіть низькі концентрації мікропластикових частинок можуть викликати фізіологічний стрес, зменшення фітопланктону та зміну фільтраційної активності у фільтраторів. Одночасно проведені експериментальні дослідження на рибах продемонстрували, що частинки мікропластику здатні накопичуватися у шлунково-кишковому тракті та тканинах, що може призводити до зниження росту, репродуктивної здатності та загальної життєздатності особин [6, с. 245].

У наукових публікаціях останніх років також зростає інтерес до механізмів адсорбції та десорбції токсичних забруднювачів на поверхні мікропластикових частинок. Було встановлено, що мікропластик може виступати як вектор для транспортування різних органічних та неорганічних токсинів, що додатково посилює ризики для водних організмів і, потенційно, для людини через харчові ланцюги [7, с. 177].

Отже, аналіз останніх досліджень підтверджує нагальність подальшого вивчення мікропластику у прісноводних водах, зокрема шляхів його надходження, механізмів розповсюдження та потенційних наслідків для екологічної цілісності і стійкості водних трофічних мереж.

Методика досліджень. Дослідження мікропластику у прісноводних екосистемах передбачає комплексний підхід, який включає визначення джерел надходження частинок, оцінку їх поширеності та концентрацій, а також аналіз впливу на організми різних трофічних рівнів.

Для аналізу були обрані різні типи прісноводних екосистем: річки, озера та водосховища різного антропогенного навантаження. Ділянки відбиралися з урахуванням близькості до потенційних джерел мікропластику – міських стоків, промислових підприємств, аграрних угідь та рекреаційних зон [8, с. 98].

Водні проби відбиралися з поверхневого шару, середньої глибини та донного горизонту з використанням стандартних пробовідбірників. Для аналізу донних відкладів використовували спеціальні корери та шурфи. Кожна проба фіксувалася з позначенням GPS-координат, дати та часу відбору.

Відокремлення мікропластикових частинок проводили методом флотації із застосуванням насичених розчинів солей. Потім проби очищували від органічних залишків за допомогою пероксидного або ферментного розкладу. Морфологічні характеристики частинок визначали під стереомікроскопом, а розмір – шляхом цифрового аналізу зображень [9, с. 211].

Для оцінки концентрацій мікропластику, його поширення та взаємозв'язків із фізико-хімічними параметрами води використовували стандартні статистичні методи: описову статистику, кореляційний аналіз, варіаційний аналіз та багатовимірні методи для визначення закономірностей у розподілі частинок та впливу на біоту.

Застосування такої комплексної методики дозволяє отримати достовірні дані про джерела, поширення та вплив мікропластику у прісноводних екосистемах, що є основою для подальших прогнозів екологічних ризиків та розробки заходів щодо мінімізації забруднення.

Результати досліджень. Проведене дослідження показало, що мікропластик є поширеним компонентом прісноводних екосистем, навіть у водоймах із низьким рівнем антропогенного навантаження. Аналіз проб води та донних відкладах виявив частинки різного розміру, переважно від 0,1 до 5 мм, що належали до різних типів полімерів: поліетилену, поліпропілену, полівінілхлориду та поліестеру. Найвищі концентрації частинок спостерігалися у зонах близько міських стоків та промислових підприємств, що підтверджує їхнє значення як основних джерел надходження мікропластику у водойми. У донних відкладах кількість частинок була на 20–35% вищою, ніж у поверхневих шарах води, що свідчить про тенденцію до осідання більш щільних полімерів [10, с. 145].

Дослідження розповсюдження мікропластику показало, що легкі полімери залишаються у верхньому шарі води та можуть переноситися течіями на великі відстані, тоді як щільні частинки осідають на дно, створюючи локальні зони накопичення. При цьому було встановлено, що мікропластик взаємодіє з органічними речовинами та донним мулом, утворюючи агрегати, які підвищують його доступність для донних безхребетних.

Вплив мікропластику на представників різних трофічних рівнів екосистеми виявився багаторівневим. У зоопланктоні та дрібних безхребетних спостерігалася висока частота потрапляння частинок у травний тракт, що спричиняло зниження фільтраційної активності та зменшення росту особин на 10–15%. У риб середнього трофічного рівня частинки накопичувалися у шлунково-кишковому тракті та частково у печінці, викликаючи порушення обміну речовин та зниження репродуктивної здатності. Експериментальні спостереження свідчили про зниження виживаності риб на 5–12% при високій концентрації мікропластику у воді, що свідчить про його токсичний ефект навіть при відносно низьких рівнях забруднення [11, с. 212].

Крім фізіологічних ефектів, мікропластик впливав і на структуру трофічних ланцюгів. Виявлено, що дрібні частинки сприяли зміні харчової поведінки організмів: риби частіше споживали фітопланктон із включенням частинок пластику, що зменшувало ефективність трансформації енергії у екосистемі. Також спостерігалася біоаккумуляція токсичних органічних забруднювачів на поверхні мікропластикових частинок, що підсилювало їхній негативний вплив на живі організми.

Отримані результати підтверджують, що мікропластик є значущим чинником антропогенного забруднення прісноводних екосистем, здатним впливати на фізіологічні, поведінкові та екологічні процеси у трофічних ланцюгах. Це підкреслює необхідність системного моніторингу мікропластику та розробки стратегій щодо зменшення його надходження у водойми, а також оцінки ризиків для біорізноманіття та здоров'я людини [12, с. 57].



Рис. 1. Концентрація мікропластику у різних ділянках водойми

Графік демонструє розподіл концентрації мікропластику у різних ділянках водойми та відображає чітку тенденцію до її зростання вниз за течією. Найменші значення зафіксовані у верхній течії – близько 120 частинок/м³, що свідчить про відносно низький рівень антропогенного впливу на цій ділянці. У середній течії концентрація зростає приблизно до 250 частинок/м³, що може бути пов'язано з надходженням забруднювачів із прилеглих територій або населених пунктів. У нижній течії показник досягає вже близько 340 частинок/м³, що вказує на накопичення мікропластику в процесі його транспортування водним потоком. Найвищий рівень забруднення спостерігається у зоні стоку – понад 500 частинок/м³, що підтверджує значний вплив скидів стічних вод як основного джерела мікропластику. Загалом графік ілюструє поступове накопичення мікропластикових частинок у водній екосистемі та підкреслює ключову роль антропогенних факторів у формуванні цього забруднення.

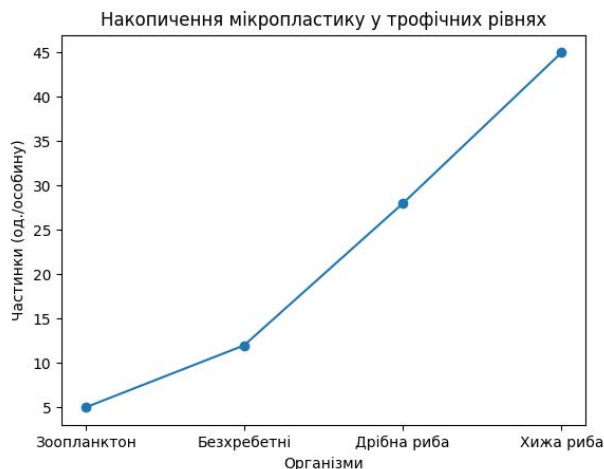


Рис. 2. Накопичення мікропластику у різних трофічних рівнях

Графік ілюструє накопичення мікропластику у різних трофічних рівнях прісноводної екосистеми та демонструє чітку тенденцію до його зростання від нижчих до вищих ланок харчового ланцюга. Найменша кількість частинок спостерігається у зоопланктоні – близько 5 частинок на особину, що пояснюється його положенням на початковому рівні трофічної піраміди. У безхребетних цей показник зростає до приблизно 12 частинок на особину, що свідчить про надходження мікропластику разом із їжею та його поступове накопичення. У дрібної риби концентрація досягає вже близько 28 частинок на особину, що вказує на передачу забруднювача по харчовому ланцюгу. Найвищий рівень накопичення зафіксовано у хижої риби – близько 45 частинок на особину, що є результатом біомагніфікації. Загалом графік підтверджує, що мікропластик здатний передаватися між трофічними рівнями та накопичуватися у вищих організмах, підвищуючи екологічні ризики для всієї екосистеми.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження підтвердило, що мікропластик є поширеним компонентом прісноводних екосистем і має значний вплив на їхню структуру та функціонування. Основні джерела його надходження – це міські та промислові стоки, поверхневі змиви з аграрних територій, деградація побутового пластику та атмосферні опади. Розповсюдження частинок у водоймах визначається фізико-хімічними властивостями полімерів та гідродинамічними умовами водних систем: легкі полімери утримуються у верхніх шарах води та можуть транспортуватися на великі відстані, тоді як щільні частинки осідають у донних відкладах.

Дослідження впливу мікропластику на трофічні ланцюги показало, що частинки накопичуються у різних організмах – від зоопланктону та безхребетних до риб середнього трофічного рівня. Це спричиняє фізіологічний стрес, зниження фільтраційної активності, репродуктивної здатності та виживаності особин. Мікропластик також може виступати вектором переносу токсичних органічних та неорганічних речовин, що підвищує екологічні ризики для водних організмів і людини. Отримані дані свідчать, що забруднення мікропластиком здатне змінювати структуру харчових ланцюгів і впливати на процеси енергетичного потоку у прісноводних екосистемах.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні просторового та тимчасового масштабу моніторингу мікропластику в прісноводних водоймах, включаючи віддалені та слабо урбанізовані регіони.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Білик С. І., Ковальчук О. В. Мікропластик у природних водах: джерела, методи аналізу та оцінювання ризиків: монографія. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. – 328 с.
2. Гуменюк Л. М., Ткачука Н. П. Забруднення прісних водойм та методи їх очищення: навч. посібник. – Київ: ВПЦ «Київський університет», 2019. – 256 с.
3. Демченко В. І., Савченко І. Є. Екологія прісноводних екосистем: підручник. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 402 с.
4. Задорожний Ю. М., Литвиненко В. О. Антропогенні навантаження на водні ресурси України: монографія. – Одеса: ОНУ імені І. І. Мечникова, 2018. – 296 с.
5. Кравченко А. П. Пластик і довкілля: екотоксикологія та безпека: навч. посібник. – Житомир: ЖДУ імені Івана Франка, 2022. – 312 с.
6. Кузьменко Т. В., Соловйов Р. В. Гідрохімія прісних водойм: підручник. – Чернівці: ЧНУ імені Юрія Федьковича, 2017. – 384 с.

7. Мельник О. П., Петренко С. В. Глобальні екологічні проблеми: теорія та практика: монографія. – Київ: НАУ, 2023. – 448 с.
8. Олійник Л. І. Методологія та організація моніторингу якості вод: навч. посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 224 с.
9. Павленко І. М., Дорошенко М. А. Морфологічні та фізико-хімічні методи аналізу забруднювачів вод : практикум. – Полтава: ПНПУ, 2021. – 184 с.
10. Петрик В. Г., Якименко І. В. Токсикологія водних екосистем: підручник. – Тернопіль: ТНТУ, 2020. – 368 с.
11. Савицький Є. М., Федоренко Л. Ю. Біоаккумуляція та екологічні ризики забруднення: монографія. – Херсон : ХДУ, 2022. – 304 с.
12. Шевченко І. О., Романенко Н. С. Методи екологічних досліджень у гідросфері: навч. посібник. – Дніпро : ДНУ, 2018. – 272 с.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 631.432:631.6:628.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.44>

ДИНАМІКА ВОЛОГОСТІ ЯК ІНДИКАТОР СТРУКТУРНИХ ЗМІН ҐРУНТУ ПІСЛЯ ВНЕСЕННЯ ВАПНЯНО-ФЛОКУЛЬОВАНОГО ШЛАМУ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС

Прищеп А.М. – д.с.-г.н.,

професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища
та лісового господарства,

Національний університет водного господарства та природокористування
orcid.org/0000-0001-5096-9088

Ярошук О.В. – аспірант кафедри екології, технології захисту

навколишнього середовища та лісового господарства,

Національний університет водного господарства та природокористування
orcid.org/0000-0002-1145-5049

Внесення вапнякових меліорантів для нейтралізації кислотності ґрунтів є загальнопоширеною практикою. Особливо актуально стоїть питання вапнування дерново-підзолистих ґрунтів Рівненської області, де середньозважений показник кислотності pH_{KCl} коливається від 4,9 до 5,9 одиниць.

Під час пошуку доступних місцевих вапняних меліорантів, був досліджений шлам, що утворився як відходи водопідготовки Рівненської АЕС. В статті підтверджується ефективність застосування вапняного шламу Рівненської АЕС в якості меліоранту кислих ґрунтів. Представлені результати досліджень застосування вапняного шламу переважно були зосереджені на його нейтралізуючій здатності та підвищенні врожайності сільськогосподарських культур внаслідок його внесення.

В статті описані хімічні процеси утворення вапняно-флокульованого шламу під час водопідготовки та його потенційний вплив на вологоутримуючу здатність для дерново-підзолистих ґрунтів.

Представлені результати досліджень кислотності зразків ґрунту та динаміка зміни вмісту вологи в зразках без додавання та після внесення вапняно-флокульованого шламу. Дослідження є актуальним в зв'язку з багаторічним продовженням літнього періоду (до середини вересня) на тлі скорочення тривалості та пом'якшення температурного режиму зим, що посилює випаровування та виснажує запаси ґрунтової вологи.

Доведено, що наявність у складі шламу карбонату кальцію та залишків полімерних ланцюгів поліакриламід (ПАА) сприяє формуванню структури ґрунту, уповільнюють випаровування води та затримують вологу в ґрунті.

Результати підтверджують ефективність використання вапняно-флокульованого шламу Рівненської АЕС, як багатофункціонального ресурсу для хімічної меліорації та структурної стабілізації легких ґрунтів у межах моделі циркулярної економіки та вирішують питання утилізації відходів водопідготовки Рівненської АЕС.

Ключові слова: вологість ґрунту, вапняно-флокульований шлам, відходи, поліакриламід, Рівненська АЕС, pH ґрунту, структурна стабілізація ґрунтів.

Pryshchepa A.M., Yaroshchuk O.V. Moisture dynamics as an indicator of soil structural changes following the application of lime-flocculated sludge from the Rivne NPP

The application of calcareous amendments to neutralize soil acidity is a widely established practice. The issue of liming sod-podzolic soils in the Rivne region is of particular relevance, as the weighted average pH_{KCl} ranges from 4.9 to 5.9 units.



© Прищеп А.М., Ярошук О.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

In the search for available local lime amendments, sludge generated as water treatment waste from the Rivne NPP was investigated. This article confirms the effectiveness of using Rivne NPP lime sludge as a soil amendment for acidic soils. The presented research results on the application of lime sludge have primarily focused on its neutralizing capacity and the subsequent increase in crop yields.

The article describes the chemical processes of lime-flocculated sludge formation during water treatment and its potential impact on the water-holding capacity of sod-podzolic soils.

The study presents results on soil acidity and the moisture content dynamics in samples both without the addition and after the application of lime-flocculated sludge. The research is highly timely due to the long-term trend of prolonged summer periods (extending into mid-September) coupled with shorter and milder winters, which intensifies evaporation and depletes soil moisture reserves.

It has been proven that the presence of calcium carbonate and residual polyacrylamide (PAM) polymer chains in the sludge promotes the formation of a stable soil structure, slows down water evaporation, and enhances moisture retention in the soil.

The results confirm the effectiveness of using lime-flocculated sludge from the Rivne NPP as a multifunctional resource for chemical reclamation and structural stabilization of light-textured soils within the circular economy model, while simultaneously addressing the issue of water treatment waste disposal at the Rivne NPP.

Key words: soil moisture, lime-flocculated sludge, waste, polyacrylamide, Rivne NPP, soil pH, structural soil stabilization.

Актуальність теми дослідження. Проблема родючості ґрунтів залишається надзвичайно актуальною у сучасному землеробстві, особливо на територіях із промивним та періодично промивним типами водного режиму [1, с. 7].

Для сільськогосподарських угідь Рівненської області характерна велика строкатість ґрунтового покриву. У північній частині області найпоширенішими є ґрунти дерново-підзолистого типу ґрунтоутворення різного ступеня оглеєності, які мають низьку природну родючість [2, с. 13].

Порівняно легкий гранулометричний склад їх та значна кількість опадів призводять до вимивання розчинних сполук, тому ці ґрунти містять мало рухомих поживних речовин, гумусу й солей кальцію і магнію [1, с. 9].

В умовах зростаючого антропогенного навантаження відбувається порушення екологічної рівноваги, спостерігається зміна кількісних та якісних показників навколишнього середовища [3, с. 13]. Глобальне потепління клімату є на сьогодні визнаним процесом, який спостерігатиметься й у найближче десятиліття. На Рівненщині протягом останнього десятиріччя середньорічна температура повітря зросла в середньому на 1°C. Тенденцією є те, що останніми роками весняне тепло настає із запізненням, а вересень стає майже літнім місяцем [3, с. 28], що посилює випаровування та виснажує запаси ґрунтової вологи.

В умовах таких гідротермічних змін традиційні підходи до вапнування кислих ґрунтів потребують доповнення функціями структурної стабілізації. Використання вапняно-флокульованого шламу, який утворюється під час водопідготовки Рівненської АЕС, може стати стратегічним заходом цієї адаптації та одночасно вирішить питання його утилізації та буде економічно доцільним заходом в регіоні, особливо в умовах зростання логістичних витрат.

Постановка проблеми. Проблема вапнування традиційно посідає центральне місце в дослідженнях кислих ґрунтів та відтворення їхньої родючості. Науковий пошук тривалий час був зосереджений на встановленні закономірностей післядії різних видів і доз вапнякових меліорантів, а також на оцінці їхнього впливу на фізико-хімічні властивості ґрунтів.

Хімічна меліорація кислих і близьких до нейтральної реакції ґрунтів є основним фактором підвищення врожайності сільськогосподарських культур. У той же час,

систематичне застосування добрив істотно впливає на зміну фізико-хімічних, агрохімічних і мікробіологічних процесів у ґрунті. Ці зміни найбільше проявляються на легких за гранулометричним складом ґрунтах, які характеризуються кислотою реакцією ґрунтового розчину, низьким умістом мулистої фракції і органічної речовини, а у зв'язку з цим мають незначну ємність катіонного обміну [1, с. 7].

Результатами досліджень визначення кислотності ґрунтів Рівненської області у 2024 році, яке проводилось на землях з інтенсивним сільськогосподарським використанням та землях з природньо низькими показниками родючості встановлено, що в останні роки площі з кислими ґрунтами залишаються досить високими. Зростання площ відбувається за рахунок істотного збільшення слабо кислих і середньо кислих ґрунтів [3, с. 118].

Причинами зростання цих площ є техногенне забруднення ґрунтів, використання фізіологічно кислих мінеральних добрив, зменшення внесення органічних добрив, тривале нехтування заходами хімічної меліорації, що в свою чергу сприяє декальцинації ґрунтів, трансформації слабо кислих ґрунтів в середньо і сильно кислі. За матеріалами кислотної зйомки 2024 року станом на 01.01.2025 року проведення хімічної меліорації потребують середньо та сильнокислі ґрунти загальною площею 8250 га сільськогосподарських угідь Рівненської області [3, с. 118].

Дослідженнями Веремеєнко С. І. [4, с. 88-96], Долженчука В. І. [5, с. 11-17; 7, с. 4-6; 26-27], Зінчука М. І. [7, с. 4-6; 26-27], Клименка М. О. [5, с. 11-17], Польового В. М. [6, с. 64-70], Фурмана В. М. [8, с. 244-250], Фурманця А. О. [4, с. 88-96; 9, с. 115-121] та інших доведено, що ситуація з підкисленням ґрунтів набула загрозливого характеру, а також призводить до посилення деградаційних процесів та втрати їхньої екологічної стійкості.

Проведені наукові дослідження спрямовані на пошук комплексного підходу до розв'язання проблеми низької родючості та підвищеної кислотності дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся, зокрема Рівненської області. Автори акцентують увагу на вивченні ефективності місцевих вапнякових добрив та побічних продуктів промисловості, таких як вапняний шлам, як дієвих меліорантів для покращення агрохімічних властивостей супіщаних ґрунтів. Результати робіт обґрунтовують доцільність хімічної меліорації як базового заходу для відтворення потенціалу ґрунтового покриву та підвищення економічної ефективності агровиробництва в регіоні.

Сучасний стан агросфери Рівненської області характеризується поєднанням деградаційних процесів ґрунтового покриву та кліматичних аномалій. Близько 70% орних земель поліської зони області представлені кислими дерново-підзолистими ґрунтами, які через легкий гранулометричний склад мають низьку вологоутримувальну здатність. Зростання середньодобових температур у літній період та пролонгація бездощових періодів призводять до інтенсивного висушування кореневмісного шару. В умовах промивного режиму легкі ґрунти не здатні акумулювати весняні запаси води, що в поєднанні з літньою спекою створює критичний дефіцит доступної вологи для сільськогосподарських культур.

Незважаючи на те, що питанням вапнування кислих ґрунтів багато дослідників приділяли значну увагу, є лише поодинокі дані тривалих польових дослідів про динаміку кислотності вапнованих ґрунтів. Інтенсифікація землеробства без систематичного науково обґрунтованого застосування вапнякових матеріалів прискорює руйнування ґрунту не тільки в умовах надмірного зволоження, але й у районах з періодично промивним водним режимом [1, с. 53].

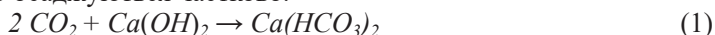
Методика досліджень. У дослідженнях використовували польові та лабораторні методи досліджень.

Дослідження проводили з використанням вапняного шламу виробничого підприємства Рівненська АЕС. Для потреб Рівненської АЕС використовуються води річки Стир, які відносяться до кальцієвої групи, гідрокарбонатного класу з домінуючими катіонами – Ca^{2+} та аніонами – HCO_3^- . Для забезпечення безнакипного режиму водопідготовчого обладнання Рівненської АЕС та попередження утворення карбонатних відкладень проводиться протинакипна підготовка охолоджувальної води, так як наявність щільних карбонатних відкладень на поверхнях теплообмінного обладнання, збільшення тривалості ремонтів і, як наслідок, зниження виробітку електроенергії [10, с. 109].

Відповідно до проекту на Рівненській АЕС функціонують споруди очищення добавленої води (СОДВ) потужністю 8350 м³/год, які забезпечують хімічне очищення та пом'якшення води для потреб циркуляційної системи технічного водозабезпечення АЕС, шляхом попереднього очищення води, а саме вапнуванням та введенням флокулянту.

Вапнування води на Рівненській АЕС проводиться в режимі бікарбонатного освітлення. Через відсутність сорту, що спеціально виготовляється для обробки води, застосовують будівельне вапно негашене (кальцій оксид), другого сорту, якісні показники якого відповідають [13, с. 3-5] та аніонного флокулянту (поліакриламід)[12]. Акриловий полімер використовується лише для обробки промислових вод, полімерний компонент дуже стійкий до біологічного розкладання. Поліакриламід представлений у вигляді дрібнодисперсного порошку або твердих гранульованих часток білого кольору з високим ступенем гігроскопічності, лінійний полімер, добре розчиняється у воді (рис. 1 а, б). Хімічна формула поліакриламід (ПАА) – $(C_3H_5NO)_n$, молекулярна (атомна) маса становить (10 000-20 000 000) аом.

Суть освітлення вапнуванням полягає у видаленні з води бікарбонат-іонів, при цьому відбуваються наступні процеси: зв'язується вуглекислий газ – реакція (1), іони кальцію випадають в осад – реакція (2) [13, с. 70]. Процеси відбуваються з дотриманням карбонатно-бікарбонатного режиму вапнування (рН 9,6–9,8 од.) при якому солі магнію осаджуються частково.



При вапнуванні з застосуванням флокулянту (доза – 0,3÷0,4 г/м³) досягається зниження лужності води (і, як правило, відповідне зниження твердості води і сухого залишку), видалення суспензій і освітлення, зниження вмісту заліза, кремнієвої кислоти і органічних сполук. Основними компонентами ВФШ є річковий мул, грубо-дисперсні домішки, карбонат кальцію (до 97% $CaCO_3$ [5, с. 12]) та полімерні молекули ПАА.

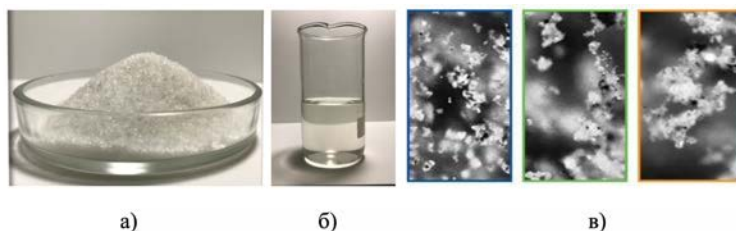


Рис. 1. Фото флокулянту ПАА: а) сухі кристали; б) водний розчин; в) процес флокуляції

Флокулянт прискорює злипання агрегативно нестійких частинок і тим самим інтенсифікують процес утворення пластівців (рис. 2, в). Під час процесу флокуляції вапнованої води мікрофлокули контактують одна з одною в процесі повільного змішування. Зіткнення частинок мікрофлокул призводять до їхнього зчеплення, утворюючи більші, видимі флокули (рис. 2, а, б, в). Розмір флокул продовжує збільшуватися внаслідок додаткових зіткнень та взаємодії з доданими органічними полімерами. Утворюються макрофлокули і як тільки флокула досягне свого оптимального розміру та міцності, вода готова до процесу розділення (осаджування) (рис. 2, г, д).

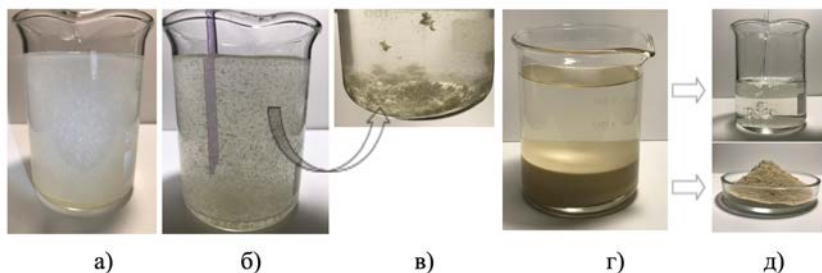


Рис. 2. Фото утворення твердої фази під час вапнування та флокуляції води:

- а) вапнована вода; б) вапновано-флокульована вода; в) макрофлокули;
г) осаджений розчин; д) освітлена вода та вапняно-флокульований шлам

Наявність аніонного флокулянту (поліакриламід) у вапняному шламі сприяє формуванню водотривкої агрегатної структури ґрунту, що перешкоджає його запливанню та ерозії. Завдяки створенню полімерних «містків» між ґрунтовими частками та катіонами кальцію, підвищується капілярна вологосмність легких ґрунтів, що мінімізує дефіцит вологи в посушливі періоди. Це дозволяє не лише нейтралізувати кислотність, а й стабілізувати агрофізичний стан ґрунтового середовища в умовах кліматичних змін.

Деякі дослідження зафіксували збільшення мікробної активності в ґрунтах оброблених ПАА, що пояснюється покращенням аерації та водного режиму ґрунту. Також було встановлено, що ПАА не впливає негативно на розвиток рослин (наприклад, пшениці, кукурудзи, квасолі) та не накопичується в їхніх тканинах [14, с. 124].

З метою вивчення процесів структурної трансформації ґрунту на присадибній ділянці м. Вараш в північній частині Рівненської області (<https://maps.app.goo.gl/NQ3zSoB7NeX9dTEV8>), було внесено вапняно– флокульований шлам Рівненської АЕС.

Дослідження показали, що внесення повної дози CaCO_3 ВФШ зумовило різке зниження рівня кислотності на провапнованій ділянці аж до нейтральних значень (табл. 1). Відбір проб ґрунту виконувалось відповідно до вимог [15]. Вимірювання рН проводилось іономіром «И-160М» за методикою [16].

З дослідної ділянки було відібрано два зразки ґрунту: без добавок та після внесення ВФШ з терміном дії на ґрунт 6 місяців.

Зразки ґрунту розміщувалися в ідентичних контейнерах об'ємом 10 л кожен і зберігалися в умовах сухого закритого приміщення. Протягом періоду дослідження (з 01.03.2026 р. по 19.03.2026 р.) щоденно здійснювався відбір ґрунтових

Таблиця 1

Параметри внесення ВФШ та стан ґрунту

Дата внесення в ґрунт	Доза внесення	Спосіб внесення	Термін дії на ґрунт	рН, од.	
				ґрунт без добавок	ґрунт з ВФШ
01.09.2025	350 г/м ²	розсіювання та перекопування 20-30 см.	6 міс.	5,2	7,2

проб з глибини 25 см для моніторингу динаміки вологості, також проводився контроль температури та відносної вологості в приміщенні.

Визначення вагового вмісту води в ґрунті здійснювалося термогравіметричним методом з використанням електронного аналізатора вологості серії AD (модифікація ADGS). Принцип вимірювання базувався на визначенні динаміки втрати маси зразка в процесі нагрівання його до температури 120 °С. При досягненні постійної маси, ваги-воломіри автоматично розраховували відносну вологість як відношення маси видаленої води до початкової (або сухої) маси наважки. Початкова вологість зразку 1 склала 9,97%, кінцева – 4,47% (рис. 3). Спостерігається динаміка падіння вмісту води, що характерно для деструктурованих піщаних та супіщаних ґрунтів з високою капілярною провідністю та низькою вологоємністю.

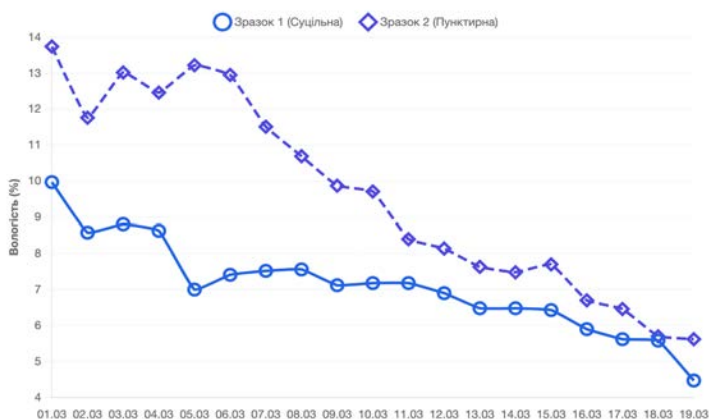


Рис. 3. Динаміка вагового вмісту води в дослідних зразках ґрунту протягом періоду дослідження

Зразок 2, оброблений ВФШ, виявив значно вищу стійкість до десорбції води, початкова вологість зразку 2 склала 13,74%, кінцева – 5,62% (рис. 4). Зразок 2 демонструє тривалішу стабілізацію запасів води в ґрунті, що є надзвичайно важливим для забезпечення рослин доступною водою, у той час як зразок 1 швидше втрачає воду.

Вимірювання температури повітря та відносної вологості в приміщенні здійснювався гігрометром психрометричним «ВИТ-2». Розрахунок відносної вологості в приміщенні обчислювався за різницею показників «сухого» та «звложеного» термометрів (рис. 4).

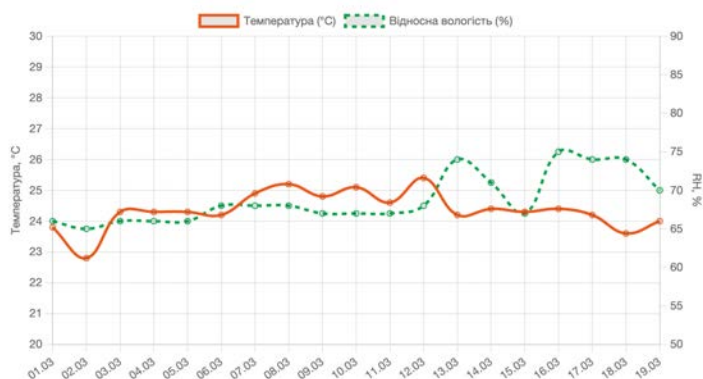


Рис. 4. Динаміка зміни температури та відносної вологості (RH) в приміщенні протягом періоду дослідження

Протягом періоду спостереження (з 01.03.2026 р. по 19.03.2026 р.) діапазон температур складав: від 22,85 °C до 25,45 °C. Середня температура (за «сухим» термометром) в приміщенні склала 24,39 °C. Середнє значення відносної вологості повітря в приміщенні склало 68,3%, що свідчить про помірно сухі умови, що сприяють інтенсивному випаровуванню з поверхні ґрунту.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Вапняно-флокульований шлам це матеріал, що містить сполуки кальцію та залишок аніонного флокулянту (поліакриламід) і виконує роль хімічного меліоранта. Додавання вапняного шламу в поєднанні з ПАА сприяє формуванню водотривкої структури ґрунту. Кальцієві сполуки шламу та полімерні ланцюги ПАА створюють штучні агрегати, які зменшують пряме випаровування та затримують вологу в мезопорах. Наявність поліакриламід (ПАА), як високомолекулярного полімеру, виступає в ролі «структуроутворювача». Він адсорбується на поверхні ґрунтових часток, зв'язуючи їх у водотривкі агрегати. ПАА створює своєрідну сітчасту матрицю, яка фізично утримує молекули води в порах, зменшуючи їх гравітаційний стік та непродуктивне випаровування.

Аналізуючи дослідження вологості ґрунту слід відмітити, що зразок 2 виявився менш вразливим до високої температури «сухого» термометра (24-25°C), що підтверджує зміну потенціалу утримання води під дією внесеного меліоранта і те, що вода стає доступнішою для коріння рослин.

Результати підтверджують ефективність використання відходів водоочищення РАЕС (ВФШ) як меліоранта для поліпшення гідрофізичних властивостей легких ґрунтів Полісся. Використання даної технології відображає здатність меліоранта формувати водотривкі агрегати, які протидіють деградації ґрунту в умовах подовженого літнього сезону. Для ґрунтів із промивним та періодично промивним типом режиму це означає перехід до більш ощадливого використання опадів, що послаблює негативний вплив температурних аномалій на врожайність сільськогосподарських культур.

У цьому контексті використання вапняно-флокульованого шламу (ВФШ) Рівненської АЕС виходить за межі простої хімічної меліорації. Шлам, що утворюється в процесі водопідготовки є унікальним багатофункціональним ресурсом.

Високий вміст сполук кальцію дозволяє ефективно коригувати рН ґрунтового розчину, що є традиційним методом окультурення кислих ґрунтів Рівненщини. Наявність залишку флокулянту у складі шламу ініціює процеси агрегації ґрунтових часток. Це фундаментально змінює їх внутрішню будову перетворюючи "промивний" ґрунт на систему, здатну утримувати капілярну вологу. Використання шламу РАЕС вирішує проблему утилізації промислових відходів енергетичного сектору, перетворюючи їх на цінний агрохімічний меліорант (принцип Circular Economy).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 318 с.
2. Стратегія розвитку Рівненської області на період до 2027 року (нова редакція): НПА № 122 від 28 лютого 2025 р. 147 с.
3. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2024 р. Рівне, 2025. 242 с.
4. Веремєєнко С. І., Фурманець О. А., Піддубняк В. А., Кондратюк М. Ефективність застосування вапнякового шламу в якості меліоранту на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті Західного Полісся України. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки. Рівне, 2018. Вип. 2. С. 88–96. DOI: 10.31713/vs220188.
5. Клименко М. О. та ін. Ефективність місцевих вапнякових добрив в умовах Рівненської області. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки. Рівне : НУВГП, 2014. Вип. 2(66). С. 11–17.
6. Польовий В. М. та ін. Еколого-економічні аспекти вирощування пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) на дерново-підзолистих ґрунтах залежно від удобрення і вапнування. Агроєкологічний журнал. Київ, 2021. № 2. С. 64–70. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2021.234459.
7. Зінчук М. І. та ін. Рекомендації щодо покращення родючості кислих ґрунтів шляхом вапнування, розроблення систем сівозмін, удобрення та захисту рослин. Маневичі, 2015. 30 с.
8. Фурман В. М., Люсак Г. В., Солодка Т. М. Моніторинг агроєкологічного стану ґрунтів Рівненського району Рівненської області. Таврійський науковий вісник. Херсон, 2018. № 103. С. 244–250.
9. Фурманець О. А., Піддубняк В. А. Вплив вапнякового шламу на кислотність дерново-підзолистого супіщаного ґрунту Західного Полісся України. Таврійський науковий вісник. Херсон, 2018. Вип. 104. С. 115–121.
10. Прищепа А. М., Ярошук О. В. Використання відходів водопідготовки (вапняного шламу) Рівненської АЕС у контексті розвитку циркулярної економіки регіону. Національний форум «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології», 24–25 листопада 2022 року, м. Київ. С. 108–110.
11. ДСТУ Б В.2.7-90:2011 Вапно будівельне. Технічні умови. Київ : Мінрегіон України, 2012. 26 с.
12. Закупівля флокулянта. [Електронний ресурс] URL: <https://prozorro.gov.ua/uk/tender/UA-2025-08-19-010281-a>.
13. Kuznietsov P. N., Biedunkova O. O., Yaroshchuk O. V. Experimental study of transformation of carbonate system components cooling water of Rivne Nuclear Power Plant during water treatment by liming. Problems of Atomic Science and Technology. 2023. № 2023(2). P. 69–73. DOI: 10.46813/2023-144-069.

14. Sojka R. E., Bjorneberg D. L., Entry J. A. et al. Polyacrylamide in Agriculture and Environmental Land Management. *Advances in Agronomy*. 2007. Vol. 92. P. 75–162. DOI: 10.1016/S0065-2113(04)92002-0.

15. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.

16. Метрологія. рН-метри та іоніметри лабораторні. Методика повірки: ДСТУ 9021:2020. Київ, 2020. 16 с.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Басмат В.С.	318	Мельник Т. І.	148
Безпрозвана І.В.	34	Мечет А.О.	127, 140, 148
Бондус Р.О.	72	Мокрієнко В.А.	164
Гончарук В.В.	370	Момут В.Я.	221
Дмитренко О.В.	318	Мулярчук О.І.	173
Додурич В.В.	304	М'ялковський Р.О.	173
Івашук В.П.	3	Небаба К.С.	179
Ігнатченко М. В.	148	Невлад В.І.	121
Каленська С.М.	46	Недашківський В.М.	240
Калин Б.М.	221	Недільська У.І.	363
Каратєєва О.І.	200	Нейко І.С.	353
Карашук Г.В.	23	Нейко О.В.	353
Карпенко О.В.	214	Нетіс І.Т.	186
Кирильчук А.М.	34	Ничкалюк Г.В.	34
Кисельов Д.О.	46	Новгородська Н.В.	248
Ковальова С.П.	318	Носенко В.Г.	192
Ковальчук Т.І.	346	Ожован О.О.	312
Когут І.М.	186	Онуфран Л.І.	186
Козіна Т.В.	55	Оріхівський Т.В.	296
Кондрат В.О.	64	Орленко О.Б.	34
Корхова М.М.	64	Осадча Ю.В.	270
Кравченко Н.В.	72	Парахненко В.Г.	370
Крамаренко О.С.	200	Парашук В.В.	173
Крамаренко С.С.	200	Пачва А.Є.	296
Кривенко А.І.	81	Пелих Н.Л.	279
Криворучко Л.М.	94	Пирожок М.А.	286
Кропивка С.Й.	221	Піковський М.Й.	99
Круковський Р.Д.	99	Плахтій Д.П.	173
Кузьменко І.С.	318	Погоріла Л.П.	318
Куликов С.В.	107	Позняковський Ю.В.	240
Куліджанов Е. В.	312	Прищепа А.М.	378
Куриленко Ю.Ф.	240	Рибальченко А.М.	94
Курочка Н.В.	113	Романько Ю.О.	140
Кушнірук Т.М.	304	Сергєєв Л.А.	186
Лавринюк О.О.	346	Смутьська І.В.	113
Луговий С. І.	231	Сороколіт Є.М.	140
Любич В.В.	121	Трохименко В.З.	346
Марковська О.Є.	127	Усов Р.М.	81
Матковська С.І.	346	Франчук І.Б.	296
Матусяк М.В.	353	Фурманець Ю.С.	296
Мельник А.В.	140	Хабінець І.І.	248

Хірівський П.Р.	221	Hroshev Ya.A.	330
Хоменко Т.М.	113	Karachun V.L.	11
Цап С.В.	240	Lebedynskyi I.V.	11
Червона В.О.	140	Markov F.F.	330
Червоний Я.М.	140	Melnychenko V.M.	157
Шевченко Н.О.	370	Olshanskyi A.I.	257
Шевченко П.В.	231	Olshanskyi O.I.	264
Юрків З.М.	353	Pitsil A.O.	330
Ярошук О.В.	378	Zymaroieva A.A.	330
Galaguria A.O.	11	Zymaroiev O.O.	330

ЗМІСТ

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО	3
Івашук В.П. Економічна ефективність вирощування кукурудзи за різних систем мінерального живлення та стимуляторів росту	3
Karachun V.L., Galaguria A.O., Lebedynskyi I.V. Selection by yield potential and economic efficiency of parthenocarpic cucumber hybrids for growing in winter greenhouses	11
Карашук Г.В. Урожайність зерна пшениці озимої твердої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах природного зволоження Південного Степу України.....	23
Кирильчук А.М., Безпрозвана І.В., Орленко О.Б. Екологічна пластичність і стабільність соняшнику однорічного в різних ґрунтово-кліматичних умовах України.....	34
Кисельов Д.О., Каленська С.М. Вплив строків основного обробітку ґрунту на водно-фізичні властивості та фітосанітарний статус агроценозів цукрового буряка в короткоротаційних сівозмінах.....	46
Козіна Т.В. Вплив агротехнічних факторів на розвиток листової поверхні озимого ріпаку при вирощуванні на зелену масу в умовах Західного Лісостепу	55
Корхова М.М., Кондрат В.О. Урожайність сортів пшениці озимої залежно від норм висіву насіння та фону живлення за <i>no-till</i> технології	64
Кравченко Н.В., Бондус Р.О. Фізіолого-біохімічна оцінка жаро- та посухостійкості сортів картоплі в умовах абіотичного стресу	72
Кривенко А.І., Усов Р.М. Обґрунтування ефективності заходів захисту гороху проти сисних шкідників в умовах Лісостепу України	81
Криворучко Л.М., Рибальченко А.М. Оцінка морфотипів гороху посівного	94
Круковський Р.Д., Піковський М.Й. Видове різноманіття та поширення грибів роду <i>Diaporthe</i> Nitschke – збудників хвороб сої.....	99
Куликов С.В. Поширення грибних хвороб кукурудзи цукрової	107
Курочка Н.В., Смульська І.В., Хоменко Т.М. Характеристика господарських та морфологічних властивостей нових сортів горошку посівного ярого (<i>Vicia sativa</i> L.) за результатами кваліфікаційної експертизи у 2025 році	113
Любич В.В. Елементи продуктивності соняшнику залежно від удобрення.....	121
Марковська О.Є., Мечет А.О. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від гербіцидного захисту та обробітку ґрунту в умовах Північного Степу України	127
Мельник А.В., Червона В.О., Червоний Я.М., Сороколіт Є.М., Романько Ю.О. Економічне обґрунтування передпосівного комплексу заходів при вирощуванні нуту в Лівобережному Лісостепу України	140
Мельник Т. І., Ігнатченко М. В. Морфометрична оцінка стану багаторічної плантації <i>Miscanthus</i> × <i>giganteus</i> у Північно-Східному Лісостепу України	148
Melnychenko V.M. Post-war soil restoration in Ukraine: prospects and challenges	157
Мокрієнко В.А. Особливості настання фенологічних фаз кукурудзи в моно- та бінарних посівах	164
Мулярчук О.І., М'ялковський Р.О., Плахтій Д.П., Паращук В.В. Формування якісних показників зерна кукурудзи залежно від азотно-мікроелементного живлення в умовах Західного Лісостепу України.....	173

Небаба К.С. Формування якісних показників зерна гороху залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України 179

Нетіс І.Т., Сергєєв Л.А., Когут І.М., Онуфран Л.І. Вплив характеру весни на виробництво зерна пшениці озимої в Одеській області..... 186

Носенко В.Г. Індекс листкової поверхні та фотосинтетичний потенціал посівів міскантусу гігантського залежно від системи удобрення та підживлення гуматом калію в умовах Лісостепу України 192

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ.....200

Каратєєва О.І., Крамаренко О.С., Крамаренко С.С. Використання багатовимірних методів аналізу для міжпородної диференції молочної худоби на підставі масо-метричних ознак 200

Карпенко О.В. Гусівництво, як один з резервів відновлення малого бізнесу в південному регіоні України..... 214

Кропивка С.Й., Калин Б.М., Хірівський П.Р., Момут В.Я. Вплив кліматичних змін на врожайність зернових культур Львівщини 221

Луговий С. І., Шевченко П.В. Зв'язок тривалості поросності із відтворювальними якостями свиноматок 231

Недашківський В.М., Позняковський Ю.В., Куриленко Ю.Ф., Цап С.В. Прецизійне живлення в свинарстві та птахівництві: сучасні технології, виклики та перспективи сталого виробництва 240

Новгородська Н.В., Хабінець І.І. Вплив згодовування селенометіоніну у складі комбікормів на забійні показники та м'ясну продуктивність курчат-бройлерів 248

Olshanskyi A.I. Apitherapeutic Pyramid (Ukrainian Patent No. UA 160916, Author: Anatolii Olshanskyi): Integration of Honeybee Colonies Into Wellness Apitechnologies and Implementation Within the American Programs "Hives for Heroes" And "Honeybee Programs"..... 257

Olshanskyi O.I. Innovative Multifunctional Cage for Rearing, Introducing, and Transporting Queen Bees (Ukrainian Patent No. UA 160776, Author: Oleksandr Olshanskyi): A Technological Breakthrough in Commercial Queen Breeding and Industrial Beekeeping with Practical Implementation in the United States..... 264

Осадча Ю.В. Мультифакторний характер процесу фізіологічного старіння у собак: роль водного гомеостазу..... 270

Пелих Н.Л. Оцінка росту ремонтних свинок різних генотипів..... 279

Пирожок М.А. Вплив віку першого осіменіння на подальшу лактаційну діяльність корів в умовах інтенсивних технологій..... 286

Пачва А.Є., Оріхівський Т.В., Фурманець Ю.С., Франчук І.Б. Розведення та селекція тварин за показниками молочної продуктивності, відтворної здатності та тривалості продуктивного використання корів молочних порід 296

МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ 304

Кушнірук Т.М., Додуріч В.В. Використання цифрових моделей рельєфу для кількісного оцінювання ерозії фотограмметричними засобами на прикладі Поділля..... 304

Ожован О.О., Куліджанов Е. В. Особливості кислотно-лужного режиму та фосфорного стану ґрунтів Одеської області..... 312

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА	318
Кузьменко І.С., Дмитренко О.В., Ковальова С.П., Басмат В.С., Погоріла Л.П. Грунтово-геоморфологічні умови формування та збереження зміїних валів земляних споруд типу змієвих валів як об'єкта культурної та природної спадщини України.....	318
Markov F.F., Zymaroieva A.A., Pitsil A.O., Hroshev Ya.A., Zymarioiev O.O. Ecological quality of school green spaces: a case study from Zhytomyr City (northern Ukraine) ...	330
Матковська С.І., Лавринюк О.О., Ковальчук Т.І., Трохименко В.З. Сучасний стан та перспективи розвитку ринку декоративної аквакультури в Україні та Європейському Союзі	346
Матусяк М.В., Нейко І.С., Нейко О.В., Юрків З.М. Вплив інтенсивності зрідження клонових плантацій дуба звичайного (<i>Quercus robur</i> L.) на плодоношення в умовах Вінниччини	353
Недільська У.І. Утворення та поводження з відходами як чинник екологічної безпеки	363
Шевченко Н.О., Парахненко В.Г., Гончарук В.В. Мікропластик у прісноводних екосистемах: джерела, розповсюдження та наслідки для трофічних ланцюгів.....	370
Прищепя А.М., Ярошук О.В. Динаміка вологості як індикатор структурних змін грунту після внесення вапняно-флокульованого шламу Рівненської АЕС	378

CONTENTS

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING.....	3
Ivashchuk V.P. Economic efficiency of maize cultivation under different mineral nutrition systems and growth stimulants	4
Karachun V.L., Galaguria A.O., Lebedynskyi I.V. Selection by yield potential and economic efficiency of parthenocarpic cucumber hybrids for growing in winter greenhouses	12
Karashchuk G.V. Grain yield of winter durum wheat depending on cultivation practices under natural moisture conditions of the Southern Steppe of Ukraine.....	23
Kyrylchuk A.M., Nychkalyuk H.V., Bezprozvana I.V., Orlenko O.B. Ecological plasticity and stability of annual sunflower in different soil and climatic conditions of Ukraine	35
Kyselov D.O., Kalenska S.M. Tillage timing effects on soil physical properties, water regime, and phytosanitary status in sugar beet short-rotation systems.....	47
Kozina T.V. Influence of agrotechnical factors on the development of leaf area of winter rapeseed for green biomass production in the conditions of the Western Forest-Steppe ..	55
Korkhova M.M., Kondrat V.O. Yield of winter wheat varieties depending on seed sowing rates and nutrient background using NO-TILL technology	64
Kravchenko N.V., Bondus R.O., Chetveryk B.M. Physiological and biochemical assessment of heat and drought resistance of potato varieties under abiotic stress conditions	72
Kryvenko A.I., Usov R.M. Substantiation of the effectiveness of pea protection measures against sucking pests in the conditions of the forest-steppe of Ukraine	82
Kryvoruchko L.M., Rybalchenko A.M. Evaluation of peas morphotypes	94
Krukovskyi R.D., Pikovskyi M.Y. Species diversity and distribution of fungi of the genus <i>Diaporthe</i> Nitschke – pathogens of soybean diseases	99
Kulykov S.V. Spread of fungal diseases of sweet corn.....	107
Kurochka N.V., Smulskaya I.V., Khomenko T.M. Characteristics of economic and morphological properties of spring peas (<i>Vicia sativa</i> L.) according to the results of the qualification examination in 2025	114
Liubych V.V., Nevlad V.I. Elements of sunflower productivity depending on fertilizer	122
Markovska O.Ye., Mechet A.O. Yield of maize hybrids as affected by herbicide protection systems and tillage in Southern Ukraine	127
Melnyk A.V., Chervona V.O., Chervonyi Ya.M., Sorokolit Ye.M., Romanko Yu.O. Economic Justification of a Pre-sowing Complex of Measures for Chickpea Cultivation in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	141
Melnyk T. Iv., Ignatchenko M. V. Morphometric Assessment of the State of a Perennial Plantation of <i>Miscanthus × giganteus</i> in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine... ..	149
Melnychenko V.M. Post-war soil restoration in Ukraine: prospects and challenges	157
Mokrienko V.A. Features of the onset of phenological phases of corn in mono- and binary crops	164
Muliarchuk O.I., Myalkovsky R.O., Plahtiy D.P., Parashchuk V.V. Formation of qualitative indicators of corn grain depending on nitrogen and microelement nutrition in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine	174

Nebaba K.S. Formation of quality indicators of pea grain depending on cultivation technology elements under the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine ... 179

Netis I.T., Serhieiev L.A., Kohut I.M., Onufra L.I. The impact of the nature of spring on the production of winter wheat in Odessa region 187

Nosenko V.G. Leaf area index and photosynthetic potential of miscanthus $\times$ giganteus depending on fertilization system and potassium humate foliar application in the Forest-Steppe of Ukraine 193

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS 200

Karatieieva O.I., Kramarenko O.S., Kramarenko S.S. Use of multivariate analysis methods for interbreed differentiation of dairy cattle based on body weight and metric traits 201

Karpenko O.V. Goose farming as one of the reserves for the restoration of small business in the southern region of Ukraine 214

Kropyvka S.Y., Kalyn B.M., Khirivskiy P.R., Momut V.Ya. Impact of climate change on the yield of cereal crops in the Lviv region 222

Luhovy S.I., Shevchenko P.V. Relationship between gestation length and reproductive performance of sows 231

Nedashkivskiy V.M., Pozniakovskiy Yu.V., Kurylenko Yu.F., Tsap S.V. Precision nutrition in pig and poultry production: modern technologies, challenges, and sustainable production perspectives 241

Novgorodska N.V., Khabinets I.I. Influence of adding selenomethionine in compound feed on slaughter performance and meat productivity of broiler chickens 248

Olshanskyi A.I. Apitherapeutic Pyramid (Ukrainian Patent No. UA 160916, Author: Anatolii Olshanskyi): Integration of Honeybee Colonies Into Wellness Apitechnologies and Implementation Within the American Programs "Hives for Heroes" And "Honeybee Programs" 257

Olshanskyi O.I. Innovative Multifunctional Cage for Rearing, Introducing, and Transporting Queen Bees (Ukrainian Patent No. UA 160776, Author: Oleksandr Olshanskyi): A Technological Breakthrough in Commercial Queen Breeding and Industrial Beekeeping with Practical Implementation in the United States 264

Osadcha Yu.V. Multifactorial Nature of the Physiological Aging Process in Dogs: The Role of Water Homeostasis 270

Pelikh N.L. Assessment of the growth of repair pigs of different genotypes 279

Pyrozok M.A. Influence of the age at first insemination on the subsequent lactation performance of cows under intensive production technologies 286

Pachva A.Ye., Orikhivskiy T.V., Furmanets Y.S., Franchuk I.B. Animal breeding and selection based on milk productivity, reproductive capacity, and the duration of productive use of dairy cows 297

MELIORATION AND SOIL FERTILITY 304

Kushniruk T.M., Dodurych V.V. Use of digital relieve models for quantitative assessment of erosion using photogrammetric means on the example of Podillia 305

Ozhovan O.O., Kulidjanov E.V. Features of the acid-alkaline regime and phosphorus state of soils in the Odessa region 312

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE 318**Kuzmenko I.S., Dmytrenko O.V., Kovalyova S.P., Basmat V.S., Pogorila L.P.**

Soil-geomorphological conditions for the formation and preservation of eathern structure of Zmiievi Valy type as an object of cultural and natural heritage of Ukraine 319

Markov F.F., Zymaroieva A.A., Pitsil A.O., Hroshev Ya.A., Zymaroiev O.O. Ecological quality of school green spaces: a case study from Zhytomyr City (northern Ukraine) ...331**Matkovska S.I., Lavryniuk O.O., Kovalchuk T.I., Trokhymenko V.Z.** Current status and prospects for the development of the ornamental aquaculture market in Ukraine and the European Union.....347**Matusyak M.V., Neyko I.S., Neyko O.V., Yurkiv Z.M.** The effect of the intensity of thinning of clonal plantations of common oak (*Quercus robur* L.) on fruit bearing in the conditions of Vinnytsia region 354**Nedilska U.I.** Waste generation and management as a factor of environmental safety ..363**Shevchenko N.O., Parakhnenko V.G., Honcharuk V.V.** Microplastics in freshwater ecosystems: sources, distribution, and impacts on food chains. 371**Pryshchepa A.M., Yaroshchuk O.V.** Moisture dynamics as an indicator of soil structural changes following the application of lime-flocculated sludge from the Rivne NPP 378

НОТАТКИ

Таврійський науковий вісник

Випуск 148

Частина 2

Серія: Сільськогосподарські науки

Дата розміщення онлайн – 22.05.2026 р.
Дата друку – 25.05.2026 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 40,03. Зам. № 0626/589

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглєзі, 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.