

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 149
Частина 1**



Видавничий дім
«Гельветика»
2026

Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2026. Вип. 149. Ч. 1. 402 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 No 2933 від 24.10.2024 року. Ідентифікатор медіа R30-05566.

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

Мова видання: українська, англійська, німецька, польська.

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

Головний редактор:

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

Члени редакційної колегії:

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

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

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

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

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

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

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

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

Славка Христова Калапчісва – 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-Вроньска – Ph.D (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

UDC 633.12:633.171:631.5:551.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.1>

INFLUENCE OF AGROCLIMATIC FACTORS AND ADAPTIVE TECHNOLOGIES ON THE PRODUCTIVITY OF BUCKWHEAT AND MILLET IN THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE

Averchev O.V. – Doctor of Agricultural Sciences,
Head of the Department of Crop Production,
Professor at the Department of Crop Production,
Kherson State Agrarian and Economic University
orcid.org/0000-0002-8333-2419

Nikitenko M.P. – PhD in Agronomy,
Acting Associate Professor at the Department of Crop Production,
Kherson State Agrarian and Economic University
orcid.org/0000-0001-7453-6682

*The study investigates the patterns of yield formation in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and millet (*Panicum miliaceum* L.) in the Southern Steppe of Ukraine under the influence of agroclimatic factors and adaptive cultivation technologies. Particular attention is given to the analysis of the interaction between temperature regimes and soil moisture during critical growth stages, including flowering and grain filling, and their impact on crop productivity and grain quality. It was established that buckwheat exhibits high sensitivity to temperature fluctuations and uneven precipitation distribution, resulting in reduced fruit set and grain weight. In contrast, millet demonstrates greater stress tolerance, more efficient water utilization, and the ability to maintain stable yields under drought conditions, making it a promising crop for adaptive farming systems in the Southern Steppe.*

The study systematically examines the effects of agronomic practices on crop yield stability, including optimization of sowing dates, selection of stress-tolerant varieties, balanced mineral fertilization, soil management for moisture conservation, and monitoring of hydrothermal coefficients throughout the growing season. It was shown that the integrated application of these adaptive measures reduces the risk of yield losses during critical growth phases, maximizes the realization of potential productivity, and enhances the stability of cereal crop yields under variable climatic conditions.



© Averchev O.V., Nikitenko M.P., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Special attention was given to the evaluation of modern buckwheat varieties ("Dikul", "Devyatka", "Antaria") and millet varieties (Denwiske, "Kharkiv 31", "Bila Altanka") in terms of their ecological plasticity and adaptability within cropping systems. The results indicate that the combination of varietal selection and adaptive agronomic practices is a key factor in improving yield stability, optimizing resource use, and maintaining agroecosystem sustainability in the drought-prone Southern Steppe of Ukraine.

The findings of this research provide a scientific and methodological basis for the practical implementation of adaptive cultivation technologies, increasing crop resilience to abiotic stresses, enhancing resource efficiency, and supporting regional food security.

Key words: buckwheat, millet, crop productivity, adaptive practices, stress tolerance, Southern Steppe, yield, cultivars.

Аверчев О.В., Нікітенко М.П. Вплив агрокліматичних факторів та адаптивних технологій на продуктивність гречки та проса в умовах Південного Степу України

У статті досліджено закономірності формування продуктивності гречки (*Fagopyrum esculentum* Moench) та проса (*Panicum miliaceum* L.) у Південному Степу України під впливом агрокліматичних факторів та адаптивних технологічних заходів. Особлива увага приділена аналізу взаємодії температурного режиму та вологозабезпечення у критичні фази розвитку рослин, зокрема цвітіння та наливу зерна, та їхньому впливу на формування урожайності та якості продукції. Встановлено, що гречка характеризується високою чутливістю до температурних коливань і нерівномірного розподілу опадів, що проявляється у зниженні кількості зав'язі та маси зерна. Просо відзначається більшою стресостійкістю, здатністю ефективніше використовувати доступну вологу та підтримувати продуктивність у посушливі роки, що робить його перспективною культурою для адаптивних систем землеробства в умовах Південного Степу.

У роботі систематизовано вплив агротехнологічних заходів на стабільність продуктивності культур. Зокрема, досліджено ефективність оптимізації строків сівби, підбору сортів із підвищеною стресостійкістю, застосування збалансованого мінерального живлення, обробітку ґрунту для збереження вологи, а також моніторингу гідротермічного коефіцієнта впродовж вегетації. Показано, що комплексне використання цих адаптивних заходів дозволяє знизити ризики зменшення врожайності у критичні фази розвитку, забезпечити реалізацію потенційного продуктивного ресурсу рослин і підвищити стабільність урожайності круп'яних культур у змінних кліматичних умовах.

Особливу увагу приділено оцінці сучасних сортів гречки («Диколь», «Дев'ятка», «Антарія») та проса (Денвіське, «Харківське 31», «Біла Альтанка») щодо їх здатності забезпечувати екологічну пластичність і адаптивність систем вирощування. Встановлено, що поєднання селекційного добору сортів із адаптивними технологічними заходами є ключовим чинником підвищення стабільності продуктивності, ефективного використання природних ресурсів та збереження агроєкосистем у посушливих умовах Південного Степу України.

Результати дослідження можуть слугувати науково-методичною основою для практичного впровадження адаптивних технологій у виробництво круп'яних культур, підвищення їх стійкості до абіотичних стресів, оптимізації використання природних ресурсів та забезпечення продовольчої безпеки регіону.

Ключові слова: гречка, просо, продуктивність культур, адаптивні заходи, стресостійкість, Південний Степ, врожайність, сорти.

Problem Statement. In the context of ongoing climate change and the increasing incidence of extreme weather events, ensuring the stable productivity of agricultural crops has become a matter of strategic importance for food security. This issue is particularly critical for cereal crops, which represent a fundamental component of human nutrition and hold substantial potential within adaptive agricultural systems.

Crop yield formation is a complex, multifactorial process shaped by the interaction of abiotic factors (temperature, water availability, solar radiation), biotic factors, and anthropogenic influences. Even minor deviations of environmental conditions from optimal levels during critical growth stages can result in significant reductions in yield. Specifically, it has been demonstrated that elevated temperatures and water deficits

during the flowering and grain-filling phases can markedly limit the realization of a crop's productive potential.

In the Southern Steppe of Ukraine, this challenge is further complicated by the region's highly continental climate, uneven precipitation distribution, and frequent occurrences of both atmospheric and soil drought. Under these conditions, identifying the key determinants of cereal crop productivity and quantifying their relative contribution to yield formation is of particular importance.

Accordingly, there is a need for a comprehensive analysis of the effects of agroclimatic and agronomic factors on cereal crop productivity, aimed at substantiating adaptive cultivation strategies.

Review of Recent Studies and Publications. Recent scientific research indicates that the productivity of cereals and other small-grain crops is determined by a complex interplay of factors, among which meteorological conditions, agronomic practices, and the genetic characteristics of cultivars play a leading role.

A substantial body of literature has focused on assessing the impact of climatic factors on crop performance. It has been established that air temperature, duration of solar radiation, and moisture regime govern the intensity of photosynthetic processes, the development of generative organs, and grain filling. Specifically, for buckwheat, it has been shown that solar radiation and precipitation directly influence the number of grains per plant, whereas low temperatures and abrupt fluctuations in temperature regime reduce overall productivity [4].

For millet-type crops, the influence of meteorological factors varies depending on water availability. Under conditions of adequate soil moisture, photoperiod duration emerges as the determining factor, while under water stress, the amplitude of daily temperatures and thermal regime gain increased significance [1]. These findings underscore the necessity of a differentiated approach to evaluating yield determinants based on specific growing conditions.

In addition to climatic factors, agronomic elements play a crucial role. Studies demonstrate that the level of mineral nutrition, particularly nitrogen, and the irrigation regime significantly affect buckwheat productivity by enhancing photosynthetic activity and delaying plant senescence [5,6].

In the context of global climate change, it has been observed that rising temperatures generally tend to reduce the yields of most crops, including cereals, due to a shortened growing season and intensified water stress [2].

At the same time, certain crops, such as millet, exhibit relatively high tolerance to drought and elevated temperatures, which is considered an important adaptive advantage [3].

Overall, contemporary research highlights the multifactorial nature of cereal crop yield formation and confirms the critical role of climatic conditions in combination with agronomic practices. However, existing scientific data are often fragmented and do not fully account for regional specificity, indicating the need for further investigation in this area [10,11].

Unresolved Research Gaps. Despite a substantial body of research dedicated to the formation of cereal crop yields, several critical aspects remain insufficiently studied and require further scientific substantiation. In particular, the following issues warrant clarification:

- The characteristics of realizing the bioclimatic potential of the growing season for cereal crops under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine;

- The influence not only of total precipitation but also of its intra-seasonal distribution on the productivity of buckwheat and millet;
- General patterns of interaction between temperature regime and water availability during critical periods of plant growth and development;
- The role of agronomic factors in mitigating the negative effects of climatic stress;
- The development of adaptive cultivation approaches for cereal crops in the context of contemporary climate change.

Existing scientific data are often fragmented and do not provide a comprehensive understanding of the interactions among the main determinants of productivity, highlighting the need for further research in this area.

The objective of this study is to identify the patterns of buckwheat and millet productivity in relation to agroclimatic factors in the Southern Steppe of Ukraine and to substantiate adaptive approaches for their cultivation.

Presentation of the Main Material. The productivity of cereal crops in the Southern Steppe of Ukraine is determined by the combined influence of agroclimatic and agronomic factors, among which thermal resources, water availability, their interaction during critical growth stages, and adaptive cultivation practices play a leading role.

The region's climate is characterized by abundant thermal resources, enabling the accumulation of high sums of active temperatures throughout the growing season. This creates favorable conditions for the growth and development of thermophilic crops, particularly millet and buckwheat. At the same time, the uneven distribution of temperature and frequent occurrences of extreme heat pose risks to the realization of the crops' productive potential, as illustrated in Figure 1.

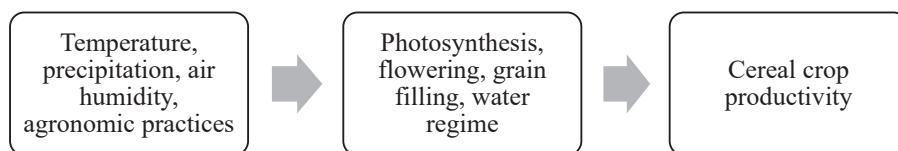


Fig. 1. Schematic representation of the influence of agroclimatic factors on cereal crop productivity.

The **temperature regime** is one of the key determinants of yield formation. For millet, as a thermophilic crop, elevated temperatures within optimal ranges promote the intensification of growth processes and the accumulation of yield. In contrast, the impact of temperature on buckwheat is more complex: temperatures above 28–30 °C, particularly during flowering, suppress pollination and reduce grain set. Consequently, temperature stress is particularly critical for buckwheat, explaining its lower yield stability compared to millet, as shown in Table 1.

Water availability is a limiting factor in most years for crop cultivation in the Southern Steppe. Research indicates that not only the total amount of precipitation but also its distribution throughout the growing season is of primary importance. The greatest sensitivity to moisture deficit occurs during flowering and grain-filling stages, when the majority of yield is formed. Insufficient moisture during this period leads to reduced photosynthetic intensity, accelerated plant senescence, and the development of poorly filled grains.

The analysis of the relationships between crop yield and meteorological indicators reveals the presence of strong correlations. Buckwheat exhibits high sensitivity to temperature (negative correlation) and to relative air humidity (positive correlation),

indicating its strong dependence on favorable moisture conditions. In contrast, for millet, thermal resources constitute the determining factor, while the crop shows lower sensitivity to fluctuations in water availability. This confirms the higher adaptive capacity of millet under drought-prone conditions, as illustrated in Figure 2.

Table 1
Influence of agroclimatic factors on the productivity of buckwheat and millet

Crop	Critical phase	Critical conditions	Δ Yield (%)	Correlation coefficient (r)
Temperature				
Buckwheat	Flowering, grain filling	$>30^{\circ}\text{C}$	-12...-18	-0.76
Millet	Tillering – stem elongation	$20\text{--}28^{\circ}\text{C}$	+5...+8	-0.52
Precipitation				
Buckwheat	Bud formation – flowering	150–200 mm	+10...+15	0.56
Millet	Emergence – tillering	100–150 mm	+4...+7	0.38
Precipitation distribution				
Buckwheat	Flowering, grain filling	Uneven	-10...-15	–
Millet	Flowering, grain filling	Uneven	-5...-10	–
Air humidity				
Buckwheat	Flowering	60–80 %	+7...+12	0.56
Millet	Vegetative growth	40–60 %	+3...+6	0.30
Hydrothermal coefficient (HTC)				
Buckwheat	Entire growing season	1.0–1.2	+12...+18	0.72
Millet	Early growth stages	0.8–1.0	+5...+9	0.48

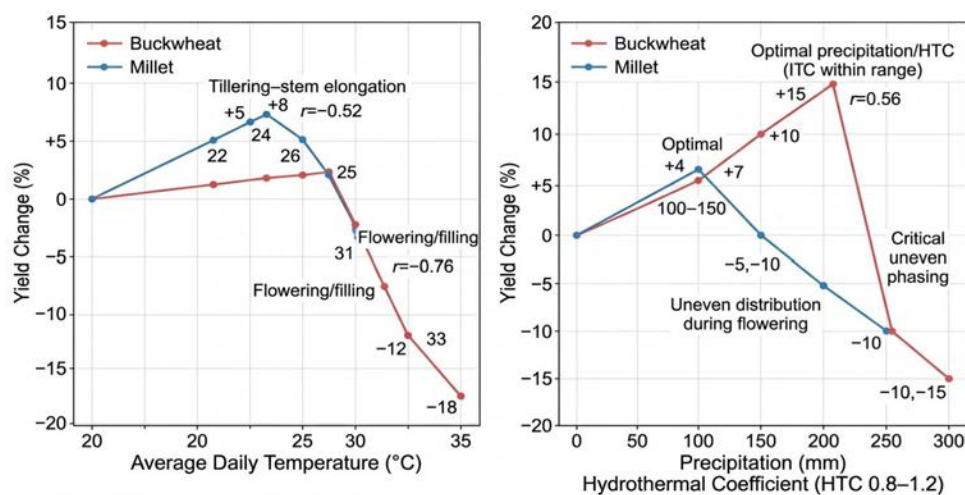


Fig. 2. Graphs illustrating the dependency of buckwheat and millet yield on temperature and precipitation

Comparative analysis of the ecological plasticity of the crops demonstrates that millet utilizes water more efficiently and is capable of maintaining productivity under high temperatures and limited precipitation. This is attributed to its physiological traits, including lower transpiration rates and the ability to complete grain formation over a shorter period. Conversely, buckwheat requires higher levels of moisture and is more sensitive to temperature stress, which constrains its productivity in dry years.

A key strategy to enhance yield stability involves the implementation of adaptive agronomic practices. In contemporary conditions, particular importance is given to optimizing sowing dates according to thermal and water regimes, selecting cultivars with increased tolerance to abiotic stressors, and rational use of mineral fertilization. Additionally, the improvement of soil management systems aimed at moisture conservation and enhancement of the soil's hydro-physical properties plays a significant role, as shown in Table 2.

Table 2

Elements of adaptive cultivation technology for buckwheat and millet under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

Element	Crop	Adaptive Feature	Effect on Productivity
Sowing dates	Buckwheat	Late April – early May	Avoidance of high temperatures and water deficit during critical flowering and grain-filling stages Ensures favorable conditions for early growth and development
	Millet	Mid-late May, after soil warming to 10–12 °C	
Cultivars	Buckwheat	“Dikul”, “Devyatka”, “Antaria”	Enhances yield stability under hot and drought-prone summer conditions Supports adaptive potential and consistent productivity under stress conditions
	Millet	“Denvikske”, “Kharkiv 31”, “Bila Altanka”	
Fertilization	Buckwheat	Basal phosphorus and potassium, balanced nitrogen, micronutrients (B, Zn, Fe)	Supports grain formation and photosynthesis during stress periods
	Millet		
Soil management	Buckwheat	Fine soil crumbling before sowing; minimal tillage under drought–	Conserves soil moisture, ensures uniform germination, and maintains productivity in critical phases–
	Millet		
Monitoring of hydrothermal coefficient (HTC) and weather risks	Buckwheat	Temperature forecasts and HTC analysis to adapt sowing and irrigation	Optimizes agronomic measures according to specific weather conditions, particularly important for buckwheat
	Millet		

In summary, the formation of cereal crop productivity results from the complex interaction of climatic and technological factors, with thermal and water availability during critical developmental stages playing a decisive role. The rational integration of these factors with adaptive agronomic practices enhances both the stability and overall yield of buckwheat and millet under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

Conclusions. The productivity of buckwheat and millet in the Southern Steppe of Ukraine is determined by the interaction of agroclimatic factors, including temperature,

humidity, and precipitation distribution, as well as adaptive elements of cultivation technology. The flowering and grain-filling stages are the most critical periods for yield formation in both crops, during which water deficit and elevated temperatures reduce the number of grains and their weight. Buckwheat exhibits higher sensitivity to temperature stress and uneven moisture availability, whereas millet demonstrates greater stress tolerance and the ability to maintain productivity under drought conditions.

The effective implementation of adaptive measures—such as optimization of sowing dates, selection of stress-tolerant cultivars, balanced fertilization, soil management for moisture conservation, and monitoring of weather conditions—enhances yield stability and facilitates the realization of the crops' productive potential. The use of modern buckwheat and millet cultivars with increased resistance to abiotic stresses provides ecological plasticity and adaptability within the cropping system.

The proposed recommendations for adaptive cultivation technology of cereal crops can serve as a foundation for improving productivity and promoting efficient resource use under the arid conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

REFERENCES:

1. Zhang W., Wang B., Liu B., Chen Z., Lu G., Bai C., Ge Y. The effects of meteorological factors on grain yield of foxtail millet (*Setaria italica* beaur.) under different water supply conditions. *Crops*. 2023. Vol. 3, № 1. P. 53–62. DOI: 10.3390/crops3010006. Electronic resource. Access mode: <https://www.mdpi.com/2673-7655/3/1/6> (Date of access: 12.02.2026)
2. Węgrzyn A., Klimek-Kopyra A., Flis E., et al. Effect of selected meteorological factors on the growth rate and seed yield of winter wheat – a case study. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, № 12, article 2924. DOI: 10.3390/agronomy12122924. Electronic resource. Access mode: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/12/2924> (Date of access: 15.01.2026)
3. Wang J., Vanga S.K., Saxena R., Orsat V., Raghavan V. Effect of Climate Change on the Yield of Cereal Crops: A Review. *Climate*. 2018. Vol. 6, № 2, article 41. DOI: 10.3390/2225-1154/6/2/41. Electronic resource. Access mode: <https://www.mdpi.com/2225-1154/6/2/41> (Date of access: 21.01.2026)
4. Zhang J., Sun J., Chen H., Yan Z., Liu S., Liu L., Cao X. Path Analysis on the Meteorological Factors Impacting Yield of Tartary Buckwheat at Different Sowing Dates. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, № 4, article 950. DOI: 10.3390/agronomy15040950. Electronic resource. Access mode: <https://www.mdpi.com/2073-4395/15/4/950> (Date of access: 23.01.2026)
5. Аверчев О. В., Нікітенко М. П., Ворона П. С. Гречка: адаптивні технології вирощування : навчальний посібник. Одеса : Олді+, 2025. 256 с. ISBN 978-966-289-971-9. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/10672> (Дата звернення: 27.01.2026)
6. Averchev O. V., Nikitenko M. P. Adaptive technologies for growing Tatar Buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). *Modern agronomy trends: innovation, sustainable development and the future of agriculture : Scientific monograph*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2025. P. 2–28. Electronic resource. Access mode: <http://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/11161> (Date of access: 06.02.2026)
7. Аверчев О. В., Нікітенко М. П., Йосипенко І. В. Хвороби та шкідники проса : навчальний посібник. Одеса : Олді+, 2023. 180 с. ISBN 978-966-289-704-3. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/8350> (Дата звернення: 17.02.2026)
8. Аверчев О. В., Фесенко Г. О. Аналіз економічних аспектів вирощування та виробництва гречки, проса та рису в Україні. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2022. Вип. 14. С. 7–15.

9. Васильєва Н. К., Назаренко Д. В. Аналіз агробізнесу на ринку нішевих зернових культур. Ефективна економіка. 2025. Вип. № 9. Режим доступу: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/12687> (Дата звернення: 11.01.2026)

10. Прутуляк Р.М., Даценко А.А., Карпенко В.П. Продуктивність посівів гречки за дії біологічних препаратів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2017. Вип. 90, ч. 1. С. 14–22. ISSN 2415-8240 (Online), ISSN 0134-6393 (Print). Режим доступу: <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/90/Agro/Ukr/2.pdf> (дата звернення: 21.01.2026).

11. Пастух О.Д. Особливості формування агробіоценозів сумісних посівів проса і гречки залежно від застосування біопрепаратів в умовах Лісостепу західного : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 / Пастух Олександр Дмитрович ; Поділ. держ. аграр.-техн. ун-т. – Кам'янець-Подільський, 2017. – 18 с. – Режим доступу: <https://pdatu.edu.ua/images/naukova-miznarodna-diyalnist/svr/dissertaciya-pastuh.pdf> (дата звернення: 07.01.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.854.78:631.527:631.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.2>

ВПЛИВ ФОЛІАРНОГО ВНЕСЕННЯ ЕТИЛЕНАМІНУ БОРУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ СТЕПУ УКРАЇНИ

Авраменко С.В. – д.с.-г.н.,

головний науковий співробітник відділу рослинництва та сортовивчення,

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0003-4737-8441

Добренський О.А. – аспірант,

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-2632-4885

Було кількісно оцінено вплив норм і строків позакореневого внесення етиленаміну бору (Спектрум Борон 150) на продуктивність і якість насіння соняшнику гібриду Білоба в умовах Степу України. Польові дослідження проводили у 2022–2024 рр. (Харківська обл., Лозівський р-н, с. Нова Іванівка, ТОВ «Лозівський АПТС») за схемою розщеплених ділянок у триразовій повторності. Порівнювали контроль без бору та внесення препарату в нормах 1,5 і 3,0 л/га у фазах V8–V10, R1–R2 і дробно (V8–V10 + R1–R2). Вміст рухомого бору в ґрунті коливався в межах 0,27–0,61 мг/кг, що відповідало рівню від близького до нижньої межі оптимуму до підвищеного. У середньому за роки висота рослин на контролі становила 198 см і достовірно зменшувалася зі зростанням норми бору до 184 см (1,5 л/га) та 168 см (3,0 л/га). Позакореневе внесення бору знижувало передзбиральну вологість насіння з 9,18% у контролі до 7,66% (1,5 л/га) і 7,17% (3,0 л/га), що свідчило про прискорення водовіддачі. Водночас урожайність не підвищувалася: середній рівень становив 3,52 т/га на контролі, 3,31 т/га (–6%) за 1,5 л/га та 3,07 т/га (–13%) за 3,0 л/га; зниження за підвищеної норми було статистично достовірним. Олійність у контролі дорівнювала 51,3%; за 1,5 л/га зміни були недостовірними (49,6%), тоді як 3,0 л/га спричинили достовірне зниження до 46,8%. Кореляційно-регресійний аналіз показав найтісніший негативний зв'язок урожайності з передзбиральною вологістю ($r = -0,61$ – $-0,70$; $p < 0,01$) і помірний позитивний зв'язок з олійністю ($r = 0,52$ – $0,58$), а включення фактора «рік» підтвердило домінуючий вплив гідротермічних умов сезону на варіацію продуктивності. Отримані результати узгоджуються з уявленнями про роль бору в підтриманні фізіологічної стійкості, однак за умов достатнього ґрунтового забезпечення мікроелементами та жорсткої посухи додаткове фоліарне внесення не компенсувало лімітуючий водний фактор і за підвищеної норми могло посилювати метаболічне навантаження, що відображалось у зниженні врожайності та олійності.

Ключові слова: соняшник, бор, позакореневе підживлення, Спектрум Борон 150, урожайність, передзбиральна вологість, олійність, посуха, Степ України.

Avramenko S.V., Dobrenkyi O.A. Effect of foliar boron ethylene-amin application on sunflower productivity in the Ukrainian Steppe

The study aimed to quantify how foliar boron application rate and timing affect seed productivity and quality of sunflower hybrid Biloba under the Steppe conditions of Ukraine. Field experiments were conducted in 2022–2024 (Kharkiv region, Lozova district, Nova Ivanivka, “Lozivskyi APTS” LLC) using a split-plot design with three replications. Treatments included a boron-free control and foliar application of an Ethylene-amin boron fertilizer (Spectrum Boron 150) at 1.5 and 3.0 L/ha applied at V8–V10, at R1–R2, or split between V8–V10 and R1–R2.



© Авраменко С.В., Добренський О.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Soil testing prior to sowing indicated available boron levels ranging from 0.27 to 0.61 mg/kg, representing near-optimal to elevated supply. Averaged across years, plant height in the control reached 198 cm and decreased significantly with increasing boron rate to 184 cm (1.5 L/ha) and 168 cm (3.0 L/ha). Foliar boron reduced pre-harvest seed moisture from 9.18% (control) to 7.66% at 1.5 L/ha and to 7.17% at 3.0 L/ha, indicating accelerated desiccation and/or earlier physiological maturity. However, yield did not increase: mean yield was 3.52 t/ha in the control, 3.31 t/ha (–6%) at 1.5 L/ha, and 3.07 t/ha (–13%) at 3.0 L/ha, with a statistically significant decline at the higher rate. Seed oil content averaged 51.3% in the control; the reduction at 1.5 L/ha (49.6%) was not significant, whereas 3.0 L/ha caused a significant decrease to 46.8%. Correlation–regression analysis identified pre-harvest moisture as the strongest yield-related trait ($r = -0.61$ to -0.70 ; $p < 0.01$), while oil content showed a moderate positive association with yield ($r = 0.52$ to 0.58). Incorporating “year” into the model confirmed that seasonal hydrothermal conditions were the primary driver of yield variability. Overall, the results align with the physiological role of boron in stress-related processes, yet under sufficient soil boron supply and severe drought, foliar boron failed to offset the water limitation, and the higher rate likely imposed additional metabolic load, leading to reduced yield and oil content.

Key words: *sunflower, boron, foliar fertilization, Spectrum Boron 150, yield, pre-harvest moisture, oil content, drought, Ukrainian Steppe.*

Актуальність теми дослідження. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є однією з провідних олійних культур світу із загальною площею понад 28 млн га та валовим виробництвом понад 55 млн т насіння щорічно [1]. Україна традиційно належить до провідних виробників і експортерів соняшникової олії, що зумовлює стратегічну важливість стабільності продуктивності культури в умовах кліматичної нестабільності [2, с. 21–27]. За формування 2,2–2,6 т/га насіння соняшник виносить із ґрунту 60–80 кг N, 25–35 кг P₂O₅, 70–90 кг K₂O та до 0,3 кг B на гектар [3, с. 301]. Інтенсивне землекористування без адекватної компенсації мікроелементів призводить до поступового зниження їх доступності та формування прихованих дефіцитів [4, с. 217].

Кліматичні зміни в Степовій зоні України характеризуються зростанням середньорічної температури, збільшенням кількості днів із температурою понад 30 °C та нерівномірністю розподілу опадів [1]. За зниження гідротермічного коефіцієнта в критичні фази бутонізації та цвітіння відбувається порушення процесів запліднення, наливу насіння та синтезу олії [6, с. 3056]. Посуха суттєво обмежує мобільність і надходження бору до рослин через зниження дифузії в ґрунтового розчині [7, с. 616–620], що підсилює прояви його дефіциту навіть за середнього забезпечення ґрунту [8, с. 34–40].

Бор є структурним компонентом клітинної стінки та бере участь у формуванні димерів рамногалактуронану II, забезпечуючи механічну стабільність тканин [9, с. 85–101]. Він необхідний для розвитку пилку, проростання пилкової трубки та нормального запліднення [10, с. 49–58], регулює транспорт асимілянтів через флоему та бере участь у формуванні кошика [11, с. 109–139]. Дефіцит бору спричиняє зниження життєздатності пилку, порушення морфогенезу меристем, пустозерність кошика [12, с. 1020–1023].

Постановка проблеми. Останні десятиліття показали, що роль бору виходить за межі класичної мінеральної функції. Бор залучений до регуляції редокс-гомеостазу, підтримання структурної цілісності мембран і стабілізації фотосинтетичного апарату [13, с. 19–22]. Доведено, що за його достатнього забезпечення зменшується накопичення активних форм кисню (АФК) та продуктів перекисного окиснення ліпідів [14, с. 1247–1255]. Встановлено, що бор впливає на експресію генів антиоксидантної системи та активність супероксиддисмутази, каталази й пероксидази [15, с. 23–32].

В окремих роботах було встановлено позитивний вплив бору на глутатіонову систему, зокрема підвищення вмісту відновленого глутатіону (GSH), що є ключовим маркером редокс-балансу [16, с. 71–85; 18, с. 109–121]. Це супроводжувалося зменшенням накопичення проліну, що свідчило про зниження напруженості осмотичного стресу [23, с. 181–198].

Дослідження підтверджують антиоксидантну функцію бору та його роль у сигнальних каскадах Ca^{2+} –NO–АФК [22, с. 255–268; 24, с. 205–223]. Застосування бору за посухи підвищує відносний вміст води в листках, зменшує деградацію мембран і покращує репродуктивні показники [17, с. 211–218; 19, с. 185–212]. Показано також, що бор стабілізує реакційні центри фотосистеми II та зменшує термічне пошкодження тилакоїдних мембран [25, с. 3831–3840].

Попри накопичення значного обсягу фізіолого-біохімічних даних, польові результати залишаються неоднозначними. Частина досліджень демонструє підвищення урожайності соняшнику на 0,3–0,5 т/га за внесення 200–300 г/га бору [24, с. 205–223], тоді як інші вказують на відсутність ефекту за достатнього забезпечення ґрунту [20, с. 28–31; 18, с. 109–121]. Надмірні норми можуть викликати фітотоксичність і скорочення тривалості наливу насіння [17, с. 211–218; 21, с. 443–460].

Методика досліджень. Польові дослідження були закладені у Харківській обл., Лозівський р-н, с. Нова Іванівка, ТОВ «Лозівський АПТС» протягом 2022–2024 рр. Метою дослідження було встановлення впливу різних норм і строків внесення водорозчинного бору (препарат Спектрум Борон 150, що містить 150 г/л етиленаміну бору) на врожайність та елементи структури врожаю гібриду Білоба. Досліди закладали як багатофакторні за схемою розщеплених ділянок із трьома повтореннями відповідно до чинних методичних підходів державних випробувань та польового експерименту [27, с. 423–428]. Облікова площа ділянки останнього порядку становила 60 м². Тип ґрунту – чорнозем звичайний середньогумусний (вміст гумусу 5,5–6,2 %), рН ґрунтового розчину – 7,5. Попередник – пшениця озима. Після збирання пшениці озимої в серпні проводилося дискування на глибину 10–12 см з метою знищення падалиці, зменшення кількості бур'янів та покращення структури верхнього шару ґрунту. У вересні проводилося глибоке рихлення на глибину 40–42 см, що сприяло накопиченню та збереженню вологи в осінньо-зимовий період. Ранньою весною проводили боронування важкими боровами. Перед сівбою в квітні проводилася передпосівна культивация комбайном на глибину 6–8 см для вирівнювання поверхні поля, знищення проростаючих бур'янів та створення оптимального посівного ложа. Для забезпечення однорідності умов дослідів поле попередньо вирівнювали нівеліром і перевіряли на відсутність мікродепресій, які могли б вплинути на рівномірність зволоження.

Схема дослідів передбачала порівняння контрольного варіанту без внесення бору з варіантами позакореневого підживлення у різні фази розвитку рослин (табл. 1).

Було досліджено дві норми препарату – 1,5 та 3,0 л/га. За норми 1,5 л/га бор вносили одноразово у фазі 8–10 листків (V8–V10), одноразово у фазі початку бутонізації – початку цвітіння (R1–R2), а також дробно: 0,5 л/га у фазі V8–V10 та 1,0 л/га у фазі R1–R2. За норми 3,0 л/га передбачали аналогічні строки внесення: одноразове обприскування у фазі V8–V10, одноразове у фазі R1–R2 та комбіноване внесення із розподілом норми 1,25 л/га у фазі 8–10 листків і 1,75 л/га у фазі бутонізації.

До сівби проводили агрохімічний аналіз ґрунту для уточнення запасів Бору. (табл. 2).

Таблиця 1

Схема досліджень

Норма внесення, л/га	Фаза внесення	Гібрид
Контроль	—	Білоба
1,5	V8–V10	
	R1–R2	
	V8–V10 (0,5 л/га) + R1–R2 (1,0 л/га)	
3,0	V8–V10	
	R1–R2	
	V8–V10 (1,25 л/га) + R1–R2 (1,75 л/га)	

Таблиця 2

Вміст рухомого бору у ґрунті дослідного поля, мг/кг, 2022–2024 рр.

Рік	Вміст бору, мг/кг	Вміст бору, у горизонті 0–30 см, г/га	Потенціал урожайності соняшника за вмістом бору, т/га
2022	0,61	1830	15,2
2023	0,29	870	7,25
2024	0,27	810	6,75

Результати агрохімічного аналізу ґрунту засвідчили, що вміст рухомих форм бору в орному шарі (0–30 см) у 2022–2024 рр. перебував у межах 0,27–0,61 мг/кг, що відповідає 810–1830 г/га у перерахунку на масу ґрунту. Згідно з узагальненими критеріями забезпеченості, критичний поріг дефіциту бору для більшості польових культур становить 0,2–0,3 мг/кг [27, с. 511–518]. Водночас навіть мінімальний зафіксований показник 2024 року (0,27 мг/кг) перебував в межах оптимального забезпечення, та не відповідав критичному дефіциту. У 2022 році вміст бору 0,61 мг/кг характеризувався як підвищений і повністю забезпечував потреби культури для формування високої продуктивності.

Для зменшення ущільнення верхнього шару ґрунту рух техніки здійснювали лише в постійних технологічних коліях. Безпосередньо перед сівбою перевіряли якість розпушування, однорідність вологості посівного горизонту та температуру ґрунту, яка становила 9–10 °С. Сівбу проводили у другій декаді квітня. Система удобрення: передпосівне внесення: $N_{60}P_{30}K_{30}$; позакореневе підживлення: карбамід із полімером (10 кг/га у фазу V3–V6), схема посіву 70×25 см. У досліді використовували сучасний гібрид соняшнику Білоба – середньоранній гібрид системи Clearfield Plus із вегетаційним періодом 106–110 діб, відзначається підвищеною посухостійкістю, толерантністю до хвороб кошика та листя, а також доброю реакцією на покращене мінеральне живлення. Гібрид адаптований до умов Степу України й рекомендований для інтенсивної технології вирощування.

Водорозчинний Бор вносили спеціалізованим дослідним обприскувачем із каліброваними форсунками, що забезпечували норму робочої рідини 200 л/га.

Облік показників продуктивності здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик польового дослідження. Висоту рослин визначали у фазі повної стиглості шляхом вимірювання від поверхні ґрунту до верхівки кошика на типових рослинах кожної облікової ділянки з подальшим обчисленням середнього значення.

Вміст вологи в насінні, масу зерна з ділянки, урожайність з гектара. Відбір проб насіннєвої суміші здійснювали за ДСТУ 4601:2006 «Насіння олійних культур. Методи відбирання проб», облік урожаю – згідно з ДСТУ 3355-96 «Продукція сільськогосподарська рослинна»; урожайність приводили до вологості насіння 7 %, 100 % чистоти та розраховували у т/га.

Статистичну обробку даних виконували методами дисперсійного та кореляційного аналізів із дотриманням генетико-статистичних принципів планування та оцінювання експериментів. Для розрахунків і візуалізації застосовували пакет PAST (Paleontological Statistics) [28, с. 1–19].

Експериментальний період у м. Лозова Харківської області характеризувався значною варіабельністю кліматичних умов, зокрема кількістю і сезонним розподілом опадів, а також температурними коливаннями. У 2022 році середньодобова температура за період вегетації перевищувала середньобаторічний показник незначно (+0,2 °C). Водночас загальна сума опадів становила 138,8 мм, що було на 15,9 мм менше норми (154,7 мм). Найменша кількість опадів спостерігалася у травні (12,9 мм) та червні (21,3 мм), що збіглося з фазами інтенсивного вегетативного росту та формування генеративних органів. Обмежене зволоження у ці періоди сприяло розвитку водного стресу, який негативно вплинув на формування кошика та потенційну масу насіння. Часткове покращення вологозабезпечення відбулося у серпні (37,1 мм), проте воно не компенсувало дефіциту попередніх місяців. У 2023 році температурний фон був дещо вищим за багаторічний (+0,42 °C). Сума опадів за квітень–вересень становила 208,5 мм, що перевищувало норму на 53,8 мм. Найбільша кількість опадів припала на квітень (87 мм), що забезпечило сприятливі умови для проростання насіння та формування рівномірних сходів. У травні (35,1 мм) умови залишалися відносно задовільними, однак у червні–липні (26,3 та 19,6 мм відповідно) відзначалося зниження вологозабезпечення у фазу бутонізації та цвітіння. Незважаючи на це, загалом 2023 рік був найбільш сприятливим серед досліджуваних завдяки вищому рівню опадів на початкових етапах розвитку культури, що сприяло формуванню вищого потенціалу врожайності. Найбільш посушливим і стресовим виявився 2024 рік. Середньодобова температура перевищувала багаторічний показник на 2,22 °C, що свідчило про підвищене теплове навантаження протягом усього сезону. Загальна сума опадів становила лише 101,7 мм, що на 53,0 мм менше норми. Особливо критичними були травень (7,5 мм) та серпень (0,9 мм), які збіглися відповідно з фазами активного росту та наливу насіння. Поєднання високих температур (до 25,3 °C у липні та 25,1 °C у серпні) і гострого дефіциту вологи призвело до пригнічення фотосинтетичної активності, зменшення виповненості насіння та істотного зниження врожайності.

Результати досліджень. Аналіз даних свідчив про істотний вплив норм і строків позакореневого внесення борвмісного добрива Спектрум Борон 150 на висоту рослин гібриду Білоба. У середньому за 2022–2024 рр. висота рослин у контрольному варіанті становила 198 см. Застосування бору в нормі 1,5 л/га зменшувало цей показник до 184 см (–14 см або –7 %), а за норми 3,0 л/га – до 168 см (–30 см або –15 %). Різниця між контролем і нормою 1,5 л/га (14 см), а також між 1,5 та 3,0 л/га (16 см) перевищує НІР₀₅ для фактора А (11 см), що свідчило про статистично достовірне зниження висоти рослин із підвищенням норми препарату.

Аналіз строків внесення (фактор В) показав, що найменше зниження висоти спостерігалася за одноразового внесення у фазі R1–R2 (180 см), тоді як внесення у фазі V8–V10 забезпечувало 178 см, а дробне застосування – 170 см. Різниця між

крайніми варіантами становила 10 см, що є близькою до НІР05 (11 см), отже вплив строку внесення в середньому за роки мав тенденцію до зниження висоти, але був менш вираженим, ніж вплив норми У роки досліджень найбільшу висоту рослин зафіксовано у 2022 році (в середньому 180 см), де в окремих варіантах (1,5 л/га, фаза R1–R2) показник досягав 235 см. У 2023 році середня висота становила 189 см, а у 2024 році – лише 158 см, що пов'язано з посушливими умовами цього року. Різниця між роками перевищує НІР05 для фактора С (14 см), що підтверджує визначальний вплив погодних умов на формування вегетативної маси (табл. 3).

Таблиця 3

Висота рослин гібриду соняшника Білоба залежно від фоліарного внесення борвмісного добрива Спектрум Борон 150, см, 2022–2024 рр.

Норма Спектрум Борон, л/га (А)	Фаза внесення (В)	Рік (С)				Прибавка до контролю, %			
		2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Контроль	без бору	220	208	165	198	–	–	–	–
1,5 л/га	V8–V10	225	180	165	190	2	-13	0	-4
	R1–R2	235	185	160	193	7	-11	-3	-2
	V8–V10 (0,5 л/га) + R1– R2 (1,0 л/га)	160	185	160	168	-27	-11	-3	-15
	середнє	207	183	162	184	-6	-12	-2	-7
3 л/га	V8–V10	155	190	155	167	-30	-9	-6	-16
	R1–R2	155	188	155	166	-30	-10	-6	-16
	V8–V10 (1,75 л/га) + R1– R2 (1,25 л/га)	150	208	155	171	-32	0	-6	-13
	середнє	153	195	155	168	-30	-6	-6	-15
Середнє	V8–V10	190	185	160	178	-14	-11	-3	-10
	R1–R2	195	187	158	180	-11	-10	-5	-9
	V8–V10 + R1– R2	155	197	158	170	-30	-6	-5	-14
	середнє	180	189	158	176	-18	-9	-4	-11
НІР ₀₅ , см	А – 11; В – 11; С – 14; АВ – 23; АС – 27; ВС – 29; АВС – 42								

Найбільш виражене зменшення висоти рослин спостерігалось за внесення 3,0 л/га, особливо у фазі V8–V10 та R1–R2 (155–167 см), що на 30–32 % нижче за контроль у 2022 році. Взаємодія факторів АВ (НІР05= 23 см) підтверджує достовірність зниження висоти за поєднання підвищеної норми та раннього внесення.

Зниження висоти рослин за підвищених норм внесення бору свідчило про зміну інтенсивності вегетативного росту та можливий перерозподіл асимілянтів між органами рослини. Відомо, що бор бере участь у процесах формування клітинної стінки, транспорту вуглеводів і регуляції водного обміну [21], тому, зміни морфометричних показників можуть супроводжуватися трансформацією темпів досягання та водовіддачі насіння. Водночас визначальним критерієм ефективності застосування мікроелемента є рівень сформованої врожайності,

Таблица 4

Норма Спектрум Борон, л/га (А)	Фаза внесення (В)	Рік (С)				Прибавка до контролю, %			
		2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Контроль	без бору	4,50	3,70	2,36	3,52	—	—	—	—
1,5 л/га	V8–V10	4,13	3,50	2,16	3,26	-8	-5	-9	-7
	R1–R2	4,50	3,45	2,06	3,34	0	-7	-13	-5
	V8–V10 (0,5 л/га) + R1– R2 (1,0 л/га)	4,07	3,70	2,25	3,34	-10	0	-5	-5
	середнє	4,23	3,55	2,16	3,31	-6	-4	-9	-6
3 л/га	V8–V10	3,80	3,85	1,66	3,10	-16	4	-30	-12
	R1–R2	3,60	3,80	2,06	3,15	-20	3	-13	-10
	V8–V10 (1,75 л/га) + R1– R2 (1,25л/га)	3,37	3,90	1,57	2,95	-25	5	-34	-16
	середнє	3,59	3,85	1,76	3,07	-20	4	-25	-13
Середнє	V8–V10	3,97	3,68	1,91	3,18	-12	-1	-19	-10
	R1–R2	4,05	3,63	2,06	3,24	-10	-2	-13	-8
	V8–V10 + R1– R2	3,72	3,80	1,91	3,14	-17	3	-19	-11
	середнє	3,91	3,70	1,96	3,19	-13	0	-17	-9
HIP ₀₅ , т/га	A – 0,15; B – 0,13; C – 0,19; AB – 0,24; AC – 0,32; BC – 0,30; ABC – 0,51								

У 2022–2024 рр. передзбиральна вологість насіння становила 9,18 % на контролі. Застосування препарату в нормі 1,5 л/га знижувало цей показник до 7,66 %, що на 1,52 % менше порівняно з контролем. Підвищення норми до 3,0 л/га супроводжувалося подальшим зменшенням вологості до 7,17 % (–2,01 %). Обидві різниці перевищували НІР₀₅ для фактора А (0,4 %), що підтверджує статистично достовірний вплив норми. Порівняння норм 1,5 і 3,0 л/га показувало різницю 0,49 %, яка також перевищує критичну межу, тобто збільшення норми достовірно прискорювало водовіддачу насіння (табл. 5).

Таблиця 5

**Передзбиральна вологість насіння гібриду соняшника Білоба
залежно від фоліарного внесення борвмісного добрива
Спектрум Борон 150, %, 2022–2024 рр.**

Норма Спектрум Борон, л/га (А)	Фаза внесення (В)	Рік (С)				Прибавка до контролю, %			
		2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Контроль	без бору	7,40	14,0	6,13	9,18	–	–	–	–
1,5 л/га	V8–V10	6,87	11,2	5,93	8,00	-7	-20	-3	-13
	R1–R2	6,50	10,3	6,03	7,61	-12	-26	-2	-17
	V8–V10 (0,5 л/га) + R1–R2 (1,0 л/га)	7,27	9,43	5,43	7,38	-2	-33	-11	-20
	середнє	6,88	10,31	5,80	7,66	-7	-26	-5	-17
3 л/га	V8–V10	7,87	9,67	6,17	7,90	6	-31	1	-14
	R1–R2	5,23	9,40	5,43	6,69	-29	-33	-11	-27
	V8–V10 (1,75 л/га) + R1–R2 (1,25 л/га)	5,30	10,2	5,27	6,92	-28	-27	-14	-25
	середнє	6,13	9,76	5,62	7,17	-17	-30	-8	-22
Середнє	V8–V10	7,37	10,44	6,05	7,95	0	-25	-1	-13
	R1–R2	5,87	9,85	5,73	7,15	-21	-30	-7	-22
	V8–V10 + R1–R2	6,29	9,82	5,35	7,15	-15	-30	-13	-22
	середнє	6,51	10,03	5,71	7,42	-12	-28	-7	-19
НІР ₀₅ , %	А – 0,4; В – 0,3; С – 0,5; АВ – 0,8; АС – 1,0; ВС – 0,9; АВС – 1,9								

Поряд із кількісними показниками продуктивності важливе значення має оцінка якісних характеристик врожаю, передусім олійності насіння, яка визначає економічну ефективність вирощування соняшнику та його конкурентоспроможність на ринку. Зміни висоти рослин, темпів досягання та рівня врожайності, встановлені в попередніх дослідженнях, можуть супроводжуватися трансформацією біохімічних процесів формування запасних речовин. Аналіз строків внесення (фактор В) свідчив, що найвищу середню олійність забезпечувало внесення етиленаміну бору у фазі V8–V10 (49,0 %), тоді як у фазі R1–R2 показник становив 48,7 %, а за дробного внесення становив 46,8 %. Різниця між крайніми варіантами (2,2 %) перевищує НІР₀₅ для фактора В (1,9 %), що підтверджувало достовірність впливу строку внесення. Найбільше зниження олійності спостерігалось за дробного внесення препарату. Контроль мав середній вміст олії в насінні за

2022–2024 рр. 51,3 %. Застосування етиленаміну бору у нормі 1,5 л/га знижувало цей показник до 49,6 %, тобто на 1,7 % менше контролю. За підвищення норми до 3,0 л/га середня олійність становила 46,8 % (–4,5 % до контролю). Різниця між контролем і нормою 1,5 л/га (1,7 %) не перевищувала НІР₀₅ для фактора А (2,0 %). Водночас зниження на 4,5 % за норми 3,0 л/га перевищувало критичну різницю, що свідчило про достовірний негативний вплив підвищеної норми препарату на вміст олії. Порівняння норм 1,5 і 3,0 л/га показувало різницю 2,8 %, яка також перевищувала НІР₀₅ (2,0 %), тобто збільшення норми бору достовірно зменшувало олійність насіння. Максимальна олійність відзначалася у 2022 році (51,7 % у середньому), дещо нижчою вона була у 2023 році (49,8 %), а мінімальною – у 2024 році (43,0 %), що корелювало з посушливими умовами року. Різниця між роками перевищувала НІР₀₅ для фактора С (2,5 %), що підтверджувало істотний вплив погодних умов на формування цього показника (табл. 6).

Таблиця 6

Олійність гібриду соняшника Білоба залежно від фоліарного внесення борвмісного добрива Спектрум Борон 150, %, 2022–2024 рр.

Норма Спектрум Борон, л/га (А)	Фаза внесення (В)	Рік (С)				Прибавка до контролю, %			
		2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Контроль	без бору	57,0	52,0	45,0	51,3	–	–	–	–
1,5 л/га	V8–V10	57,0	51,0	45,0	51,0	0,0	-1,0	0,0	-0,3
	R1–R2	55,0	52,0	44,0	50,3	-2,0	0,0	-1,0	-1,0
	V8–V10 (0,5 л/га) + R1–R2 (1,0 л/га)	50,0	49,0	43,0	47,3	-7,0	-3,0	-2,0	-4,0
	середнє	54,0	50,7	44,0	49,6	-3,0	-1,3	-1,0	-1,8
3 л/га	V8–V10	50,0	49,0	42,0	47,0	-7,0	-3,0	-3,0	-4,3
	R1–R2	50,0	49,0	42,0	47,0	-7,0	-3,0	-3,0	-4,3
	V8–V10 (1,75 л/га) + R1–R2 (1,25 л/га)	48,0	49,0	42,0	46,3	-9,0	-3,0	-3,0	-5,0
	середнє	49,3	49,0	42,0	46,8	-7,7	-3,0	-3,0	-4,6
Середнє	V8–V10	53,5	50,0	43,5	49,0	-3,5	-2,0	-1,5	-2,3
	R1–R2	52,5	50,5	43,0	48,7	-4,5	-1,5	-2,0	-2,7
	V8–V10 + R1–R2	49,0	49,0	42,5	46,8	-8,0	-3,0	-2,5	-4,5
	середнє	51,7	49,8	43,0	48,2	-5,3	-2,2	-2,0	-3,2
НІР ₀₅ , %	А – 2,0; В – 1,9; С – 2,5; АВ – 3,9; АС – 4,9; ВС – 4,8; АВС – 12,3								

Найбільш виражене зниження олійності спостерігалось у варіантах із нормою 3,0 л/га, особливо за дробного внесення (46,3 %), що на 5,0 % менше ніж у контролі. Взаємодія факторів (АВ = 3,9 %) свідчила про посилення негативного ефекту за поєднання підвищеної норми та розподілу її між фазами розвитку.

Кореляційний аналіз показав, що найтісніший зв'язок із урожайністю мав показник передзбиральної вологості ($r = -0,61 \dots -0,70$; $p < 0,01$), що свідчило про залежність рівня продуктивності від інтенсивності досягання та накопичення сухої речовини. Олійність демонструвала помірний позитивний зв'язок

($r = 0,52-0,58$), що підтверджувало часткову узгодженість процесів формування врожаю та синтезу ліпідів, однак цей показник не був визначальним фактором варіабельності урожайності (табл. 7).

Таблиця 7

Кореляції між урожайністю та показниками продуктивності соняшнику за різних норм внесення Спектрум Борон 150, 2022–2024 рр.

Норма бору, л/га	r (урож / олійність)	r (урож/висота рослин)	r (урож / вологість)	R^2 скор.
Контроль	0,54 *	0,49 *	-0,61 **	0,48
1,5	0,58 *	0,44	-0,67 **	0,52
3,0	0,52 *	0,39	-0,70 **	0,55

Примітки:

$p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

R^2 скор. – скоригований коефіцієнт детермінації для моделі множинної регресії урожайність = f (вміст олії, висота рослин, передзбиральна вологість).

Висота рослин мала слабший або статистично недостовірний зв'язок, що вказувало на меншу роль вегетативної маси порівняно з показниками генеративного розвитку. Множинна регресія показала, що сукупність досліджених показників пояснювала 48–55 % варіації урожайності (R^2 скор.), що свідчило про вагомий роль погодних умов року як додаткового неконтрольованого фактора.

Отримані польові результати узгоджуються з положенням, що ефективність фоліарного бору в соняшнику є контекст-залежною і визначається рівнем ґрунтового забезпечення мікроелементами та гідротермічними умовами сезону. Зокрема, за даними агрохімічного аналізу вміст рухомого бору в орному шарі коливався в межах 0,27–0,61 мг/кг, тобто відповідав рівню від близького до нижньої межі оптимуму до підвищеного. Водночас, дані Fagoog M. про кліматичні ризики та порушення репродуктивних процесів соняшнику за дефіциту води в критичні фази розвитку (бутонізація–цвітіння–налив) добре пояснюють загальне зниження продуктивності у 2024 р. як найбільш посушливому році та підкреслюють провідну роль водного фактора порівняно з мікроелементним живленням.

Виявлене зниження передзбиральної вологості насіння після внесення бору можна інтерпретувати як прискорення фізіологічного досягання і/або інтенсифікацію водовіддачі. Така реакція загалом узгоджується з відомою участю бору в транспорті асимілянтів і функціонуванні репродуктивних органів, зокрема в процесах запліднення та формування кошика. Однак, одночасне зниження врожайності (особливо за норми внесення Бору 3,0 л/га) свідчило, що «прискорене досягання» в даному випадку не супроводжувалося посиленням наливу насіння. Зниження олійності насіння за підвищеної норми (3,0 л/га) також логічно вписується у концепцію чутливості синтезу олії до стресових умов у період наливу, що детально описано M. Fagoog. У нашому досліді встановлено прискорення водовіддачі насіння та зміни морфометричних показників, що опосередковано свідчило про вплив бору на фізіологічні процеси досягання та перерозподіл асимілянтів. Це відповідає уявленням про його участь у транспорті вуглеводів і підтриманні мембранної стабільності. Водночас підвищена норма (3,0 л/га) не забезпечила

зростання врожайності й супроводжувалася зниженням олійності, особливо в умовах вираженого гідротермічного дефіциту 2024 року.

У наших умовах Степу України ґрунтова забезпеченість бором перебувала в межах оптимальної або близької до неї, тому додаткове фоліарне внесення не усувало лімітуючий фактор (вологозабезпечення), а за підвищеної норми могло спричиняти метаболічне перевантаження. За жорсткої посухи обмеження фотосинтезу визначалося передусім водним дефіцитом, а не борною недостатністю, тому навіть потенційна активація антиоксидантної системи не трансформувалася у приріст продуктивності, коли обмеження мобільності та надходження бору до рослин посилюється через зниження дифузії в ґрунтовому розчині, як це показали Р. Н. Brown і В. J. Shelp, а також Н. Ну і Р. Н. Brown.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень було встановлено, що ефективність позакореневого внесення етиленаміну бору в технології вирощування соняшнику визначалась насамперед рівнем ґрунтового забезпечення мікроелементом і гідротермічними умовами вегетаційного періоду. За вмісту рухомого бору в орному шарі 0,27–0,61 мг/кг, що відповідав рівню від близького до оптимального до підвищеного, застосування препарату Спектрум Борон 150 не забезпечило підвищення врожайності гібриду Білоба. Було доведено, що підвищення норми внесення до 3,0 л/га призводило до достовірного зниження врожайності (на 13 %) та олійності насіння (на 4,5 %), що свідчило про перевищення фізіологічно оптимального рівня борного навантаження за умов водного дефіциту.

Встановлено, що позакореневе внесення бору впливало переважно на морфологічні показники рослин. Зі збільшенням норми препарату відмічалось достовірне зменшення висоти рослин (на 7–15 %), що вказувало на зміну інтенсивності ростових процесів та перерозподіл асимілянтів.

Було виявлено, що внесення бору сприяло прискоренню водовіддачі насіння, що проявлялося у зниженні передзбиральної вологості на 1,5–2,0 %. Однак це не супроводжувалося підвищенням урожайності, що дозволяло трактувати даний ефект як адаптивну реакцію на стрес, а не як фактор підвищення продуктивності. Аналіз якісних показників показав, що процеси накопичення олії були чутливими до підвищених норм бору, особливо за посушливих умов. За норми 1,5 л/га зміни олійності були статистично недостовірними, тоді як 3,0 л/га викликали її суттєве зниження. Було встановлено, що фактор «рік» (погодні умови) мав домінуючий вплив на формування врожайності, пояснюючи значну частину її варіабельності, тоді як вплив мікроелементного підживлення був вторинним. Узагальнення результатів показало, що за умов достатнього забезпечення ґрунту бором та дефіциту вологи позакореневе внесення етиленаміну бору не компенсувало лімітуючий водний фактор, а за підвищених норм могло спричиняти зниження продуктивності.

Перспективним є дослідження взаємодії бору з іншими елементами живлення (зокрема кальцієм, азотом та сіркою) в умовах посухи для визначення синергетичних ефектів у регуляції фізіолого-біохімічних процесів рослин. Також, потребує подальшого вивчення вплив бору на процеси запилення та формування насіння, зокрема через оцінку життєздатності пилку, інтенсивності росту пилкової трубки та рівня зав'язування насіння за різних погодних умов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. FAOSTAT. Crops and livestock products. Rome : FAO, 2023. URL: <https://www.fao.org/faostat> (дата звернення: 19.02.2026).
2. USDA. Oilseeds: World Markets and Trade. Washington : USDA Foreign Agricultural Service. 2024. 45 p.
3. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. London : Academic Press. 2012. 651 p.
4. Havlin J. L., Tisdale S. L., Nelson W. L., Beaton J. D. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. 8th ed. Boston : Pearson. 2014. 516 p.
5. Alloway B. J. Micronutrients and crop production. Dordrecht : Springer. 2008. 380 p.
6. IPCC. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge : Cambridge University Press, 2022. 3056 p. DOI: 10.1017/9781009325844.
7. Lobell D. B., Schlenker W., Costa-Roberts J. Climate trends and global crop production since 1980. *Science*. 2011. Vol. 333. P. 616–620. DOI:10.1126/science.1204531.
8. Farooq M., Hussain M., Wahid A., Siddique K. H. M. Drought stress in sunflower: physiological responses and management strategies. *Agronomy for Sustainable Development*. 2017. Vol. 37. P. 34–40. DOI: 10.1007/978-3-642-32653-0.
9. Brown P. H., Shelp B. J. Boron mobility in plants. *Plant and Soil*. 1997. Vol. 193. P. 85–101. DOI: 10.1023/A:1004211925160.
10. Hu H., Brown P. H. Absorption of boron by plant roots. *Plant and Soil*. 1997. Vol. 193. P. 49–58. DOI: 10.1023/A:1004255707413.
11. O'Neill M. A., Ishii T., Albersheim P., Darvill A. G. Rhamnogalacturonan II: structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide. *Annual Review of Plant Biology*. 2004. Vol. 55. P. 109–139. DOI: 10.1146/annurev.arplant.55.031903.141750.
12. Agarwala S. C., Sharma P. N., Chatterjee C., Sharma C. P. Development and enzymatic changes during pollen development in boron-deficient maize plants. *Plant Physiology*. 1981. Vol. 68. P. 1020–1023. DOI: 10.1080/01904168109362841.
13. Gupta U. C. Boron and its role in crop production. Boca Raton : CRC Press, 1993. 237 p.
14. Camacho-Cristóbal J. J., Rexach J., González-Fontes A. Boron in plants: deficiency and toxicity. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2008. Vol. 50. P. 1247–1255. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2008.00742.x.
15. Shireen F., Nawaz M. A., Chen C., Zhang Q. Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2018. Vol. 127. P. 23–32. DOI: 10.3390/ijms19071856.
16. Cakmak I., Römheld V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *Plant and Soil*. 1997. Vol. 193. P. 71–83. DOI: 10.1023/A:1004259808322.
17. Canavar, Ö., Gören, H.K., Tan, U., Yilmaz, O., Kaptan, M.A. and Küçük Kaya, S. Physiological Responses of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to Multiple Combined Prolonged Drought Stress, Salinity Stress and Boron Toxicity: Insights from Pre- and Post-Recovery Stages. *J Agro Crop Science*. 2025. P. 211–218. DOI: 10.1111/jac.70047.
18. Camacho-Cristóbal J.J., Navarro-Gochicoa V.T., Rexach J.A. Plant Response to Boron Deficiency and Boron Use Efficiency in Crop Plants. *Plant Micronutrient Use Efficiency*. 2018. P. 109–121. DOI: 10.1016/B978-0-12-812104-7.00007-1.
19. Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S. M. A. Plant drought stress: effects and management. *Agronomy for Sustainable Development*. 2009. Vol. 29. P. 185–212. DOI: 10.1051/agro:2008021.
20. Добренський О.А., Авраменко С.В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від позакореневого внесення водорозчинного бору. *Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва: тези доп. Міжнар. наук.-практ. інтернет конф. Харків, 2025. С. 28–31.*

21. Dordas, C. Role of Nutrients in Controlling Plant Diseases in Sustainable Agriculture. *Sustainable Agriculture*. 2009. P. 443–460. DOI: 10.1007/978-90-481-2666-8_28.
22. Rashid A., Ryan J. Micronutrient constraints to crop production in soils with Mediterranean-type characteristics. *Plant and Soil*. 2004. Vol. 247. P. 255–268. DOI: 10.1081/PLN-120037530.
23. Nable R. O., Bañuelos G. S., Paull J. G. Boron toxicity. *Plant and Soil*. 1997. Vol. 193. P. 181–198. DOI: 10.1023/A:1004272227886.
24. Brown P. H., Bellaloui N. Boron in Plant Biology. *Plant Biology*. 2002. Vol. 4. P. 205–223. DOI: 10.1055/s-2002-25740.
25. Camacho-Cristóbal J.J., Martín-Rejano E.M. Boron deficiency inhibits root cell elongation via an ethylene/ auxin/ROS-dependent pathway in Arabidopsis seedlings. *Journal of Experimental Botany*. 2015. Vol. 66. P. 3831–3840. DOI: 10.1093/jxb/erv186.
26. Dobrenkyi O.A., Avramenko S.V. Impact of planting density on sunflower yield in eastern Ukraine. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2025. Issue 40. P. 185–192. DOI: 10.30890/2567-5273.2025-40-01-002.
27. Кириченко В.В., Кобизєва Л.П., Коломацька В.П., Макляк К.М., Леонова Н.М., Огурцов Ю.Є., Буряк Ю.І., Рябчун В.К., Доромацький Є.О. *Методологічні основи управління продукційним процесом соняшнику*. Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, Державний біотехнологічний університет. Харків. 2022, 528 с.
28. Hammer Ø., Harper D.A.T. PAST: palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4. P. 1.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.15: 631.559: 631.8: 631.527.54

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.3>

ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ СЕРЕДНЬОРАННІХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ (*ZEA MAYS L.*)

Баган А.В. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри селекції, насінництва і генетики,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-8851-5081

Улізько В.М. – аспірант кафедри селекції, насінництва і генетики,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0005-6385-5510

Основним завданням наших досліджень було вивчення закономірностей формування біометричних показників рослин, елементів продуктивності качана та рівня урожайності гібридів кукурудзи залежно від використання позакореневого підживлення. У польових умовах було закладено двофакторний дослід із вивчення показників урожайності кукурудзи у чотириразовій повторності. Матеріалом для досліджень були три гібриди кукурудзи середньоранньої групи компанії «MAS Seeds Україна»: MAS 25.F (FAO 250), MAS 23.M (FAO 260), MAS 24.C (FAO 280). Дослідження проводили за такою схемою: 1 – контроль (без обробки), 2 – позакореневе підживлення у фазі 4-6 листків; 3 – позакореневе підживлення у фазі 8-10 листків; 4 – позакореневе підживлення у фазі 4-6 + 8-10 листків. Для підживлення використовували мікродобриво Інтермаг-Кукурудза. Вивчали наступні показники – висоту рослини (см), висоту прикріплення качана (см), кількість листків на рослині (шт.), кількість рядів зерен, кількість зерен у ряді (шт.), масу зерна з качана (г), масу 1000 зерен (г), урожайність (у перерахунку на т/га).

За результатами досліджень виділено варіант комплексної обробки мікродобривом Інтермаг-Кукурудза. Встановлено вплив даного препарату на підвищення біометричних показників рослин, збільшення елементів продуктивності та рівня урожайності кукурудзи. Вивчено прояв досліджуваних ознак за варіантами дослідів. Визначено реакцію гібридів на позакореневе підживлення мікродобривом Інтермаг-Кукурудза. За комплексного підживлення рослин кукурудзи препаратом Інтермаг-Кукурудза виділено наступні гібриди кукурудзи за проявом досліджуваних ознак: MAS 23.M – за кількістю рядів зерен (18), MAS 25.F – за кількістю зерен у ряді (36 шт.), MAS 24.C – за висотою рослини (228 см), висотою прикріплення качана (99 см), кількістю листків на рослині (20,0 шт.), масою зерна з качана (175,1 г), масою 1000 зерен (342,5 г) та рівнем урожайності (8,25 т/га).

Ключові слова: мікродобриво, варіант обробки, показник FAO, біометричні показники рослин, елементи продуктивності.

Bahan A.V., Ulizko V.M. Formation of yield of medium-early corn hybrids depending on foliar feeding (*Zea mays L.*)

The main task of our research was to study the patterns of formation of biometric indicators of plants, elements of ear productivity and the level of yield of corn hybrids depending on the use of foliar feeding. In field conditions, a two-factor experiment was set up to study corn yield indicators in four replications. The material for the research was three corn hybrids of the medium-early group of the company «MAS Seeds Ukraine»: MAS 25.F (FAO 250), MAS 23.M (FAO 260), MAS 24.C (FAO 280). The research was carried out according to the following scheme: 1 – control (without treatment), 2 – foliar feeding in the phase of 4-6 leaves; 3 – foliar feeding in the phase of 8-10 leaves; 4 – foliar feeding in the phase of 4-6 + 8-10 leaves.



© Баган А.В., Улізько В.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

For feeding, the microfertilizer Intermag-Corn was used. The following indicators were studied: plant height (cm), height of attachment of the ear (cm), number of leaves on the plant (pcs.), number of rows of grains, number of grains in a row (pcs.), weight of grain per ear (g), weight of 1000 grains (g), yield (in terms of t/ha).

According to the results of the research, a variant of complex treatment with the microfertilizer Intermag-Corn was selected. The effect of this drug on increasing biometric indicators of plants, increasing productivity elements and the level of yield of corn was established. The manifestation of the studied traits was studied according to the experiment variants. The reaction of hybrids to foliar feeding with the microfertilizer Intermag-Corn was determined. With the complex feeding of corn plants with the drug Intermag-Corn, the following corn hybrids were distinguished by the manifestation of the studied traits: MAS 23.M – by the number of rows of grains (18), MAS 25.F – by the number of grains in a row (36 pcs.), MAS 24.C – by the height of the plant (228 cm), the height of the cob attachment (99 cm), the number of leaves on the plant (20.0 pcs.), the weight of grains per cob (175.1 g), the weight of 1000 grains (342.5 g) and the level of yield (8.25 t ha⁻¹).

Key words: microfertilizer, treatment variant, FAO index, biometric indicators of plants, productivity elements.

Актуальність теми дослідження. З метою отримання високої і стабільної урожайності зерна кукурудзи важливо підібрати правильний напрям вирощування культури. Актуальним є вирощування гібридів культури різних груп стиглості за різних технологій із використанням мікродобрив шляхом позакореневого підживлення [2, 3].

Застосування мікродобрив шляхом позакореневого підживлення має позитивний вплив на біометричні показники та елементи продуктивності рослин кукурудзи, забезпечуючи ефективність ростових процесів, збільшення площі листової поверхні та підвищення маси рослини кукурудзи та її окремих частин [1].

Тому на сьогоднішній день залишається актуальним отримання стабільної урожайності кукурудзи. Наразі рослинництво потребує пошуку нових засобів отримання високого продуктивного потенціалу даної культури залежно від способів та строків підживлення.

Постановка проблеми. З роками кукурудза стає більш актуальною, зростає зацікавленість серед науковців, що потребує збільшення посівних площ під дану культуру.

Важливим у рості і розвитку рослин кукурудзи є використання елементів живлення. Якщо ґрунт містить всі необхідні поживні речовини, то зростає рівень урожайності і поліпшується якість продукції завдяки генетичним особливостям гібридів. Оптимізація росту рослин залежить від адаптивності культури, її конкурентоздатності та стійкості до біотичних та абіотичних чинників. Використання елементів живлення сприяють оптимальним умовам росту і розвитку рослин культури [3, 15, 16].

У рослинництві часто для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема і кукурудзи, не вистачає необхідних елементів живлення рослин, в тому числі і мікроелементів. Нестачу даних елементів можна поповнити за рахунок використання мікродобрив. Позакореневе підживлення мікроелементами сприяє кращому засвоєнню поживних речовин [12, 17].

Сучасні підходи в агарному виробництві до вирощування сільськогосподарських рослин, а саме: використання точного землеробства та обґрунтовані способи та норми внесення добрив підвищують рівень ефективності позакореневого живлення. Таким чином, дефіцит мікроелементів у ґрунті можна компенсувати за рахунок позакореневого підживлення [8, 11].

Негативні чинники навколишнього середовища знижуються за рахунок використання мікродобрив. Тобто використання позакореневого підживлення є більш ефективним, порівняно із внесенням ґрунтових гербіцидів в умовах посухи [9, 5, 13].

Поживні елементи внаслідок надходження позакореневого підживлення швидше поглинаються і засвоюються рослинами. Продуктивність кукурудзи швидше підвищується внаслідок позакореневого підживлення макро- та мікроелементами, порівняно із іншими способами внесення [7, 12, 14].

Позакореневе підживлення на критичних стадіях росту та розвитку рослин сприяє підвищенню вмісту вуглеводів, білків та ліпідів, натури зерна, вмісту мінералів та маси зерна кукурудзи. На ефективність його застосування впливає ряд чинників, зокрема: строки внесення, склад препарату, його концентрація та ін. [3, 4].

Таким чином, актуальним залишається вивчення формування рівня урожайності кукурудзи залежно від ефективності внесення мікродобрив шляхом позакореневого підживлення.

Методика досліджень. Мета досліджень полягала у вивченні впливу мікродобрива Інтермаг-Кукурудза на продуктивність середньоранніх гібридів кукурудзи.

Дослідження проводили в умовах Полтавської області протягом 2023-2025 рр. Об'єкт досліджень – три гібриди середньоранньої групи стиглості компанії «MAS Seeds Україна»: MAS 25.F (ФАО 250), MAS 23.M (ФАО 260), MAS 24.C (ФАО 280). Облікова площа ділянки складала 25 м². Повторність – чотириразова. Попередник – соя.

Схема досліду включала такі варіанти: без обробки (контроль); позакореневе підживлення у фазі 4-6 листків; позакореневе підживлення у фазі 8-10 листків; позакореневе підживлення у фазі 4-6 + 8-10 листків мікродобривом Інтермаг-Кукурудза.

Варіанти досліду вивчали за наступними показниками: висота рослини (см), висота прикріплення качана (см), кількість листків на рослині (шт.), кількість рядів зерен, кількість зерен у ряду (шт.), маса зерна з качана (г), маса 1000 зерен (г), урожайність (у перерахунку на т/га).

Польові і лабораторні дослідження проводили згідно загальноприйнятих методик, статистичну обробку даних урожайності визначали методом дисперсійного аналізу за допомогою програми Статистика 12,0 [6, 10].

Результати досліджень. За результатами проведених досліджень за всіма варіантами досліду можна виділити варіант: позакореневе підживлення у фазі 4-6 + 8-10 листків мікродобривом Інтермаг-Кукурудза.

Встановлено, що внесення даного мікродобрива позитивно впливало на біометричні показники рослин кукурудзи. Так, показник висоти рослин у кукурудзи збільшувався залежно від варіанту обробки мікродобривом Інтермаг-Кукурудза та властивостей гібриду. Комплексна обробка даним мікродобривом за досліджуваною ознакою перевищувала контроль у гібридів кукурудзи на 10,0-12,0 см (табл. 1).

Висота прикріплення качана також варіювала у гібридів кукурудзи залежно генотипу за варіантами обробки. Позакореневе підживлення у фазі 4-6 + 8-10 листків мікродобривом Інтермаг-Кукурудза перевищувало варіант без обробки у середньому на 3-9 см у досліджуваних гібридів.

Показник кількості листків на рослині за варіантами досліду мав незначне варіювання і складав у середньому 15,0-20,0 шт. Варіант комплексного застосування даного мікродобрива перевищував контроль за досліджуваним показником у гібридів кукурудзи на 1,0-2,0 листки.

Залежно від застосування мікродобрива Інтермаг-Кукурудза показник кількості рядів зерен у гібридів кукурудзи становив відповідно: MAS 25.F – 14-16, MAS 23.M – 16-18, MAS 24.C – 14-16. Найбільшу кількість рядів зерен у досліджуваних гібридів відмічено за варіанту комплексної обробки даним препаратом (табл. 2).

Таблиця 1

Біометричні показники рослин кукурудзи (середнє за 2023-2025 рр.)

Гібрид	Варіант обробки	Висота рослини, см	Висота прикріплення качана, см	Кількість листків на рослині, шт.
MAS 25.F	1*	210	75	15,0
	2*	215	77	15,0
	3*	215	77	16,0
	4*	220	78	17,0
MAS 23.M	1*	200	80	17,0
	2*	203	81	17,5
	3*	205	81	17,5
	4*	210	89	18,0
MAS 24.C	1*	216	95	18,0
	2*	218	96	18,0
	3*	220	97	19,0
	4*	228	99	20,0

Примітка: 1 – без обробки (контроль); 2 – позакореневе підживлення у фазі 4-6 листків; 3 – позакореневе підживлення у фазі 8-10 листків; 4 – позакореневе підживлення у фазі 4-6 + 8-10 листків; * – мікродобриво Інтермаг-Кукурудза.

Таблиця 2

Елементи продуктивності качана кукурудзи (середнє за 2023-2025 рр.)

Гібрид	Варіант обробки	Кількість рядів зерен	Кількість зерен у ряду, шт.	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г
MAS 25.F	1*	14	32	136,6	305,0
	2*	14	32	138,8	310,0
	3*	14	34	139,5	312,0
	4*	16	36	148,3	320,5
MAS 23.M	1*	16	30	150,0	290,5
	2*	16	32	152,0	293,4
	3*	16	32	153,0	295,5
	4*	18	34	162,7	310,0
MAS 24.C	1*	14	28	160,1	330,5
	2*	14	28	170,1	333,8
	3*	14	30	171,3	336,0
	4*	16	32	175,1	342,5

Примітка: 1 – без обробки (контроль); 2 – позакореневе підживлення у фазі 4-6 листків; 3 – позакореневе підживлення у фазі 8-10 листків; 4 – позакореневе підживлення у фазі 4-6 + 8-10 листків; * – мікродобриво Інтермаг-Кукурудза.

Кількість зерен у ряду залежала від особливостей гібриду кукурудзи і варіанту обробки мікродобривом. Так, варіант позакореневого підживлення у фазі 4-6 + 8-10 листків мікродобривом Інтермаг-Кукурудза перевищував контроль у середньому на 4,0 зерен у досліджуваних гібридів кукурудзи.

Маса зерна з качана також збільшувалася залежно від варіанту обробки даним мікродобривом. Комплексне застосування мікродобрива Інтермаг-Кукурудза перевищувало варіант без обробки за даним показником у гібридів кукурудзи на 11,7-15,0 г.

Маса 1000 зерен варіювала за варіантами досліду аналогічно попередньому показнику. Варіант позакореневого підживлення у фазі 4-6 + 8-10 листків мікродобривом Інтермаг-Кукурудза перевищував контроль за досліджуваним показником у гібридів кукурудзи на 12,0-19,5 г.

За роки досліджень урожайність кукурудзи варіювала таким чином: 2023 рік – 8,50-9,82 т/га; 2024 рік – 5,46-7,00 т/га; 2025 рік – 6,70-7,92 т/га.

У 2023 році даний показник у досліджуваних гібридів за варіантами досліду відповідно становив: MAS 25.F – 8,50-9,20 т/га, MAS 23.M – 8,75-9,60 т/га, MAS 24.C – 9,28-9,82 т/га.

За фактором А (гібрид) урожайність гібриду MAS 24.C за всіма варіантами застосування мікродобрива Інтермаг-Кукурудза істотно перевищувала гібрид MAS 25.F ($HP_{05}=0,45$ т/га).

За фактором В (обробка) за досліджуваним показником варіант комплексної обробки мікродобривом Інтермаг-Кукурудза суттєво перевищував контроль та варіант позакореневого підживлення у фазі 4-6 листків у гібриду MAS 24.C ($HP_{05}=0,28$ т/га). А в гібридів кукурудзи MAS 25.F і MAS 23.M за досліджуваним показником комплексне застосування даного мікродобрива істотно перевищувало інші варіанти обробки, які істотно не відрізнялися між собою (табл. 3).

У 2024 році урожайність у досліджуваних гібридів за варіантами обробки відповідно становила: MAS 25.F – 6,70-7,30 т/га, MAS 23.M – 5,69-6,14 т/га, MAS 24.C – 6,20-7,00 т/га.

За фактором А даний показник гібриду MAS 24.C за всіма варіантами застосування мікродобрива Інтермаг-Кукурудза істотно перевищувала гібрид MAS 25.F ($HP_{05}=0,35$ т/га).

За фактором В за рівнем урожайності варіант комплексної обробки мікродобривом Інтермаг-Кукурудза істотно перевищував контроль та варіант позакореневого підживлення у фазі 4-6 листків у гібриду MAS 23.M ($HP_{05}=0,23$ т/га). А в гібридів кукурудзи MAS 25.F і MAS 24.C за досліджуваним показником комплексне застосування даного мікродобрива істотно перевищувало інші варіанти обробки.

У 2025 році даний показник у досліджуваних гібридів за варіантами досліду відповідно становив: MAS 25.F – 8,50-9,20 т/га, MAS 23.M – 6,85-7,58 т/га, MAS 24.C – 7,27-7,92 т/га.

За фактором А урожайність гібриду MAS 24.C за всіма варіантами застосування мікродобрива Інтермаг-Кукурудза істотно перевищувала гібрид MAS 25.F ($HP_{05}=0,33$ т/га).

За фактором В за досліджуваним показником варіант комплексної обробки мікродобривом Інтермаг-Кукурудза істотно перевищував контроль та варіант позакореневого підживлення у фазі 4-6 листків у гібриду MAS 23.M ($HP_{05}=0,27$ т/га). А в гібридів кукурудзи MAS 25.F і MAS 24.C за досліджуваним показником комплексне застосування даного мікродобрива істотно перевищувало інші варіанти обробки.

За середнім показником урожайності гібриди кукурудзи мали відповідне значення: MAS 25.F – 6,89-7,47 т/га, MAS 23.M – 7,10-7,77 т/га, MAS 24.C – 7,58-8,25 т/га.

Таблиця 3

Урожайність кукурудзи, т/га

Гібрид (фактор А)	Варіант обробки (фактор В)	Роки			
		2023	2024	2025	середня
MAS 25.F	1*	8,50	5,46	6,70	6,89
	2*	8,60	5,58	6,80	6,99
	3*	8,80	5,69	7,00	7,16
	4*	9,10	6,00	7,30	7,47
MAS 23.M	1*	8,75	5,69	6,85	7,10
	2*	8,97	5,83	6,97	7,26
	3*	9,20	5,92	7,34	7,49
	4*	9,60	6,14	7,58	7,77
MAS 24.C	1*	9,28	6,20	7,27	7,58
	2*	9,52	6,30	7,40	7,74
	3*	9,61	6,50	7,53	7,88
	4*	9,82	7,00	7,92	8,25
Середнє по досліді = 7,46					
НІР ₀₅ фактор (А)		0,45	0,35	0,33	
НІР ₀₅ фактор (В)		0,28	0,23	0,27	
НІР ₀₅ фактор (АВ)		0,47	0,38	0,36	

Примітка: 1 – без обробки (контроль); 2 – позакореневе підживлення у фазі 4-6 листків; 3 – позакореневе підживлення у фазі 8-10 листків; 4 – позакореневе підживлення у фазі 4-6 + 8-10 листків; * – мікродобриво Інтермаг-Кукурудза.

Висновки та перспективи подальших досліджень. За даними результатів досліджень було встановлено, що за біометричними показниками рослин, елементами продуктивності та рівнем урожайності кукурудзи виділено варіант комплексної обробки мікродобривом Інтермаг-Кукурудза у фазі 4-6 + 8-10 листків, що мав найбільший ефект.

За рівнем формування біометричних показників (висота рослини, висота прикріплення качана, кількість листків на рослині), елементами продуктивності (маса зерна з качана, маса 1000 зерен) та рівнем урожайності можна виділити гібрид кукурудзи MAS 24.C. За показником кількості рядів зерен відмічено гібрид MAS 23.M. Даний показник є сортовою ознакою, тому значною мірою залежать від генотипу гібриду. За показником кількості зерен у ряду виділено гібрид кукурудзи MAS 25.F.

У цілому, за елементами продуктивності та рівнем урожайності виділено гібрид кукурудзи MAS 24.C, який характеризувався найбільшим показником ФАО.

Рекомендовано використання у період вегетації кукурудзи позакореневе підживлення рослин мікродобривом Інтермаг-Кукурудза для гібридів середньоранньої групи.

Перспективою подальших досліджень є вивчення ефективності впливу даного мікродобрива на показники якості зерна кукурудзи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Баган А.В., Улізько В.М. Вплив позакореневого підживлення на урожайність середньостиглих гібридів кукурудзи (*Zea mays L.*). *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 140. С. 13-19. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.2>

2. Баган А.В., Шакалій С.М., Юрченко С.О. Формування продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи за групами стиглості. *Аграрні інновації*, 2022. № 113. С. 7-11. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.1>
3. Басюк П., Грабовський М. Вплив мікродобрив та регуляторів росту на зміну біометричних показників рослин кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 2025. 78(1), 7-22. [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-1-1](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-1-1)
4. Вожегова Р.А. та ін. Морфологічні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від елементів технології за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 91–99. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.14>
5. Дудка М.І. та ін. Формування врожайності зерна кукурудзи залежно від макро- та мікродобрив. *Зернові культури*. 2021. Т. 5. № 1. С. 45–51.
6. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Дія, 2005. 288 с.
7. Засуха А.А. Зміна біометричних показників рослин кукурудзи залежно від застосування добрив та регуляторів росту рослин. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С. 46–54. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.8>
8. Козак Л.А. та ін. Ефективність застосування регуляторів росту при вирощуванні кукурудзи на зерно за контрастних умов навколишнього середовища. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 142. Частина 1. С. 124–136. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.16>
9. Мазур В.А., Шевченко Н.В. Формування площі листової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10. № 1–2. С. 108–114. <https://doi.org/10.31548/bio2018.01.014>
10. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою : методичні рекомендації / за ред. Є.М. Лебідя. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
11. Павліченко К.В., Грабовський М.Б. Формування біометричних показників та накопичення сировинної надземної маси гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 123. С. 98–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.14>
12. Шевченко Л.А., Чмель О.П., Хоменко С.В. Вплив мікродобрив та рістрегуляторів на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах Півночі України. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 73-78. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.11>
13. Brankov M., Simic M., Mesarovic J., Kresovic B., Dragicevic V. Integrated effects of herbicides and foliar fertilizer on corn inbred line. *Chil. J. Agric. Res.* 2020. 80. PP. 50–60. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392020000100050>
14. Brankov M., Simic M., Dolijanović Ž., Rajković M., Mandić V., Dragicevic V. The response of maize lines to foliar fertilizing. *Agriculture*. 2020. 10 (9). 365. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090365>
15. Garde-Cerdán T., González-Lázaro M., Alonso-Ortiz de Urbina D., Sáenz de Urturi I., Marín-San Román S., Murillo-Peña R., Torres-Díaz L.L., Pérez-Alvarez Ev.P., and Fernández V. Foliar applications of calcium, silicon and their combination: a tool to improve grape composition and quality. *Appl. Sci.* 2023. 13. 7217. <https://doi.org/10.3390/app13127217>
16. Ssemugenze B., Ocwa A., Kuunya R., Gumisiriya C., Bojtor C., Nagy J., Széles A. And Illés Á. Enhancing maize production through timely nutrient supply: the role of foliar fertilizer application. *Agronomy*. 2025. 15 (1). 176. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010176>
17. Yadav A., Yadav K. Challenges and Opportunities in Biofertilizer Commercialization. *SVOA Microbiol.* 2024. 5. PP. 1–14. <https://doi.org/10.58624/SVOAMB.2024.05.037>

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.854.78:631.811:631.559

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.4>

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СТИМУЛЯТОРАМИ РОСТУ І МІКРОДОБРИВАМИ НА УРОЖАЙНІСТЬ ЛІНІЙ СОНЯШНИКА

Білокобильська А.І. – аспірантка лабораторії насінництва та насіннезнавства,
Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0007-1843-5079

Огурцов Ю.Є. – к.с.-г.н.,
заступник директора з науково-виробничої та господарської діяльності,
Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-4870-5654

У статті наведено результати досліджень щодо впливу передпосівної обробки насіння стимуляторами росту та мікродобривами на формування урожайності інбредних ліній соняшника. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення продуктивності батьківських компонентів гібридів, які через індухт-депресію характеризуються зниженим рівнем урожайності. Метою дослідження було встановлення ефективності різних схем передпосівної обробки насіння стерильних аналогів самозапилюваних ліній соняшника для підвищення їх продуктивності.

Дослідження проводили у 2022–2024 рр. на дослідних Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН на чорноземах типових. Об'єктом вивчення були три лінії соняшника – Сх808А, Сх17А та Сх51А. Вивчали вплив комплексу препаратів, що включали протруйники, стимулятори росту, антистресанти та мікродобрива, застосовані у різних комбінаціях. Оцінку проводили за показниками урожайності та маси 1000 насінин із використанням дисперсійного аналізу.

Встановлено, що рівень урожайності значною мірою визначається генотипом і умовами року вирощування. Найвищу продуктивність сформувала лінія Сх808А (у середньому 1,70 т/га), тоді як Сх17А забезпечила 1,29 т/га, а Сх51А – 1,02 т/га. Погодні умови істотно впливали на реалізацію потенціалу: найсприятливішим був 2023 рік, тоді як у 2024 р. через посуху спостерігалось зниження врожайності.

Передпосівна обробка насіння забезпечувала підвищення врожайності у всіх досліджуваних ліній. Найбільш ефективними виявились варіанти із застосуванням Авангард Старт (2 л/т) + Авангард Гроу Аміно (1 л/т), Нертус Плантапег (0,6 л/т) та АКМ (0,2 л/т), які забезпечили приріст урожайності на рівні 14–20 % порівняно з контролем. Максимальні значення врожайності досягали 1,75–1,77 т/га у лінії Сх808А, 1,35–1,36 т/га у Сх17А та 1,05–1,07 т/га у Сх51А. Водночас встановлено, що вплив обробки насіння має допоміжний характер і поступається дії генотипу та погодних умов.

Показник маси 1000 насінин виявився переважно генетично зумовленим: найбільші значення характерні для лінії Сх51А (до 65,9 г), найменші – для Сх17А (40,8–42,7 г). Вплив передпосівної обробки на цю ознаку був незначним.

Дисперсійний аналіз показав, що у формуванні урожайності найбільшу частку займають фактор року (11,9 %) і генотипу (66,6 %), для маси 1000 насінин визначальним є генотип (44,9 %). Частка впливу обробки насіння є невеликою, але статистично достовірною для урожайності.

Отримані результати свідчать про доцільність застосування комплексної передпосівної обробки насіння як ефективного агротехнічного заходу для підвищення продуктивності ліній соняшника та можуть бути використані у селекції та насінництві культури.

Ключові слова: соняшник, лінії, урожайність, стимулятори росту, мікродобрива, маса 1000 насінин.



Bilokobylska A.I., Ogurtsov Yu.Ye. Effect of Pre-Sowing Seed Treatment with Growth Regulators and Micronutrients on the Yield of Sunflower Lines

The article presents the results of studies on the effect of pre-sowing seed treatment with growth stimulants and micronutrient fertilizers on yield formation in sunflower inbred lines. The relevance of the study is due to the need to increase the productivity of parental components of hybrids, which, as a result of inbreeding depression, are characterized by reduced yield levels. The aim of the research was to determine the effectiveness of various pre-sowing treatment schemes for seeds of sterile analogues of self-pollinated sunflower lines to enhance their productivity.

The research was conducted in 2022–2024 at the experimental fields of the V. Ya. Yuriev Institute of Plant Production of NAAS on typical chernozem soils. The objects of the study were three sunflower lines: Skh808A, Skh17A, and Skh51A. The effect of a complex of preparations including seed dressers, growth stimulants, anti-stress agents, and micronutrient fertilizers applied in different combinations was investigated. Evaluation was carried out based on yield and thousand-seed weight using analysis of variance (ANOVA).

It was established that yield level is largely determined by genotype and growing season conditions. The highest productivity was formed by line Skh808A (on average 1,70 t/ha), while Skh17A provided 1,29 t/ha, and Skh51A – 1,02 t/ha. Weather conditions significantly affected the realization of yield potential: 2023 was the most favorable year, whereas in 2024 a decrease in yield was observed due to drought.

Pre-sowing seed treatment ensured an increase in yield in all studied lines. The most effective variants were those with the application of Nertus Start, Nertus Plantapeg and AKM, which provided a yield increase of 14–20% compared to the control. The maximum yield values reached 1.75–1.77 t/ha in line Skh808A, 1.35–1.36 t/ha in Skh17A, and 1.07–1.07 t/ha in Skh51A. At the same time, it was established that the effect of seed treatment is auxiliary and less significant than the influence of genotype and weather conditions.

The thousand-seed weight was found to be predominantly genetically determined: the highest values were characteristic of line Skh51A (up to 65.9 g), and the lowest for Skh17A (40.8–42.7 g). The effect of pre-sowing treatment on this trait was insignificant.

Analysis of variance showed that in yield formation the largest shares belong to the year factor (11.9 %) and genotype (66.6 %), while for thousand-seed weight the determining factor is genotype (44.9%). The contribution of seed treatment is relatively small but statistically significant for yield.

The obtained results indicate the feasibility of using complex pre-sowing seed treatment as an effective agronomic practice to increase the productivity of sunflower lines and can be applied in breeding and seed production of the crop.

Key words: *sunflower, lines, yield, growth stimulants, micronutrient fertilizers, thousand-seed weight.*

Постановка проблеми. У насінництві соняшнику істотною проблемою є низька продуктивність батьківських форм, яка стримує швидке впровадження у виробництво нових гібридів різних груп стиглості та призначення. Поряд з генетико-селекційними методами, не менш важливим видається розробка технологічних способів вирішення цієї проблеми, наприклад, шляхом стимуляції ростових і репродуктивних процесів, підвищення стійкості рослин соняшнику до різних шкодо чинних факторів з допомогою диференційованого застосування регуляторів росту та мікродобрив на різних етапах онтогенезу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) на сьогодні є однією з ключових сільськогосподарських культур світового значення, посідаючи четверте місце у глобальному рейтингу виробництва рослинних олій після сої, ріпаку та сафлору [1–3]. За сучасними оцінками, обсяги валового збору культури сягають від 43,8 до 52,78 млн. метричних тонн на рік, при цьому загальна площа посівних площ становить близько 24,8–25 млн гектарів [4, 5]. Частка соняшнику в загальній структурі світового виробництва харчових олій становить приблизно 12%, що відповідає 8% глобального ринку олійних культур [6, 7].

Основними виробниками соняшника у світі є Україна та РФ, на яких припадає близько 50% світового обсягу вирощування [8]. Також, в топ 10 країн входять Аргентина, Туреччина, Китай, Румунія та низка інших країн Європейського Союзу [4, 5]. Висока пластичність культури та її адаптивний потенціал дозволяють успішно культивувати соняшник у помірних широтах Америки, Європи, Азії та Африки [6, 9].

На сьогодні майже всі посівні площі соняшника у світі представлені гетерозисними гібридами та лише незначною часткою сортів популяцій кондитерського напрямку використання [10, 11]. Станом на початок 2026 року у державному реєстрі сортів рослин, придатних до поширення в Україні зареєстровано 669 гетерозисних гібридів соняшника [12]. Для створення і у подальшому розмножені нових гібридів соняшника, повинна бути наявна складна селекційна та насінницька схема, що передбачає створення та підбір батьківських компонентів гібридів. Компоненти гібридів представлені трьома типами інбредних ліній, а саме: лінія відновник фертильності пилку, стерильний аналог самозапильної лінії та лінія закріплювач стерильності пилку, які через наявну у них інцухт депресію, яка призводить до суттєвого зниження урожайності та інших ознак [13–16].

Покращення показників урожайності інбредних ліній соняшника можна вирішити із застосуванням сучасних стимуляторів та регуляторів росту рослин, а також мікродобрив. Застосування регуляторів росту рослин має низку суттєвих переваг, зокрема здатність підвищувати ефективність засвоєння поживних речовин та сприяти повнішій реалізації генетичного і фізіологічного потенціалу культури. Крім того, ці препарати характеризуються відсутністю фітотоксичності й безпечністю для довкілля, а також здатні знижувати негативний вплив важких металів у ґрунті. Водночас регулятори росту відіграють важливу роль у регуляції реакцій рослин на абіотичні стреси, активізуючи процеси росту та розвитку [9, 17–19].

Постановка завдання. Головною метою наших досліджень було вивчення впливу передпосівної обробки насіння стерильних аналогів самозапилених ліній соняшника стимуляторами росту і мікродобривами для підвищення урожайності. Визначити залежність формування маси 1000 насінин батьківських компонентів соняшнику від передпосівної обробки насіння.

Методика досліджень. Польові та лабораторні дослідження були проведені на базі Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, у період 2022–2024 рр. Ґрунтовий покрив представлений типовими середньогумусованими слабовилуженими чорноземами. Сівбу соняшника проводили у першій декаді травня за допомогою сівалки «Клен-2,8» із нормою висіву 60 тис. насінин на гектар. Методичні підходи відповідали вимогам державного сорто випробування та методичних рекомендацій при закладанні дослідів в агрономії [20]. Облікова площа дослідних ділянок становила 25 м², що були закладені у чотирьох повтореннях із систематичним розміщенням варіантів.

Урожайність визначали з площі 25 м² прямим комбайнуванням дослідних ділянок “Сампо-130” з наступним зважуванням насіння і перерахунком на 10 % вологість і 100 % чистоту насіння відповідно. Лабораторне визначення якості насіння здійснювали згідно з стандартом ДСТУ 4138-2002 [21].

Матеріалом для дослідження були використані три стерильні аналоги самозапилених ліній соняшнику – Сх808А, Сх51А та Сх17А. Селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН.

Для обробки насіння ліній соняшника нами були використані протруйники, стимулятори росту, антистресанти та мікродобрива різного походження і напрямку їх застосування.

Схеми передпосівної обробки насіння та відповідні норми витрат препаратів у дослідженні були наступні: варіант контролю (Еталон) передбачав використання суміші препаратів Баріон та Екзор у концентрації 3,0 + 6,0 л/т. Комбінації Еталона з препаратами лінійки Авангард застосовувалися у дозах: з Авангард Старт – 2,0 л/т; з Авангард Гроу Аміно – 1,0 л/т; а при одночасному додаванні Авангард Старт та Авангард Гроу – 2,0 + 1,0 л/т відповідно. Схеми із застосуванням препаратів фірми Нертус включали: Еталон + Нертус Старт – 0,8, Еталон + Нертус Плантапег – 0,6 л/т та їхню сумісну композицію – 0,8 + 0,6 л/т. Крім того, вивчалися варіанти поєднання Еталона з препаратами Purotech seeds – 1,5 л/т, АКМ 0,2 л/т та Райкат Старт – 2,5 л/т.

Статистичну обробку даних проводили у програмному забезпеченні Past 5.3. та Excel [22].

У 2022 році погодні умови вегетаційного періоду соняшнику в Харківській області характеризувалися підвищеними температурами та нерівномірним зволоженням: температурний режим переважно перевищував багаторічні показники, тоді як опади були близькими до норми лише у першій половині вегетації, а надалі зменшувалися, що спричиняло дефіцит вологи. У 2023 році відзначалося стабільне перевищення температур (на 2,3–4,2 °C) у поєднанні з контрастним режимом опадів: посуха у травні–червні змінювалася надмірним зволоженням у липні (до 235 % норми), що сприяло розвитку хвороб, хоча загалом умови залишалися задовільними. У 2024 році погодні умови були найбільш стресовими: на фоні високих температур (перевищення на 2,1–5,3 °C) спостерігався гострий дефіцит опадів (близько третини норми), їх нерівномірність і швидке випаровування, що призводило до тривалої посухи та істотно обмежувало розвиток рослин.

Результати досліджень. За результатами проведених нами польових досліджень у період 2022–2024 рр., встановлено, що найнижчий рівень урожайності відмічено у лінії Сх51А – 1,02 т/га, тоді як лінія Сх17А формувала вищу продуктивність 1,29 т/га, а максимальні значення отримано у лінії на рівні Сх808А – 1,70 т/га. Це свідчить про визначальну роль генотипових особливостей у формуванні врожайності, що підтверджується також значною величиною нами середніх відхилень.

Аналіз впливу погодних умов показав чітку тенденцію до зростання врожайності у 2023 році для всіх досліджуваних ліній. Зокрема, середні показники по фактору В становили: у 2022 р. – 1,16–1,92 т/га, у 2023 р. – 0,81–1,84 т/га, тоді як у 2024 р. спостерігалось певне зниження (1,08–1,35 т/га), що, ймовірно, пов'язано з більш стресовими умовами періоду вегетації рослин соняшника.

Щодо впливу передпосівної обробки насіння, встановлено, що всі досліджувані варіанти в тій чи іншій мірі сприяли підвищенню урожайності порівняно з контролем (еталоном). Найбільш ефективними виявилися комбіновані варіанти із застосуванням стимуляторів росту та мікродобрив. Зокрема, у лінії Сх51А максимальні значення відмічено у варіантах обробки – еталон + Авангард Старт, 2 л/т + Авангард ГроуАміно; еталон + Нертус Плантапег, 0,6 л/т.; еталон + Нертус старт, 0,8 л/т + Нертус Плантапег, 0,6 л/т, еталон + Purotechseeds, 1,5 л/т та еталон + АКМ, 0,2 л/т (варіант 4, 6–9) (до 1,04–1,07 т/га), у Сх17А – у варіантах еталон + Нертус Старт та еталон + еталон + АКМ, 0,2 л/т (варіант 5 та 9) (1,35–1,36 т/га), а у Сх808А – у варіантах 5, 6, 9 та 10 (1,75–1,77 т/га). Це свідчить про доцільність використання комплексних схем обробки насіння для підвищення продуктивності.

Водночас варіювання показників у межах одного варіанту обробки за роками (значні стандартні відхилення, особливо у ліній Сх51А та Сх808А) вказує на

істотну взаємодію факторів середовища та генотипу. Подібні результати були отримані і іншими дослідниками з використанням різних біологічних препаратів [14, 17–19].

Статистичний аналіз (HIP_{05} : 0,03 для факторів А, В і С) підтверджує достовірність виявлених відмінностей між лініями, роками вирощування та варіантами обробки насіння (табл. 1).

За результатами проведених нами розрахунків урожайності досліджуваних ліній при стандартній вологості та 100 % чистоти насіння було встановлено, що найнижчі показники врожайності для всіх ліній характерні для варіантів обробки 1 та 2, де значення коливаються від 0,92 до 1,19 т/га (для Сх17А та Сх51А) та до 1,54–1,63 т/га у лінії Сх808А відповідно.

Лінія Сх808А виявилася найбільш продуктивною серед досліджуваних генотипів у всіх варіантах обробки. Максимальні показники врожайності для цієї лінії зафіксовані у варіантах обробки 5 та 10, де вони досягли пікового значення 1,77 т/га. Також висока ефективність обробки для Сх808А спостерігалася у варіантах 6 у межах 1,76 т/га та 9 на рівні 1,75 т/га, що свідчить про стабільну позитивну реакцію даного генотипу на обробку насіння.

Для лінії Сх17А оптимальними варіантами обробки насіння виявилися варіанти 5 на рівні 1,36 т/га та 9 до 1,35 т/га у середньому за роки дослідження. Порівняно з контролем (варіант 1 – 1,14 т/га), приріст врожайності склав близько 20 %. Лінія Сх51А продемонструвала дещо нижчий загальний потенціал врожайності, проте найкращі результати для неї зафіксовані у варіантах обробки насіння 4, 6–9, де показник становив 1,04–1,07 т/га відповідно. Встановлено, що варіанти обробки 4, 6 та 9 (еталон + Авангард Старт, 2 л/т + Авангард ГроуАміно, 1 л/т; еталон + Нертус Плантапег, 0,6 л/т та еталон + АКМ, 0,2 л/т) виявилися універсально ефективними для всіх трьох ліній, забезпечуючи високі показники продуктивності.

Таким чином, можна зробити висновок, що варіанти обробки 4 (еталон + Авангард Старт, 2 л/т + Авангард Гроу Аміно, 1 л/т), 6 (еталон + Нертус Плантапег, 0,6 л/т) та 9 (еталон + АКМ, 0,2 л/т) є найбільш перспективними для впровадження у технологію насінництва соняшнику (рис. 1).

Відповідно до отриманих нами результатів лабораторного аналізу ознаки маси 1000 насінин було встановлено суттєву генотипову диференціацію за цим показником, де лінія Сх51А стабільно демонструє найбільшу масу насіння, тоді як лінія Сх17А характеризується найменшими значеннями в усіх варіантах дослідів.

Лінія Сх51А виявилася найбільш чутливою до варіантів обробки в контексті збільшення маси насіння. Максимальні показники для цієї лінії зафіксовані у варіантах 5 – 65,9 г та 6 – 64,3 г відповідно у середньому за роки. Порівняно з контролем – 61,3 г, збільшення маси 1000 насінин у 5 варіанті склав понад 7 %, що вказує на високу ефективність даних стимуляторів саме для цього генотипу. В інших варіантах показники Сх51А коливалися в межах 62,3–63,4 г, що все одно значно перевищує результати інших ліній.

Для лінії Сх808А встановлено проміжне положення за масою 1000 насінин. Найвищі значення для неї характерні для варіантів обробки 1 – 49,3 г та 9 на рівні 49,5 г відповідно. Характерно, що для цієї лінії спостерігається тенденція до зниження маси 1000 насінин у варіантах обробки 3 та 4 – 47,5 г.

Найменші показники маси 1000 насінин продемонструвала лінія Сх17А. Максимальне значення було нами встановлено у варіантах 1, 2 та 3 – 42,3–42,7 г, після чого спостерігалася певне зниження даної ознаки. Найнижчі значення зафіксовані у варіантах обробки 4 – 40,8 г та 5 – 40,7 г відповідно (рис. 2).

Таблиця 1

**Урожайність ліній соняшника на дослідних ділянках,
залежно від варіанту обробки насіння, т/га**

Варіант обробки	Сх51А			Середнє по фактору С
	2022	2023	2024	
1*	1,09	0,71	0,95	0,92±0,19
2	1,14	0,73	1,03	0,97±0,21
3	1,15	0,77	1,10	1,01±0,21
4	1,23	0,77	1,14	1,05±0,24
5	1,14	0,75	1,02	0,97±0,20
6	1,21	0,84	1,16	1,07±0,20
7	1,14	0,81	1,18	1,04±0,20
8	1,17	0,90	1,09	1,05±0,14
9	1,15	0,93	1,05	1,04±0,11
10	1,13	0,86	1,03	1,01±0,14
Середнє по фактору В	1,16	0,81	1,08	
Середнє по фактору А	1,02			
Варіант обробки	Сх17А			Середнє по фактору С
	2022	2023	2024	
1	1,22	1,11	1,07	1,13±0,08
2	1,30	1,13	1,14	1,19±0,10
3	1,27	1,22	1,34	1,28±0,06
4	1,34	1,26	1,34	1,31±0,05
5	1,27	1,43	1,36	1,35±0,08
6	1,31	1,44	1,23	1,33±0,11
7	1,28	1,30	1,31	1,30±0,02
8	1,26	1,31	1,27	1,28±0,03
9	1,31	1,36	1,37	1,35±0,03
10	1,29	1,35	1,34	1,33±0,03
Середнє по фактору В	1,29	1,29	1,28	
Середнє по фактору А	1,29			
Варіант обробки	Сх808А			Середнє по фактору С
	2022	2023	2024	
1	1,78	1,58	1,25	1,54±0,23
2	1,89	1,62	1,38	1,63±0,22
3	1,96	1,79	1,37	1,71±0,28
4	1,95	1,70	1,40	1,68±0,24
5	1,92	2,08	1,32	1,77±0,35
6	1,86	2,02	1,39	1,76±0,28
7	1,94	1,71	1,35	1,67±0,27
8	2,00	1,81	1,39	1,73±0,29
9	1,88	2,06	1,30	1,75±0,34
10	1,97	2,02	1,31	1,77±0,34
Середнє по фактору В	1,92	1,84	1,35	
Середнє по фактору А	1,70			
НІР ₀₅ по фактору А – 0,03; НІР ₀₅ по фактору В – 0,03; НІР ₀₅ по фактору С – 0,03				

* – 1. Протруєння насіння Баріон, 3 л/т + Екзор, 6 л/т (етелон); 2. еталон + Авангард Старт, 2 л/т.; 3. еталон + Авангард ГроуАміно, 1 л/т. 4. еталон + Авангард Старт, 2 л/т + Авангард ГроуАміно, 1 л/т.; 5. еталон + Нертус Старт, 0,8 л/т.; 6. еталон + НертусПлантанег, 0,6 л/т.; 7. еталон + Нертус старт, 0,8 л/т + НертусПлантанег, 0,6 л/т.; 8. еталон + Purotech Seeds, 1,5 л/т.; 9. еталон + АКМ, 0,2 л/т.; 10. еталон + Райкат Старт, 2,5 л/т.

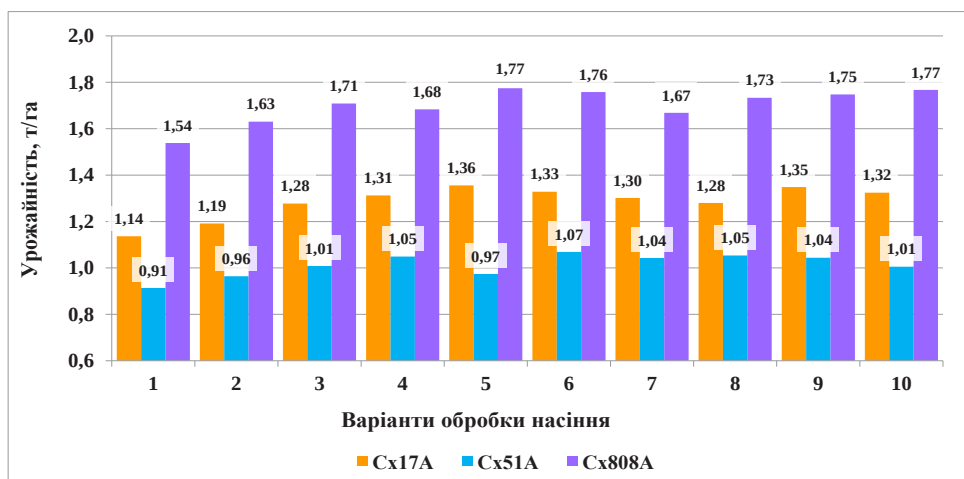


Рис. 1. Урожайність ліній соняшника залежно від обробки насіння, середнє за 2022–2024 рр., т/га.

* – 1. Протруєння насіння Баріон, 3 л/т + Екзор, 6 л/т (еталон); 2. еталон + Авангард Старт, 2 л/т; 3. еталон + Авангард Гроу Аміно, 1 л/т; 4. еталон + Авангард Старт, 2 л/т + Авангард Гроу Аміно, 1 л/т; 5. еталон + Нертус Старт, 0,8 л/т; 6. еталон + Нертус Плантанег, 0,6 л/т; 7. еталон + Нертус старт, 0,8 л/т + Нертус Плантанег, 0,6 л/т; 8. еталон + Purotech Seeds, 1,5 л/т; 9. еталон + АКМ, 0,2 л/т; 10. еталон + Райкат Старт, 2,5 л/т.

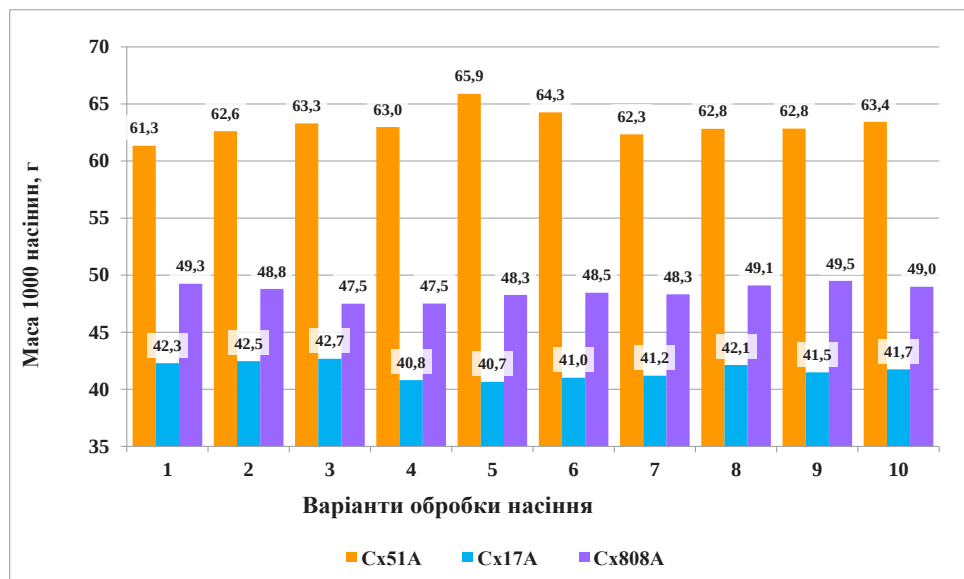


Рис. 2. Вплив обробки насіння ліній соняшника стимуляторами росту і мікродобривами на ознаку маси 1000 насінин, середнє за 2022–2024 рр., г.

* – 1. Протруєння насіння Баріон, 3 л/т + Екзор, 6 л/т (еталон); 2. еталон + Авангард Старт, 2 л/т; 3. еталон + Авангард Гроу Аміно, 1 л/т; 4. еталон + Авангард Старт, 2 л/т + Авангард Гроу Аміно, 1 л/т; 5. еталон + Нертус Старт, 0,8 л/т; 6. еталон + Нертус Плантанег, 0,6 л/т; 7. еталон + Нертус старт, 0,8 л/т + Нертус Плантанег, 0,6 л/т; 8. еталон + Purotech Seeds, 1,5 л/т; 9. еталон + АКМ, 0,2 л/т; 10. еталон + Райкат Старт, 2,5 л/т.

Аналіз структури варіації показав, що формування урожайності найбільшою мірою визначається впливом року вирощування (фактор В – 11,9 %) та генотипу (фактор А – 66,6 %), причому обидва фактори є статистично значущими ($p < 0,05$). Це свідчить про домінуючу роль погодних умов та біологічних особливостей ліній у реалізації продуктивного потенціалу. Водночас суттєвим є і вклад їх взаємодії ($A \times B$ – 13,2 %), що вказує на різну реакцію генотипів на зміну гідротермічних умов років дослідження. Частка впливу передпосівної обробки насіння (фактор С) на урожайність є не високою (3,2 %), хоча статистично достовірною, що підтверджує допоміжний, але позитивний характер цього агротехнічного заходу. Інші взаємодії ($A \times C$ та $B \times C$) мають мінімальний вплив, а частка неврахованих факторів становить лише 4,5 %, що свідчить про високу пояснювальну здатність моделі. Подібний розподіл факторів впливу був встановлений і у інших дослідженнях [14, 23].

На відміну від урожайності, формування маси 1000 насінин у переважній мірі контролюється генотипом (44,9 %), що підкреслює генетичну зумовленість цієї ознаки. Вплив року вирощування є меншим (33,9 %), але статистично значущим, що вказує на певну модифікуючу роль погодних умов. Взаємодія генотипу з роком ($A \times B$ – 18,2 %) також має істотне значення, підтверджуючи різну стабільність прояву ознаки у різних ліній залежно від умов середовища. Водночас вплив передпосівної обробки насіння (0,1 %) та більшості взаємодій з нею ($A \times C$ – 0,4 %; $B \times C$ – 1,0 %) є незначним і переважно недостовірним, що свідчить про обмежену ефективність цього фактору щодо зміни крупності насіння. Частка неврахованих факторів (1,5 %) дещо менша, ніж для урожайності (табл. 2).

Таблиця 2

**Вплив факторів на формування ознак урожайності
та маси 1000 насінин ліній соняшника**

Фактор впливу	Урожайність, %	Маса 1000 насінин, %
Фактор А (Лінія)	66,6*	44,9*
Фактор В (Рік)	11,9*	33,9*
Фактор С (Варіант обробки)	3,2*	0,1
Взаємодія $A \times B$	13,2*	18,2*
Взаємодія $A \times C$	0,2	0,4
Взаємодія $B \times C$	0,4*	1,0
Невраховані фактори	4,5	1,5
Разом	100,0	100,0

Примітка: * – вплив фактора статистично значущий при рівні $p < 0,05$.

Висновки. У результаті проведених досліджень нами встановлено, що формування урожайності ліній соняшника значною мірою визначається генотиповими особливостями та умовами року вирощування. Найвищу середню урожайність за 2022–2024 рр. сформувала лінія Сх808А – 1,70 т/га, тоді як Сх17А забезпечила 1,29 т/га, а найнижчі показники встановлені у Сх51А – 1,02 т/га.

Передпосівна обробка насіння стимуляторами росту та мікродобривами забезпечувала підвищення продуктивності у всіх досліджуваних ліній. Найбільш ефективними виявилися варіанти із застосуванням Авангард Старт (2 л/т) + Авангард Гроу Аміно (1 л/т), Нертус Плантапег (0,6 л/т) та АКМ (0,2 л/т), де приріст урожайності порівняно з контролем досягав 14–20 %. Зокрема, у лінії Сх808А

урожайність зростала до 1,75–1,77 т/га, у Сх17А – до 1,35–1,36 т/га, у Сх51А – до 1,05–1,07 т/га.

Встановлено, що маса 1000 насінин є переважно генетично зумовленою ознакою. Найбільші значення встановлено у лінії Сх51А у межах до 65,9 г, а лінія Сх17А характеризувалася найменшими показниками у межах 40,8–42,7 г. Вплив обробки насіння на цю ознаку був обмеженим і значно поступався впливу генотипу.

Дисперсійний аналіз підтвердив, що у формуванні урожайності найбільшу частку займають фактор року (11,9 %) і генотипу (66,6 %), для маси 1000 насінин також визначальним є генотип (44,9 %). Частка впливу варіантів обробки є не великою (3,2 і 0,1 %), проте статистично достовірною для урожайності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Adeleke B. S., Babalola O. O. Oilseedcropsunflower (*Helianthusannuus*) as a sourceoffood: Nutritionalandhealthbenefits. *FoodScience&Nutrition*. 2020. Vol. 8, № 9. P. 4666–4684. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>
2. Sipio W. D., Sahar W. A., Abro T. F., Keerio J. M., Sipio N., Unar I. H., Kakar B. K. Thecorrelationandregressionanalysisindifferentgenotypesofsunflower (*Helianthusannuus* L.). *PakistanJournalofBiotechnology*. 2024. Vol. 21, № 1. P. 172–177. DOI: <https://doi.org/10.34016/pjbt.2024.21.01.893>
3. Chuiko D. V., Kyrychenko V. V., Bilyk V. V. AgrobiologicalevaluationofsunflowerhybridsinEasternUkraine. *PlantBreedingandSeedProduction*. 2025. № 127. P. 56–67. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2025.333766>
4. Chambó E. D., DeOliveira N. E., Garcia R. C., Ruvolo-Takasusuki C. C., DeToledo V. D. A. A. Phenotypiccorrelationandpathanalysisinsunflowergenotypesandpollinationinfluenceonestimates. *OpenBiologicalSciencesJournal*. 2017. Vol. 3, № 1. P. 9–15. DOI: <https://doi.org/10.2174/2352633501703010009>
5. Yi L., Bao H., Wu Y., Mu Y., Du C., Peng J., Yu H. Chromosome-levelgenomeassembliesofsunfloweroilseedandconfectionerycultivars. *ScientificData*. 2025. Vol. 12, № 1. Article 24. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-024-04097-z>
6. Li Y., Gong H., Cui X., Wang X., Chen Y., Li H., Zhao J. Integratedmetabolomicsandflavorprofilingprovideinsightsintothemetabolicbasisofflavorandnutritionalcompositiondifferencesbetweensunflowervarieties SH363 and SH361. *Foods*. 2025. Vol. 15, № 1. Article 106. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods15010106>
7. Sher A., Arfat M. Y., Ul-Allah S., Sattar A., Ijaz M., Manaf A., Gasparovic K. Conservationtillageimprovesproductivityofsunflower (*Helianthusannuus* L.) underreducedirrigationonsandyloamsoil. *PLoS ONE*. 2021. Vol. 16, № 12. Article e0260673. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260673>
8. Pari L., Latterini F., Stefanoni W. Herbaceousoilcrops: a reviewonmechanicalharvestingstateoftheart. *Agriculture*. 2020. Vol. 10, № 8. Article 309. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10080309>
9. Чуйко Д. В. Продуктивність і елементи формування структури урожаю генотипів соняшнику при обробці регуляторами росту рослин. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2020. № 1–2. С. 114–127. DOI: <https://doi.org/10.35550/visnykagro2020.01-02.114>
10. Кириченко В. В., Макляк К. М., Леонова Н. В., Коломацька В. П., Леонов О. Ю. Особливості технології вирощування гібридів соняшнику кондитерського типу в умовах східної частини Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2023. Т. 101, № 1. С. 14–21. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-02>
11. Chuiko D. V., Kryvoruchenko R. V. EnvironmentalplasticityandstabilityofconfectionerysunflowervarietiesintheconditionsoftheEasternForestSteppeofUkraine. *ScientificProgress&Innovations*. 2023. Vol. 26, № 3. P. 26–30. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.05>

12. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2026 рік / Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України. URL: <https://me.gov.ua> (дата звернення: 14.03.2026).
13. Макляк К. М., Кириченко В. В., Брагін О. М. Селекція нових ліній закріплювачів стерильності соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2009. № 97. С. 13–19. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2009.77036>
14. Ведмедєва К. В., Носаль О. О. Оцінка крупноплідних ліній соняшнику за кількісними характеристиками морфологічних ознак. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2020. № 29. С. 46–55.
15. Чуйко Д. В. Evaluation of sunflower starting material for breeding valuable traits. *Селекція і насінництво*. 2022. № 121. С. 6–14. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2022.260986>
16. Спеціальна селекція і насінництво польових культур : навч. посіб. / за ред. В. В. Кириченка. Харків : IP ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2010. 462 с.
17. Jung J., Rademacher W. Plant growth regulating chemicals: cereal grains. *Plant Growth Regulating Chemicals*. 2018. Vol. 2. P. 253–271.
18. Gruzova K. A., Bashmakov D. I., Miliauskienė J., Vaštakaitė V., Duchovskis P., Lukatkin A. S. The effect of a growth regulator Ribav-Extra on winter wheat seedling exposure to heavy metals. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2018. Vol. 105, № 3. P. 227–234. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.029>
19. Upreti K., Maryada S. Role of plant growth regulators in abiotic stress tolerance. *Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops*. 2016. P. 19–46. DOI: https://doi.org/10.1007/978-81-322-2725-0_2
20. Волкодав В. В. Методика державного сортового випробування сільськогосподарських культур. Київ : Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин, 2000. 100 с.
21. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ : Держстандарт України, 2003. 173 с.
22. Hammer Ø., Harper D. A. T. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4, № 1. P. 1.
23. Чуйко Д. В. Формування підвищеної продуктивності генотипів соняшнику залежно від регуляторів росту рослин в східній частині Лісостепу України : дис. ... д-ра філософії : 201 – Агрономія. Харків : Державний біотехнологічний університет, 2021. 220 с.

Дата першого надходження статті до видання: 15.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.853.49:631.53.048

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.5>

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНОЛОГІЇ НА ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Булах А.О. – аспірант кафедри польових і овочевих культур,
Одеський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0006-0008-3434

У статті наведено результати комплексної оцінки строків сівби та норм висіву насіння озимого ріпаку різних генотипів на формування елементів продуктивності гібридів ріпаку озимого різних генотипів в умовах Західного Лісостепу України. Польові досліді зі строками сівби озимого ріпаку проведено у 2023–2024 та 2024–2025 вегетаційних роках в Тернопільській обл., с. Цицори, Зборівський район 49°35'50.9"N 25°15'39.4"E. Схема досліді включала 4 строки сівби: 20.08, 26.08, 02.09, 09.09 та норми висіву насіння: 350, 540, 700 тисяч схожих насінин на гектар.

За фактором А (строк сівби) встановлено: за сівби 20.08 маса насіння з стручка становила 0,0531–0,0546 г./стручок; за сівби 26.08 спостерігали найбільшу масу насіння з стручка – 0,0541–0,0556 г./стручок; за сівби 02.09 – 0,0516–0,0524; за сівби 09.09 – отримано найменшу масу насіння з стручка – 0,0442–0,0459 г./стручок. У середньому за роки досліджень найбільшу масу насіння з стручка на рослині по фактору В (норма висіву) показали гібриди за норми висіву 350 тисяч насінин/га – 0,0670 г./стручок, найменшу кількість стручків гібриди сформували за норми висіву 700 тис. нас./га – 0,0354 г./стручок. За норми висіву 540 тис. насінин/га маса насіння з стручка становила 0,0519 г./стручок. Найбільша кількість стручків на рослині спостерігалась в середньому у гібриду Арканзас – 142,2 шт., мінімальна кількість у гібриду ДК Імнімент – 140 шт., у гібриду Темпо кількість стручків на рослині спостерігалась в середньому була – 141,6 шт. У середньому за роки дослідження найбільшу кількість стручків на рослині по фактору В (норма висіву) показали гібриди за висіву 350 тис. сх. нас./га – 146,7 шт., найменшу кількість стручків гібриди сформували за норми висіву 700 тис. сх. нас./га – 135,4 шт. За норми висіву 540 тис. сх. нас./га стручків на рослині сформувалось – 142,9 шт.

Для розкриття генотипового потенціалу продуктивності гібридів ріпаку озимого необхідно експериментальним шляхом встановлювати оптимальну густоту рослин та строків сівби в конкретній агроекологічній зоні. В структурі урожайності гібридів ріпаку озимого кількість стручків на рослині та маса насіння зі стручка є важливими компонентами, проте, не встановлено високої прямої кореляції між урожайністю насіння та цими показниками. Залежність між ними носить криволінійну форму і для кожного генотипу є певні параметри цих показників, що становлять синергічний вплив на підвищення урожайності насіння.

Ключові слова: ріпак озимий, гібрид, строк сівби, норма висіву, кореляція, структура урожайності.

Bulakh A.O. Influence of agricultural technology elements on the formation of productivity elements of winter rape hybrids of different genotypes in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine

The article presents the results of a comprehensive assessment of sowing dates and sowing rates of winter rapeseed of different genotypes on the formation of productivity elements of winter rapeseed hybrids of different genotypes in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. Field experiments with sowing dates of winter rapeseed were conducted in the 2023–2024 and



© Булах А.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

2024–2025 growing years in Ternopil region, village of Tsytsory, Zboriv district 49°35'50.9"N 25°15'39.4"E. The experiment scheme included 4 sowing dates: 20.08, 26.08, 02.09, 09.09 and seed sowing rates: 350, 540, 700 thousand similar seeds per hectare.

By factor A (sowing date) it was established: when sowing on 20.08, the mass of seeds per pod was 0.0531–0.0546 g/pod; when sowing on 26.08, the largest mass of seeds per pod was observed – 0.0541–0.0556 g/pod; when sowing on 02.09 – 0.0516–0.0524; when sowing on 09.09 – the smallest mass of seeds per pod was obtained – 0.0442–0.0459 g/pod. On average over the years of research, the highest seed mass per pod per plant by factor B (seeding rate) was shown by hybrids at seeding rates of 350 thousand seeds/ha – 0.0670 g/pod, the lowest number of pods was formed by hybrids at seeding rates of 700 thousand seeds/ha – 0.0354 g/pod. At seeding rates of 540 thousand seeds/ha, the seed mass per pod was 0.0519 g/pod. The highest number of pods per plant was observed on average in the Arkansas hybrid – 142.2 pcs., the minimum number in the DK Imminent hybrid – 140 pcs., in the Tempo hybrid the number of pods per plant was observed on average – 141.6 pcs. On average over the years of the study, the highest number of pods per plant by factor B (seeding rate) was shown by hybrids at a seeding rate of 350 thousand sq. plants/ha – 146.7 pcs., the lowest number of pods was formed by hybrids at a seeding rate of 700 thousand sq. plants/ha – 135.4 pcs. At a seeding rate of 540 thousand sq. plants/ha, 142.9 pcs. of pods were formed per plant.

To reveal the genotypic productivity potential of winter rapeseed hybrids, it is necessary to experimentally establish the optimum plant density and sowing dates in a specific agroecological zone. In the yield structure of winter rapeseed hybrids, the number of pods per plant and the mass of seeds per pod are important components, however, a high direct correlation between seed yield and these indicators has not been established. The dependence between them has a curvilinear form and for each genotype there are certain parameters of these indicators that constitute a synergistic effect on increasing seed yield.

Key words: winter rapeseed, hybrid, sowing date, seeding rate, correlation, yield structure.

Постановка проблеми. Ріпак озимий є агрокультурою, яка має високу конкурентну спроможність завдяки попиту на олію на міжнародному ринку. Отримання додаткових прибутків за вирощування цієї культури, можливе лише за умови пошуку шляхів, які б забезпечили зростання приростів урожаю завдяки максимальній реалізації генетичного потенціалу конкретного гібриду.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Площі вирощування під ріпаком в Україні зростають. Ріпаку озимому сьогодні віддають перевагу, попри складні умови перезимівлі цієї культури. Аналіз структури посівів свідчить, що ріпак озимий вирощується на площі, що відповідає 85–90 % усієї площі під ріпаками різного типу розвитку [1, 2].

Реалізація генетичного потенціалу культур визначається рядом чинників, серед яких агрокліматичні умови регіону, сортові характеристики посівного матеріалу, строки сівби, густота посіву, умови живлення, система захисту. Вагоме значення для формування продуктивності належить правильному підбору сорту та гібриду, який би був максимально адаптований до умов вирощування, тобто був пластичним та стабільним [3, 4].

Сівба є однією з найважливіших агротехнічних операцій у вирощуванні ріпаку озимого [5]. Для досягнення стабільних і високих врожаїв важливо правильно вибрати строки сівби, оскільки це має значний вплив на урожайність культури. Строки можуть варіюватися залежно від зони вирощування, при їх виборі слід враховувати біологічні аспекти культури та забезпечити оптимальні фази онтогенезу для її перезимівлі. Дослідження показали, що зниження чисельності рослин ріпаку озимого взимку часто викликане такими чинниками, як надмірний розвиток рослин в осінній період і відсутність добре сформованої кореневої системи. Тому аналізуючи дані, важливо звертати увагу на підготовку ґрунту до сівби та строки [6].

Отже, найоптимальніший строк сівби – це той, що забезпечує достатні умови для нормального розвитку рослин ріпаку озимого восени. Дослідники не дійшли

до єдиної позиції щодо тривалості осіннього вегетаційного періоду [7]. Різниця в тривалості вегетації рослин восени в першу чергу пов'язана із сумою позитивних температур, необхідних для найкращого розвитку. Для оптимального вегетативного росту ріпаку озимого достатня сума температур вище 5,0 °C має становити 700,0–800,0 °C [8].

Посіви надранніх строків можуть призвести до переростання рослин, що в свою чергу викликає нарощування надмірної вегетативної маси. Це може завдати шкоди точці росту в наслідок впливу низьких температур. Натомість рослини, що посіяні надто рано, формують стебла замість прикореневої розетки, а також можуть переходити до стадії бутонізації або навіть цвітіння. При цьому у них спостерігається потовщення коренів, які виходять на поверхню ґрунту і часто мають пустоти, що призводить до гниття і загибелі рослин [9]. Важливо зазначити, що поява стебел, бутонів або квітів восени є аномалією в розвитку рослин. Для утворення генеративних органів рослини повинні пройти яровізацію, яка в умовах поля відбувається за осінньо-зимовий період у фазу розетки при тривалій дії низьких температур, при температурі 2,0 °C протягом 40,0–45,0 днів [10].

Серед основних елементів технології вирощування ріпаку озимого є добір адаптивних гібридів і сортів, строки, способи сівби та норми висіву насіння [11]. При дуже ранніх або пізніх строках сівби рослини не формують добре розвинену розетку, не встигають адаптуватися до умов, внаслідок чого знижується їх зимостійкість. Як результат, такі посіви стають рідшими та стрімко знижують урожайність. Наукові дослідження показали, що в умовах посухи ранні посіви забезпечують вищу врожайність насіння в порівнянні з пізніми та оптимальними строками сівби [12].

Огляд джерел наукової літератури свідчить, що єдиної думки щодо оптимальної ширини міжрядь та норми висіву насіння ріпаку озимого не існує [13, 14]. Дослідники вважають, що оптимальний термін сівби ріпаку на насіння – 10–20 серпня за ширини міжрядь 30 і 45 см [15].

Для умов Лісостепу Правобережного доцільно вирощувати середньостиглий гібрид ріпаку, який більш урожайний, ніж середньопізні гібриди. Кращі строки сівби – друга та третя декади серпня [16]. Для умов північної частини Лісостепу оптимальним строком сівби вчені пропонують першу декаду вересня [17]. Збільшення норми висіву та ширини міжрядь для міжрядного обробітку може зменшити забур'яненість посівів за органічного вирощування ріпаку [18].

Установлено, що за результатами дослідження проведеними впродовж 2020–2021 рр. на чорноземах опідзолених важливим показником формування продуктивності ріпаку озимого є структура врожаю. Кореляційний аналіз дав можливість установити сильний позитивний зв'язок між елементами структури врожаю ріпаку озимого та його урожайністю [19].

Метою досліджень було вивчення та обґрунтування доцільності та напрямку оптимізації строків сівби та норми висіву насіння озимого ріпаку різних генотипів в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріали і методи досліджень. Польові досліді зі строками сівби озимого ріпаку проведено у 2023–2024 та 2024–2025 вегетаційних роках в Тернопільській обл., с. Цицори, Зборівський район 49°35'50.9"N 25°15'39.4"E. Наявність суттєвості різниці показників визначали математичною обробкою методом варіаційного та дисперсійного аналізу. Схема досліді включала 4 строки сівби: 20.08, 26.08, 02.09, 09.09. Ділянки у досліді розміщали послідовно у 2 яруси з 4-разовим повторенням. Площа облікової ділянки становила 180 м². Норма висіву насіння: 350,

540, 700 тис. схожих насінин на гектар. Сівбу проводили пневматичною сівалкою точного висіву Nodet Goudis PneumasemII

Досліджували гібриди ріпаку озимого:

Темпо – середньопізній інтенсивний гібрид селекції Lembke із високим вмістом олії. Гібрид має високу зимостійкість, стійкість до вилягання та розтріскування стручків, а також резистентність до фомозу та вірусу пожовтіння турнепсу.

Арканзас (Limagrain) – середньоранній гібрид. Має толерантність до фомозу, а також має високу толерантність до вертицильозу і склеротинії, що дозволяє отримувати стабільно високі врожаї в різних умовах вирощування.

ДК Іммінент від Monsanto (Dekalb) – середньостиглий гібрид озимого ріпаку, призначений для системи Clearfield.

Дослідження виконано згідно з загальноприйнятими методиками [20, 21].

Виклад основного матеріалу дослідження. Як свідчать результати досліджень Лавриненка Ю. О. та ін., на формування структури врожаю агрокультур впливають кліматичні умови та агротехнічні заходи, зокрема норми висіву [22–24].

Нашими дослідженнями встановлено, що норми висіву та строки сівби впливали на кількість стручків на рослинах ріпаку озимого (табл. 1).

Аналіз кількості стручків показав, що найбільша кількість стручків на рослині ріпаку озимого гібриду Арканзас була на варіанті, за сівби 20.08 та норми висіву 350 тис. нас./га – 149,3–150,3 штук. Мінімальна кількість стручків у цього гібриду спостерігалась за сівби 09.09 та норми висіву 700 тис. нас./га – 130,3–133,2 шт.

У гібриду Темпо найбільша кількість стручків на рослині спостерігалась на варіанті, за сівби 26.08 та норми висіву, 350 тис. нас./га – 153,8–157,7 шт., а мінімальна кількість стручків у цього гібриду спостерігалась за сівби 09.09 та норми висіву 700 тис. сх. нас./га – 130,9–131,5 шт.

У гібриду ДК Іммінент найбільша кількість стручків на рослині спостерігалась на варіанті за сівби 02.09 та норми висіву 350 тис. сх. нас./га – 145,7–147,2 шт., а мінімальна кількість стручків у цього гібриду спостерігалась за сівби та 09.09 та норми висіву 700 тис. сх. нас./га – 130,7–131,4 шт.

За фактором А (строк сівби) маємо такі результати: за сівби 20.08 кількість стручків – 140,6–142,1 шт.; за сівби 26.08 спостерігаємо найбільшу кількість стручків – 142,6–143,6 шт.; 02.09 – 141,2–143,1; за сівби 09.09 – отримано найменшу кількість стручків – 137,7–139,3.

Результати досліджень показали, що найбільша кількість стручків на рослині спостерігалась в середньому у гібриду Арканзас – 142,2 шт., мінімальна кількість у гібриду ДК Іммінент – 140 шт., у гібриду Темпо кількість стручків на рослині спостерігалась в середньому була – 141,6 шт.

З метою встановлення пов'язаності кількості стручків на рослині з урожайністю насіння гібридів ріпаку озимого було розраховано тісноту кореляційного зв'язку. Встановлено наявність криволінійного кореляційного зв'язку кількості стручків на рослині з урожайністю (рис. 1). Криволінійна залежність врожайності з кількістю стручків на рослині засвідчує, що зростання кількості стручків на рослині в умовах нашого експерименту має певні межі після перевищення величини якої насіннева продуктивність знижується.

У середньому за роки дослідження найбільшу кількість стручків на рослині по фактору В (норма висіву) показали гібриди за висіву 350 тис. сх. нас./га – 146,7 шт., найменшу кількість стручків гібриди сформували за норми висіву 700 тис. сх. нас./га – 135,4 шт. За норми висіву 540 тис. сх. нас./га стручків на рослині сформувалось – 142,9 шт.

Таблиця 1

**Кількість стручків на рослині гібридів ріпаку озимого залежно від строків
сівби та норм висіву, шт./рослину**

Строк сівби (фактор А)	Гібрид (фактор Б)	Норма висіву, тис. схожих насінин/га (фактор В)	Кількість стручків, шт./рослину				
			2023-2024 вегетаційний рік	2024-2025 вегетаційний рік	Середнє по фактору Б	Середнє по фактору В	
20.08	Арканзас	350	149,3	150,3	142,2	146,7	
		540	146,6	148,2		142,9	
		700	131,4	132,4		134,3	
	Темпо	350	144,7	147,7	141,6		
		540	140,8	141,7			
		700	134,9	135,5			
	ДК Іммінент	350	141,7	143,7	140,0		
		540	139,7	140,7			
		700	136,7	138,7			
Середнє по фактору А			140,6	142,1			
26.08	Арканзас	350	148,7	149,8			
		540	145,3	146,4			
		700	133,1	131,3			
	Темпо	350	153,8	157,7			
		540	146,7	148,7			
		700	134,9	135,5			
	ДК Іммінент	350	142,7	143,6			
		540	140,7	141,4			
		700	137,7	138,4			
Середнє по фактору А			142,6	143,6			
02.09	Арканзас	350	147,7	148,8			
		540	144,3	145,4			
		700	133,3	134,3			
	Темпо	350	143,8	147,7			
		540	142,7	145,7			
		700	133,1	134,5			
	ДК Іммінент	350	145,7	147,2			
		540	141,7	144,7			
		700	138,7	139,7			
Середнє по фактору А			141,2	143,1			
09.09	Арканзас	350	146,4	147,7			
		540	144,1	144,3			
		700	130,3	133,2			
	Темпо	350	143,8	147,7			
		540	136,7	138,7			
		700	130,9	131,5			
	ДК Іммінент	350	139,7	140,6			
		540	136,7	138,4			
		700	130,7	131,4			
Середнє по фактору А			137,7	139,3			
	X		140,5	142,0			
	S _x		5,12	5,54			
	V, %		3,56	3,86			

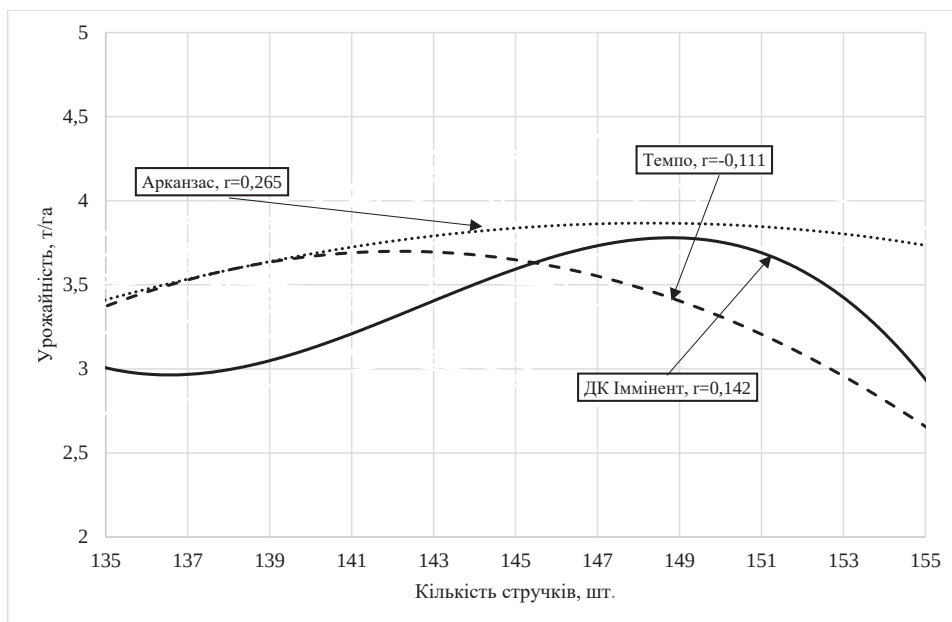


Рис. 1. Кореляційно-регресійні моделі залежності урожайності насіння гібридів ріпаку озимого та кількості стручків на рослині

Оптимальна кількість стручків на рослині у гібриду Темпо знаходиться в межах 139–144 шт., подальше збільшення кількості стручків на рослині призводить до падіння урожайності цього гібриду.

У гібриду Арканзас оптимальна кількість стручків на рослині знаходиться в межах 145–152 шт., після цього урожайність цього гібриду різко знижується.

У гібриду ДК Іммінент оптимальна кількість стручків на рослині знаходиться в межах 147–151 шт., після цього урожайність цього гібриду різко знижується.

Дисперсійний аналіз показав, що максимальний вплив на кількість стручків на рослині чинив генотип гібриду, другий – норма висіву і найменший – строк сівби (рис. 2).

Одним із показників, що характеризує індивідуальну продуктивність різних гібридів ріпаку озимого є маса насіння з стручка. Проведені польові дослідження свідчать, що маса насіння з стручка ріпаку істотно залежала від біологічних особливостей гібриду, строку сівби та норми висіву.

Нашими дослідженнями встановлено, що у гібриду Арканзас максимальна маса насіння з стручка спостерігалась на варіанті за сівби 20.08 та норми висіву 350 тис. сх. нас./га – 0,0760–0,0736 г/стручок. Мінімальна маса насіння з стручка у цього гібриду спостерігалась за сівби 09.09 та норми висіву 700 тис. сх. нас./га – 0,0276–0,0293 г/стручок.

У гібриду Темпо максимальна маса насіння з стручка спостерігалась на варіанті за сівби 26.08 та норми висіву 350 тис. сх. нас./га – 153,8–157,7 г/стручок. Маса насіння з стручка у цього гібриду спостерігалась за сівби 09.09 та норми висіву 700 тис. сх. нас./га – 130,9–131,5 г/стручок.

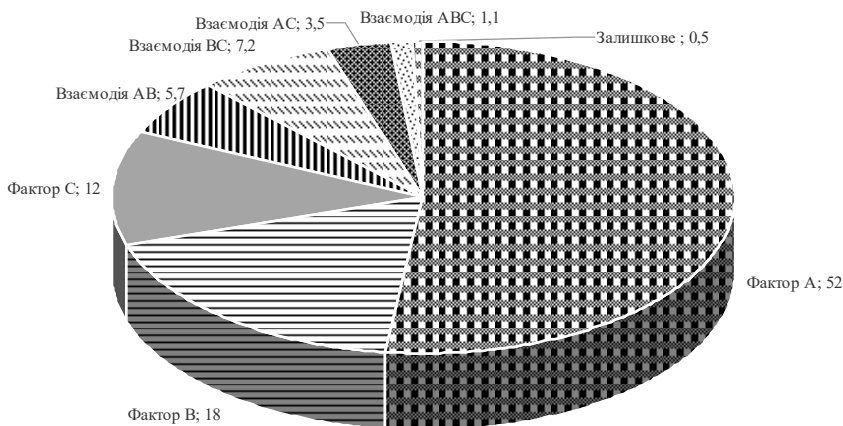


Рис. 2. Дисперсійний аналіз впливу генотипу гібриду (А), норми висіву (В), строку сівби (С), та їх взаємодії на врожай

У гібриду ДК Іммінент найбільша маса насіння з стручка спостерігалась на варіанті за сівби 02.09 та норми висіву 350 тис. сх. нас./га – 0,0656–0,0679 г/стручок. Мінімальна маса насіння з стручка цього гібриду спостерігалась за сівби 09.09 та норми висіву 700 тис. сх. нас./га – 0,0314–0,0327 г/стручок.

За фактором А (строк сівби) встановлено: за сівби 20.08 маса насіння з стручка становила 0,0531–0,0546 г/стручок; за сівби 26.08 спостерігали найбільшу масу насіння з стручка – 0,0541–0,0556 г/стручок; за сівби 02.09 – 0,0516–0,0524; за сівби 09.09 – отримано найменшу масу насіння з стручка – 0,0442–0,0459 г/стручок.

Встановлено, що у середньому за роки досліджень найбільшу масу насіння з стручка на рослині по фактору В (норма висіву) показали гібриди за норми висіву 350 тис. сх. нас./га – 0,0670 г/стручок, найменшу кількість стручків гібриди сформували за норми висіву 700 тис. сх. нас./га – 0,0354 г/стручок. За норми висіву 540 тис. сх. нас./га маса насіння з стручка становила 0,0519 г/стручок.

Дослідженнями встановлено, що найбільша маса насіння з стручка спостерігалась в середньому у гібриду Арканзас – 0,05078 г/стручок, мінімальна маса у гібриду ДК Іммінент – 0,0517 г/стручок, у гібриду Темпо маса насіння з стручка становила в середньому 0,0518 г/стручок.

Для з'ясування чи пов'язана маса насіння з стручка у гібридів ріпаку озимого з урожайністю насіння було розраховано тісноту кореляційного зв'язку. Встановлено наявність криволінійного кореляційного зв'язку між урожайністю насіння гібридів ріпаку озимого та масою насіння з стручка (рис. 3).

Оптимальна маси насіння з стручка у гібриду Темпо знаходиться в межах 0,050–0,055 г/рослину, подальше збільшення маси насіння з рослини призводить до падіння урожайності у цього гібриду.

У гібриду Арканзас оптимальна маси насіння з стручка знаходиться в межах 0,055–0,065 г/стручок, після цього урожайність цього гібриду поступово знижується.

Таблиця 2

Маса насіння з стручка у гібридів ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву, г/стручок

Строк сівби (фактор А)	Гібрид (фактор Б)	Норма висіву, тис. сх. нас./га (фактор В)	Маса насіння з стручка, г/стручок			
			2023-2024 вегетаційний рік	2024-2025 вегетаційний рік	Середнє по фактору Б	Середнє по фактору В
20.08	Арканзас	350	0,0714	0,0738	0,0508	0,0670
		540	0,0539	0,0552		0,0519
		700	0,0388	0,0402		0,0354
	Темпо	350	0,0689	0,0693	0,0517	
		540	0,0549	0,0561		
		700	0,0374	0,0391		
	ДК Іммінент	350	0,0671	0,0696	0,0518	
		540	0,0515	0,0533		
		700	0,0338	0,0351		
Середнє по фактору А			0,0531	0,0546		
26.08	Арканзас	350	0,0736	0,0760		
		540	0,0549	0,0558		
		700	0,0391	0,0399		
	Темпо	350	0,0721	0,0735		
		540	0,0528	0,0545		
		700	0,0367	0,0382		
	ДК Іммінент	350	0,0713	0,0729		
		540	0,0513	0,0531		
		700	0,0352	0,0361		
Середнє по фактору А			0,0541	0,0556		
02.09	Арканзас	350	0,0634	0,0658		
		540	0,0483	0,0501		
		700	0,0386	0,0347		
	Темпо	350	0,0681	0,0691		
		540	0,0537	0,0546		
		700	0,0358	0,0372		
	ДК Іммінент	350	0,0656	0,0679		
		540	0,0556	0,0563		
		700	0,0351	0,0361		
Середнє по фактору А			0,0516	0,0524		
09.09	Арканзас	350	0,0531	0,0552		
		540	0,0391	0,0411		
		700	0,0276	0,0293		
	Темпо	350	0,0562	0,0574		
		540	0,0461	0,0476		
		700	0,0301	0,0315		
	ДК Іммінент	350	0,0617	0,0644		
		540	0,0525	0,0539		
		700	0,0314	0,0327		
Середнє по фактору А			0,0442	0,0459		
	Х		0,0507	0,0521		
	S _х		0,0112	0,0143		
	V, %		12,8	12,6		

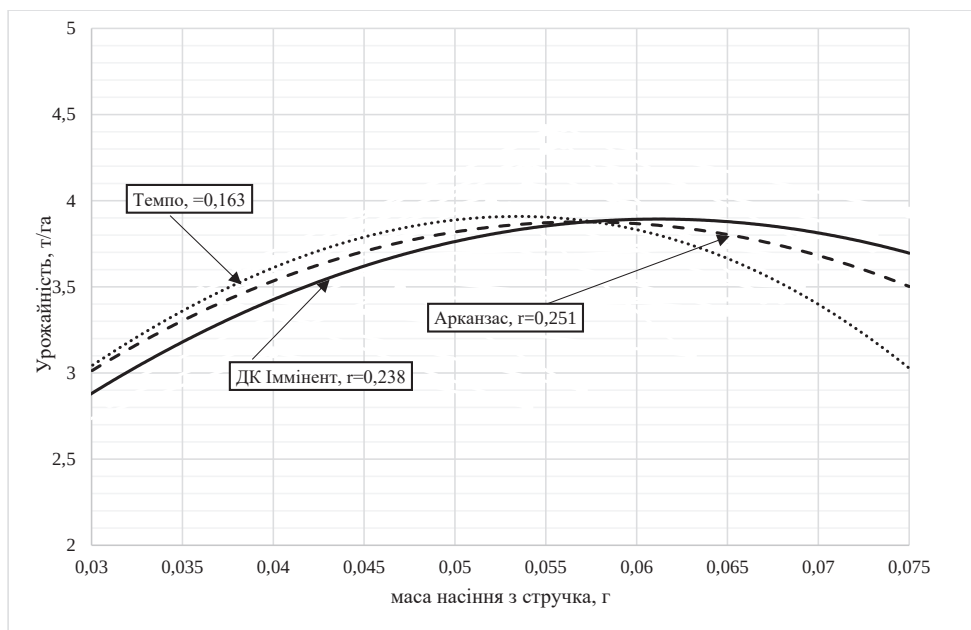


Рис. 3. Кореляційно-регресійні моделі залежності урожайності насіння гібридів ріпаку озимого та маси насіння з стручка

У гібриду ДК Іммінент оптимальна маса насіння з стручка знаходиться в межах 0,055–0,067 г/стручок, а після порушення цих параметрів урожайність насіння у цього гібриду знижується.

Отже, збільшення маси насіння з стручка, зумовлене як генотипом гібриду, так і застосуванням строків сівби та норми висіву позитивно впливає на врожайність гібридів ріпаку до певної межі. У кожного гібриду є свої оптимальні параметри прояву маси насіння з стручка і флуктуації в напрямку збільшення, чи зменшення маси насіння призводить до падіння врожайності.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Для розкриття генотипового потенціалу продуктивності гібридів ріпаку озимого необхідно експериментальним шляхом встановлювати оптимум густоти рослин та строків сівби в конкретній агроєкологічній зоні. В структурі урожайності гібридів ріпаку озимого кількість стручків на рослині та маса насіння зі стручка є важливими компонентами, проте, не встановлено високої прямої кореляції між урожайністю насіння та цими показниками. Залежність між ними носить криволінійну форму і для кожного генотипу є певні параметри цих показників, що становлять синергічний вплив на підвищення урожайності насіння. Кількість стручків на рослині може бути хибним показником експресної оцінки урожайності, оскільки основний вплив на продуктивність залежить від маси насіння з стручка та від пустозерності. Для кожного нового гібриду ріпаку озимого необхідно розробляти сортову технологію задля розкриття потенційної продуктивності в конкретній агроєкологічній зоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Забарний О. С., Забарна Т. А. Вплив погодних умов на перезимівлю озимого ріпаку залежно від факторів інтенсифікації. *Корми і кормовиробництво*. 2023. Вип. 95. С. 97–107. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-08>.
2. Юник А. В., Гарбар Л. А. Ефективність використання макроелементів рослинами ріпаку ярого. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2022. Т. 13, № 1. С. 67–73. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.67-73](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.67-73)
3. Гарбар Л. А., Яцишина Т. П., Самолюк О. П. Вплив удобрення на перезимівлю ріпаку озимого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 74–77. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.12>.
4. Фурманець О.А. Продуктивність ріпаку озимого на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся за різних доз основного удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 121. Р. 109–114. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.15>
5. Юник А. В., Гарбар Л. А. Ефективність використання макроелементів рослинами ріпаку ярого. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2022. Т. 13, № 1. С. 67–73. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.67-73](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.67-73).
6. Безкоровайний, В. М., Мойсієнко, В. В. (2024). Формування врожайності та якості насіння ріпаку озимого залежно від гібридів і способів сівби в умовах Лісостепу Правобережного. *Український журнал природничих наук*, 2024. № 9. С. 169-178. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.17>
7. Kalenska S., Yeremenko O., Novietska N., Yunyk A., Honchar L., Cherniy V., Stolyarchuk T., Kalenskyi V., Scherbakova O., Rigenko A. Enrichment of field crops biodiversity in conditions of climate changing. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9, № 1. Р. 19–24.
8. Шаповал С. С., Горшар В. І. Ефективність азотних підживлень ріпаку озимого в Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 319-323. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.52>.
9. Шох С. С., Малик Д. А. Селекційна цінність сортів ріпаку озимого за елементами структури врожаю. *Агробіологія*. 2024. № 2. С. 185-192. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-191-2-185-192>.
10. Monika A., Singh R., Feroze S.M., Singh R.J. Zero Tillage of Rapeseed and Mustard Cultivation in Thoubal District of Manipur: an Economic Analysis. *New Delhi Publishers*. 2014. Vol. 59. № 3. Р. 335–343. <https://doi.org/10.5958/0976-4666.2014.0002.3>.
11. Гамаюнова В.В., Гаро І.М. Урожайність і якість насіння ріпаку озимого залежно від обробітку ґрунту, строку та способу сівби в умовах Лісостепу України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. № 1 (58). Т. 1. С. 49–57.
12. Сендецький В.М., Мельничук Т.В., Сендецький І.В. Продуктивність ріпаку озимого за удосконалення технології вирощування в умовах Лісостепу Західного. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 131. С. 188–195. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.24>.
13. Юрчук С.С. Урожайність та якість насіння ріпаку озимого залежно від способу посіву та норми висіву в умовах Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 102–111. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-10>
14. Безкоровайний В.М., Мойсієнко В.В. Насіннєва продуктивність гібридів ріпаку озимого залежно від ширини міжрядь в умовах Лісостепу правобережного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75 (2). С. 20–29. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(75\)-2-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-2-2).
15. Волощук О.П., Случак О.М., Распутенко А.О. Продуктивність ріпаку озимого залежно від строків, способів сівби та норм висіву насіння. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. С. 44–55. [https://doi.org/10.32636/01308521.2018-\(64\)-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2018-(64)-4).

16. Мацера О.О. Вплив елементів технології вирощування на розвиток рослин, врожайність та якість насіння озимого ріпаку. *Danish Scientific Journal*. 2020. Iss. 36 (2). С. 7–15.
17. Вишнівський П.С. Вплив строків сівби та системи удобрення на перезимівлю ріпаку озимого. *Землеробство*. 2010. Вип. 1 (2). С. 78–82
18. Vann R.A., Reberg-Horton S.C., Brinton C.M. Row spacing and seeding rate effects on canola population, weed competition, and yield in winter organic canola production. *Agronomy Journal*. 2016. Vol. 108. № 6. P. 2425–2432. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.02.0097>.
19. Гарбар Л., Довбаш Н., Венгер В., Benselhoub A., Іваницька А. Формування структури врожаю ріпаку озимого за впливу умов живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. № 74(2). С. 62–70. [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(74\)-2-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-2-6).
20. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посібник / В. Г. Дідора, О. Ф. Смаглий, Е. Р. Ермантраут та ін. Київ : Центр учбової літератури, 2013. 264 с.
21. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с. <https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2>
22. Лавриненко Ю. О., Влащук А. М., Шапарь Л. В. Вплив структурних показників на урожайність насіння ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву в Південному Степу України. *Наукові доповіді НУБІП України*. Агрономія : електронний науковий фаховий журнал. 2016. № 5 (6).
23. Лавриненко Ю. О., Влащук А. М., Шапарь Л. В. Урожайність насіння та економічна ефективність вирощування сортів ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2016. № 96. С. 79–86.
24. Лавриненко Ю. О., Влащук А. М., Шапарь Л. В. Урожайність та посівна якість насіння сортів ріпаку озимого залежно від строків сівби та 149 норм висіву в умовах Південного Степу України. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2016. № 1. С. 83–92.

Дата першого надходження статті до видання: 28.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.11:631.8.(477.74)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.6>

ПЕРЕГНІЙ ІЗ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ГРИБНОГО СУБСТРАТУ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Бурикiна С.І. – к.с.-г.н., ст. досл.,
завiдувач вiддiлу агрохiмiї, ґрунтознавства та органiчного виробництва,
Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя
Институту клiматично орієнтованого сiльського господарства
Нацiональної академiї аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-5197-6586

Сергеев Л.А. – к.с.-г.н., ст. досл.,
в. о. директора,
Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя
Институту клiматично орієнтованого сiльського господарства
Нацiональної академiї аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-4169-8938

Ужевська С.П. – к.б.н., доцент,
провiдний науковий співробітник,
Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя
Институту клiматично орієнтованого сiльського господарства
Нацiональної академiї аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-9827-6210

Когут І.М. – к.с.-г.н., доцент,
заступник директора з наукової роботи – учений секретар,
Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя
Институту клiматично орієнтованого сiльського господарства
Нацiональної академiї аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-4418-5954

Руденко В.А. – д.філос.,
науковий співробітник,
Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя
Институту клiматично орієнтованого сiльського господарства
Нацiональної академiї аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-8651-7689

Виробництво грибів в Україні є динамічною галуззю сільського господарства, яка демонструє зростання попри складні економічні умови. Тому питання утилізації відходів стає все більш актуальним у контексті євроінтеграції та впровадження циркулярної економіки.

Мета досліджень – оцінити перспективність використання відходів грибного виробництва в якості органічного добрива та визначити вплив перегною із відпрацьованого грибного субстрату на урожай та якість зерна пшениці озимої.

Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на дослідному полі Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції ІКОСГ НААН. Ґрунт чорнозем



південний малогумусний, важко суглинковий на лесі. Схема досліду включала три фактори: фактор А – попередники пшениці озимої: чорний пар та ячмінь ярий, де були зароблені солома та пожнивні рештки; фактор В – органічні добрива: перегній великої рогатої худоби (ВРХ) та перегній відпрацьованого грибного субстрату (ВГС); фактор С – норми внесення органічного добрива, т/га: 0; 1,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0. Органічні добрива вносили за попередниками в липні місяці після збирання урожаю ячменю ярого.

Наше дослідження підтвердило, що сільгоспвиробники можуть використовувати відходи, що утворюються при вирощуванні грибів для приготування компосту з метою подальшого його внесення під озиму пшеницю в нормах від 3,0 т/га до 7,0 т/га. Встановлено, що внесення 3,0 т/га перегною ВГС при вирощуванні пшениці озимої по чорному пару забезпечило приріст врожаю на 0,59 т/га (+10,3%), а при нормі 7,0 т/га – 2,2 т/га (+38,3%) при $HCP_{05}=0,55$ т/га; використання перегною ВГС по соломі ячменю ярого дозволило отримати підвищення врожаю на 0,55 т/га (+17,4%) за норми внесення 5,0 т/га і на 0,92 т/га (29,1%) при його внесенні в нормі 7,0 т/га.

Внесення перегною ВГС в інтервалі від 3,0 т/га до 7,0 т/га достовірно підвищувало натуру зерна на 53,0 г ($HCP_{05}=10,3$ г) та масу 1000 насінин на 1,3 г ($HCP_{05}=1,2$ г) у порівнянні з перегном ВРХ. Концентрації ж білка і клейковини в зерні з варіантів використання ВГС суттєво нижчі проти ВРХ на 0,99% ($HCP_{05}=0,74\%$) та на 3,1% ($HCP_{05}=1,5\%$), але відповідали вимогам стандарту до зерна третього класу якості.

Ключові слова: відходи, виробництво грибів, пшениця, продуктивність.

Burykina S.I., Serhieiev L.A., Uzhevskaya S.P., Kohut I.M., Rudenko V.A. Humus from the processed mushroom substrate in the technology of growing winter wheat

Mushroom production in Ukraine is a dynamic agricultural sector that is showing growth despite difficult economic conditions. Therefore, the issue of waste disposal is becoming increasingly relevant in the context of European integration and the implementation of a circular economy.

The purpose of the research is to assess the prospects for using mushroom production waste as an organic fertilizer and to determine the impact of humus from spent mushroom substrate on the yield and quality of winter wheat grain.

The research was conducted in 2024–2025 at the experimental field of the Odessa State Agricultural Research Station of the IKOSG NAAS. The soil is southern chernozem, low-humus, heavy loam on loess. The experimental design included three factors: factor A – winter wheat precursors: black par and spring barley, where straw and crop residues were earned; factor B – organic fertilizers: cattle humus (CH) and humus of spent mushroom substrate (SMS); factor C – organic fertilizer application rates, t/ha: 0; 1.5; 3.0; 4.0; 5.0; 6.0; 7.0. Organic fertilizers were applied after the predecessors in July after the spring barley harvest.

Our study confirmed that agricultural producers can use waste generated during mushroom cultivation to prepare compost for subsequent application under winter wheat at rates from 3.0 t/ha to 7.0 t/ha. It was found that application of 3.0 t/ha of SMS humus when growing winter wheat on black steam provided a yield increase of 0.59 t/ha (+10.3%), and at a rate of 7.0 t/ha – 2.2 t/ha (+38.3%) at $LCD_{05} = 0.55$ t/ha; use of SMS humus on spring barley straw allowed to obtain an increase in yield by 0.55 t/ha (+17.4%) at a rate of 5.0 t/ha and by 0.92 t/ha (29.1%) when applied at a rate of 7.0 t/ha.

The application of SMS humus in the range from 3.0 t/ha to 7.0 t/ha significantly increased the grain quality by 53.0 g ($LCD_{05}=10.3$ g) and the weight of 1000 seeds by 1.3 g ($LCD_{05}=1.2$ g) compared to cattle humus. The concentrations of protein and gluten in the grain from the SMS application options are significantly lower than those from cattle by 0.99% ($LCD_{05}=0.74\%$) and 3.1% ($LCD_{05}=1.5\%$), but they met the requirements of the standard for grain of the third quality class.

Key words: waste, mushroom production, wheat, productivity.

Постановка проблеми. Стале землеробство базується на принципах замкнутого циклу та екологічної доцільності і безпечності, що приводить до зростання попиту на альтернативні джерела живлення рослин, актуалізують необхідність пошуку інноваційних рішень у сфері сільськогосподарського виробництва. Йде постійне вивчення додаткових ресурсів органічних добрив, як основного засобу адаптації до кліматичних змін. В багатьох країнах використовують рідкі органічні

добрива, сировиною для яких є як біогумус [1], так і відходи різних виробництв: бананів [2], тофу [3] та продукти переробки органічної речовини личинками мухи *Hermetia Illucens* і компост із субстрату після вирощування грибів [4].

Особливий інтерес представляє вивчення доцільності та ефективності використання самого компосту на основі відпрацьованого грибного субстрату (ВГС), або spent mushroom substrate (SMS). Адже виробництво грибів в Україні є динамічною галуззю сільського господарства, яка демонструє зростання попри складні економічні умови. Тому питання утилізації відходів стає все більш актуальним у контексті євроінтеграції та впровадження циркулярної економіки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблема утилізації відходів грибного виробництва сьогодні набуває особливої актуальності, оскільки їх обсяги є значними. Під час отримання 1 кг грибної продукції утворюється 3-5 кг відпрацьованої субстратної маси, до складу якої входять солома, гній, торф. В країнах Європейського Союзу щорічна кількість таких відходів перевищує 3 млн т; на Україні, з урахуванням обсягів виробництва грибів (біля 60 тис. т), вони складають від 180 до 300 тис. т.

До початку російської агресії Україна посідала 4-те місце з виробництва грибів у Європі – після Франції, Італії та Іспанії, а лідируючі позиції займали Донецька, Дніпропетровська, Київська, Львівська, Одеська та Харківська області [5]. Вирощування їстівних грибів може відіграти значну роль й у післявоєнному відродженні невеликих приватних господарств сільських регіонів, оскільки Україна має дешеву сировинну базу, а отже, й потенціал для розширення виробництва. Однак цей процес приведе до збільшення кількості ВГС. Традиційно такі відходи зберігали біля місць грибного виробництва або спалювали, що призводило до марнування ресурсів цінної органічної речовини та забруднення навколишнього середовища. А між тим, вміст органічної речовини в ВГС може коливатися від 40% до 60% і, після завершення циклу вирощування грибів, субстрат зберігає у своєму складі до 2,5% азоту, 1,8% фосфору та 2,0% калію, а також ряд необхідних для рослин мікроелементів [6, 7]. Саме це дозволяє розглядати його не як відходи виробництва, а як перспективне джерело органічного добрива.

Наукові дослідження підтверджують, що використання грибного компосту сприяє поліпшенню агрофізичних властивостей ґрунту, збагаченню поживними речовинами та зниженню інтенсивності розвитку бур'янів [8]. Водночас сучасні технологічні рішення значно розширюють можливості його переробки та підготовки до застосування. Серед них важливе місце займає переробка за допомогою біопрепаратів [9-12], а також використання як сировини для отримання біогазу чи виробництва органічних гранульованих добрив. Такі підходи забезпечують біоконверсію відходів і створюють умови для їх екологічно безпечної утилізації [13].

Сучасна аграрна наука активно шукає нові способи підтримання та відновлення родючості ґрунтів, підвищення врожайності та покращення якості сільськогосподарської продукції. Саме тому нами була висунута гіпотеза щодо доцільності використання перегною, основою якого є відпрацьований грибний субстрат, як органічного добрива у технології вирощування пшениці озимої, що є перспективним підходом до перетворення органічних відходів на технологічно – економічну цінність. Передбачалося, що таке добриво матиме позитивний вплив як на рівень продуктивності культури, так і на якісні показники зерна.

Отримані результати можуть мати практичне значення не лише для технологій вирощування озимої пшениці, а й для інших зернових, ягідних та овочево-баштанних культур, а також рослин закритого ґрунту. Особливої актуальності це

набуває в умовах недостатньої кількості наукової та виробничої інформації щодо застосування біокомпосту з грибного субстрату в аграрних технологіях України.

Методика та умови проведення досліджень. Досліди проводилися на базі відділу агрохімії, ґрунтознавства та органічного виробництва Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства (Одеська ДСДС ІКОСГ) (с. Хлібодарське, Одеський район, Одеська область, 46°29'5" пн. ш. 30°35'31" сх. д.) впродовж 2024-2025рр.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем південний малогумусний важко суглинковий на лесоподібних відкладах з наступною агрохімічною характеристикою шару 0-25 см: pH_{H_2O} 7,7; pH_{KCl} 7,1; сума ввібраних основ 310 мг екв./ кг ґрунту, вміст гумусу 2,9%, азоту, що легко гідролізується 113 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору 129 мг/кг ґрунту, обмінного калію 248 мг/кг ґрунту.

Польові дослідження, супутні спостереження проводилося у відповідності до стандартних методик [14-16]. Було закладено трьох факторний дослід. Фактор А – попередники пшениці озимої: чорний пар та ячмінь ярий, де були зароблені пожнивні рештки; фактор В – органічні добрива: перегній ВРХ та ВГС; фактор С – норми внесення органічного добрива, т/га: 0; 1,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0. Повторення в досліді – чотирьохкратне, з систематичним розміщенням повторень і варіантів; розмір елементарної ділянки 60 кв. м, облікової – 30 кв. м. Органічні добрива вносили за попередниками в липні місяці після збирання урожаю ячменю ярого та зароблення решток.

Посів пшениці озимої м'якої сорту Зиск здійснювали в першій декаді жовтня. Агротехніка у досліді загальноприйнята для зони Південного Степу України, за виключенням досліджуваних факторів.

Збирання врожаю пшениці озимої проводили комбайном "Sampo-130", урахування врожаю зерна – методом прямого зважування із облікової ділянки; маса зерна перераховувалася на стандартну вологість (14%) та 100% чистоту.

Вміст білка в зерні визначали методом інфрачервоної спектроскопії на приборі Спектран-119М (ДСТУ 4117:2007); масу 1000 насінин (ДСТУ 4138-2002) та натурну масу (ДСТУ 10840:2019).

Статистична обробка результатів досліджень проводилася з використанням загальноприйнятих в рослинництві методик з використанням комп'ютерного забезпечення Excell в пакеті Statistica та програми «Agrostat» [17, 18]. Відмінності середніх показників вважали суттєвими за рівня значимості $P \geq 0,5$

Характеристика органічних добрив. В досліді використовували 2-річний перегній великої рогатої худоби (ВРХ) та 2-х річний перегній відпрацьованого грибного субстрату (ВГС), хімічний склад яких наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад органічних добрив (валовий вміст)

Органічне добриво	СР*	ОР**	C _{заг}	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	C: N	Zn	Cu	Mn
перегній	% на суху речовину								8,8	мг/кг		
ВРХ	58,01	41,00	16,99	1,93	3,05	3,42	6,51	1,07		118,67	12,08	469,35
ВГС	45,55	49,00	20,07	1,78	2,90	1,71	14,98	0,55	11,3	81,38	99,41	806,44
% до ВРХ	78,5	119,5	118,1	92,2	95,1	50,0	230,1	51,4	-	68,6	822,9	171,8

* – суха речовина; ** – органічна речовина

За вмістом загального вуглецю, кальцію, міді та марганцю перегній ВГС перевищував класичний ВРХ у 1,2; 2,3; 8,2 та 1,7 рази, а концентрація азоту, фосфору, калію та цинку менша на 7,8%, 4,9%, 50,0% та 31,4%, відповідно. В залежності від норми використання органічного добрива в ґрунт надійшло з перегноєм ВРХ азоту – від 29 до 135 кг/га, P_2O_5 – 46-213 кг/га та K_2O – 51-239 кг/га, а з перегноєм ВГС – 27-125; 44-203 та 26-120 кг/га, відповідно. Найбільша різниця в надходженні основних макроелементів відмічалася по калію.

За концентрацією водорозчинних елементів живлення перегної також мали деяку різницю, найбільш суттєву – за вмістом мінерального азоту: 121,0 мг (ВРХ) проти 57,4 мг (ВГС), причому в першому випадку амонійний азот складав 17,4%, а в другому 6,0% (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика водних витяжок* з органічних добрив

Органічне добриво	pH	Сухий залишок	Органічна речовина	N	P_2O_5	K_2O	N-NH ₄	N-NO ₃	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn
перегній		г/л						мг/л					
ВРХ	8,7	4,7	500,0	0,2	0,1	1,3	21,0	100,0	298,6	39,0	0,80	0,21	1,19
ВГС	8,2	5,7	527,8	0,2	0,1	1,1	3,4	53,0	254,8	101,4	1,69	0,18	1,57

* – водну витяжку готували із співвідношення 1:10

Погодні умови росту і розвитку рослин пшениці озимої періоду досліджень.

У передпосівний період 2023 року впродовж серпня – вересня випало 54,0 мм опадів за їх повною відсутністю у вересні гідротермічний коефіцієнт (ГТК) дорівнював 0,68 та 0,0; середня температура жовтня досягла максимальної позначки 18,8°C при практично повній відсутності продуктивних опадів (4,4 мм; ГТК=0,08); перші продуктивні опади відмітили наприкінці другої декади листопада, а всього за цей місяць випало 88,0 мм при двох сильних дощах 23,0 та 20,2 мм та середньомісячний температурі повітря 8,1°C. Зимовий період 2023/2024 характеризувався незначними опадами: 15,0 мм, 21,0 мм та 3,8 мм, всього 39,8 мм, що нижче за середньо багаторічний показник (1991-2020pp) на 57,8%; в період весняної вегетації випало 207,8 мм (у 2,1 рази більше за середньо багаторічні), опади періоду наливу та достигання зерна пшениці озимої (червень 2024 р) склали 35,0 мм або 65,8% від 1991-2020 pp. (табл. 3).

Таблиця 3

Кількість опадів впродовж сільськогосподарських років досліджень

Рік	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
2023/2024	54,0	0,0	4,4	88,0	15,0	21,0	3,8	96,1	64,1	47,6	35,0	18,7
2024/2025	21,2	146,9	33,1	19,1	49,6	8,0	12,5	21,6	19,2	73,6	25,3	37,5
1991-2020	34,3	47,5	34,3	35,9	31,7	32,6	30,0	29,2	28,0	41,6	53,2	54,7

При практично однаковій кількості опадів за сільськогосподарський рік (447,7 мм та 467,7 мм), їх кількість за вегетаційний період у 2023/2024 складала 375 мм, а у 2024/2025 – 262 мм або 69,9% від попереднього. Перерозподіл опадів за періодами вегетації також був різним: у 2024/2025 році лише взимку відсоток опадів від загальної суми (26,8%) перевищував показник 2023/2024 (10,6%), у всі інші періоди він був нижчий або на рівні (рис. 1). Забезпеченість передпосівного

та зимового періодів другого року досліджень перевищувала попередній у 3,3 та 1,8 рази, в інші періоди була менша на 43,5%, 45,0% та 28,1% (рис. 1a).

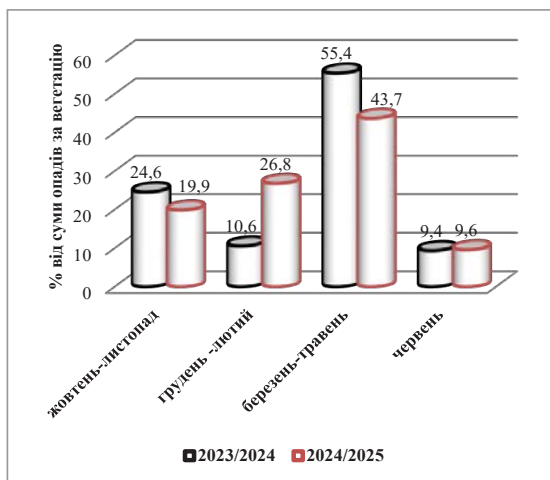


Рис. 1. Розподіл опадів за періодами вегетації

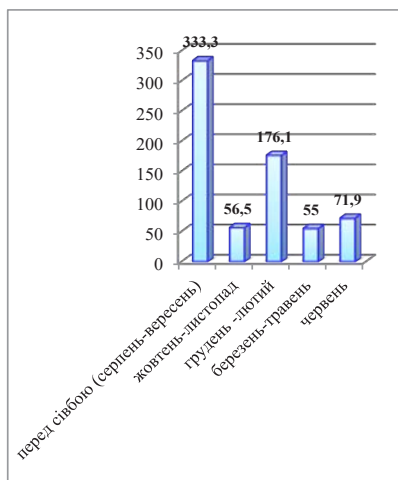


Рис. 1a. Опади 2024/2025 в % до 2023/2024

Середньомісячні температури повітря впродовж всього періоду досліджень були вищі за середньо багаторічні, окрім лютого та травня 2024/2025 с.-г. року, причому перший с.-г. рік відзначився порівняно більш високими температурами відносно другого с.-г. року за винятком січня та березня (рис. 2). Середньорічна температура повітря 2023/2024 та 2024/2025 с.-г. років склала 14,9°C та 12,8°C і перевищувала середньо багаторічний показник на 3,6°C та 1,5°C, відповідно.

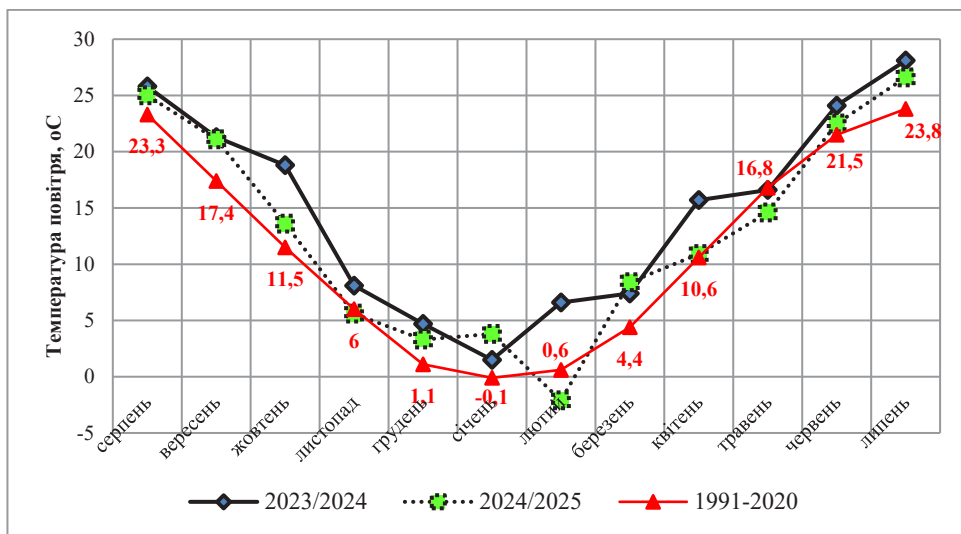


Рис. 2. Середньомісячна температура повітря в роки проведення досліджень

Результати досліджень та їх обговорення. Погодні умови вплинули на формування кількісних та якісних параметрів урожаю пшениці озимої. Урожаї 2025 року як в середньому за факторами, що вивчалися, так і при їх взаємодії були нижчі за показники 2024 року в інтервалі від 11% до 17%, але напрямок впливу та відповідна реакція рослин були ідентичні, тому надалі ми наводимо середні дані.

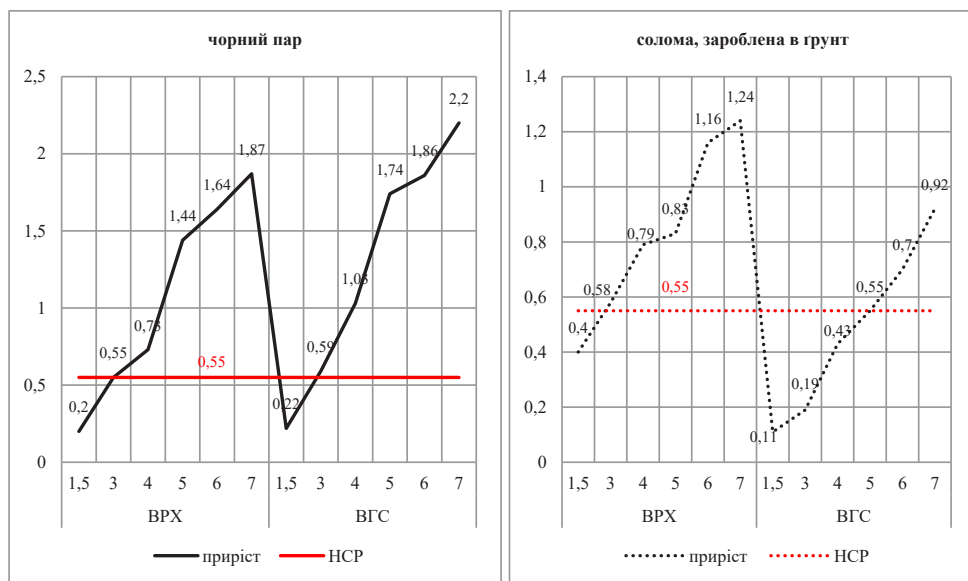


Рис. 3. Прирости врожаю пшениці озимої за видами перегною, нормами внесення та попередниками

При вирощуванні пшениці озимої по чорному пару, суттєвість впливу органічних добрив на формування врожаю спостерігається вже при нормі внесення 3 т/га (рис. 3). Величина врожаю в прямій дії перегною ВРХ зростала від 0,20 т/га до 1,87 т/га, а перегній ВГС забезпечив підвищення в інтервалі від 0,22 т/га до 2,20 т/га (3,5-31,5% та 3,9-38,3%).

Абсолютні величини підвищення врожаїв зерна при вирощуванні пшениці озимої після ячменю ярого, за умови заробляння соломи, були меншими за чорний пар і на варіантах внесення перегною ВРХ коливалися від 0,40 т/га до 1,16 т/га, а ВГС – від 0,11 т/га до 0,92 т/га. Слід відмітити, що по гіршому попереднику використання перегною ВГС забезпечило достовірне підвищення урожаю з норми 5,0 т/га і вище (0,55-0,92 т/га при $\text{HCP}_{05}=0,55$ т/га).

В середньому за видом перегною отримали однаковий рівень урожайності, а достовірне підвищення за нормами внесення без врахування попередника і виду органічного добрива починалося з $\text{C} \geq 5,0$ т/га (табл. 4)

Аналіз якості показав, що вирощування пшениці озимої по чорному пару дозволяє отримати зерно достовірно вищої якості проти стерньового попередника (+ солома) як за біохімічними, так і фізичними параметрами (табл. 5).

Внесення перегною ВРХ забезпечило достовірне підвищення вмісту білка і клейковини в зерні проти перегною ВГС, а фізичні параметри – суттєво знизило. При нормі внесення органічного добрива 3,0 т/га і більше відмічено істотне

зростання концентрації білка і клейковини в зерні, але норми внесення практично не мали впливу на натурність зерна і масу 1000 насінин.

Таблиця 4

Середні урожаї зерна за основними факторами дослідів

Фактор	А		В		С, т/га						
	ЧП	СЗГ	ВРХ	ВГС	0	1,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Урожай, т/га	6,85	3,59*	5,36	5,33	4,43	4,66	4,91	5,17	5,57*	5,77*	5,99*
НСР ₀₅	0,37		1,31		1,06						

* – різниця суттєва; ЧП – чорний пар; СЗГ – солома зароблена в ґрунт

Таблиця 5

Параметри якості зерна пшениці озимої за основними факторами дослідів

Фактор	А		В		С, т/га						
	ЧП	СЗГ	ВРХ	ВГС	0	1,5	3,0*	4,0	5,0	6,0	7,0
Показник якості	ЧП	СЗГ	ВРХ	ВГС	0	1,5	3,0*	4,0	5,0	6,0	7,0
Блок, %	12,23	10,77	12,04	11,05	10,61	11,04	11,54	11,77	11,95	12,11	11,81
Клейковина, %	22,2	18,7	22,4	19,3	18,1	19,3	20,8	21,6	21,9	22,2	21,4
Натура, г	780	747	742	795	755	772	758	757	752	761	759
Маса 1000, г	41,8	39,9	40,5	41,8	39,1	42,6	41,1	41,0	40,4	41,1	40,8
НСР ₀₅	білок	0,63	0,74		0,78						
	клейковина	1,9	1,5		1,8						
	натура	11,2	10,3		17,4						
	маса 1000	1,0	1,2		1,4						

ЧП – чорний пар; СЗГ – солома зароблена в ґрунт

Найбільший вплив на формування продуктивності та якості зерна пшениці озимої мав фактор А – попередники (табл. 6). Частка впливу коливалася в інтервалі від 38,6% (маса 1000 зерен) до 51,7% (урожай). Що не дивно, оскільки ми використовували перегній під діаметрально протилежні за якістю попередники: чорний пар та ячмінь ярий (солома зароблена в ґрунт після збирання основної культури).

Таблиця 6

Частка впливу факторів на врожай та якість зерна пшениці озимої

Фактор	Урожай	Показники якості зерна		
		вміст білка	маса 1 л	маса 1000 зерен
А	51,7	50,0	49,9	38,6
В	0,6	0,1	4,1	9,3
С	23,3	24,9	17,2	20,6
АВ	0,6	0,1	4,1	3,3
АС	23,3	24,9	17,3	20,6
ВС	0,2	0	3,7	7,6
АВС	0,2	0	3,7	0
залишкове	0,1	0	0,3	0

Значну роль попередників у формуванні кількості та якості врожаю відмічали дослідники і в інших ґрунтово-кліматичних зонах країни [19-21], причому від попередника залежали не лише біохімічні параметри зерна, але й посівні якості насіння [22, 23].

Другим за суттєвістю впливу виявився фактор С (дози внесення) та сумісна дія попередника і кількості внесеного органічного добрива (АС), де частки впливу складала від 17,2-17,3% (натура зерна) до 24,9% (білковість зерна).

В нашій роботі ми вивчали пряму дію перегною ВРХ та ВГС, що вносили по соломі ячменю ярого і отримали прирости урожаю 20,0-43,2% та 13,7-29,1% із вмістом білка від 11,7% до 12,5% при нормі внесення від 3,0 т/га до 7,0 т/га. Із вказаними нормами внесення в ґрунт надійшло з ВРХ – $N_{57-135}P_{90-213}K_{102-239}$ та з ВГС – $N_{53-125}P_{87-203}K_{51-120}$. Дослідами О.Л. Дубицького з колегами встановлено, що використання в якості побічної продукції соломи гороху за внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ сумісно з гумусним добривом та обробкою рослин біостимулятором підвищило урожайність пшениці озимої на 52,3-59,4%, порівняно з варіантами без внесення добрив і сприяло накопиченню білка до 12,2% [24, 25]. Іншими авторами відмічається позитивний вплив побічної продукції різних культур, компосту із біомаси рослин [26, 27] та мінеральних добрив на післядії гною [28, 29] на врожай, якість продукції та стан ґрунту. Всі дослідники відмічали чітко виражену закономірність в нагромадженні вмісту білку і клейковини в зерні пшениці озимої.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено ефективність перегною відпрацьованих грибних субстратів (ВГС) на посівах пшениці озимої на умовах його внесення безпосередню під культуру при її вирощуванні по чорному пару та на фоні використання в якості побічної продукції соломи ячменю ярого.

Внесення 3,0 т/га перегною ВГС при вирощуванні пшениці озимої по чорному пару забезпечило приріст врожаю на 0,59 т/га (+10,3%), а при нормі 7,0 т/га – 2,2 т/га (+38,3%) при $НСР_{05}=0,55$ т/га. Використання перегною ВГС по соломі ячменю ярого дозволило отримати підвищення врожаю на 0,55 т/га (+17,4%) за норми внесення 5,0 т/га і на 0,92 т/га (29,1%) при його внесенні в нормі 7,0 т/га.

Внесення перегною ВГС в інтервалі від 3,0 т/га до 7,0 т/га достовірно підвищувало натуру зерна на 53,0 г ($НСР_{05}=10,3$ г) та масу 1000 насінин на 1,3 г ($НСР_{05}=1,2$ г) у порівнянні з перегноєм ВРХ. Концентрації ж білка і клейковини в зерні з варіантів використання ВГС суттєво нижчі проти ВРХ на 0,99% ($НСР_{05}=0,74\%$) та на 3,1% ($НСР_{05}=1,5\%$), але відповідали вимогам стандарту до зерна третього класу якості.

Наше дослідження підтвердило, що сільгоспвиробники можуть використовувати відходи, що утворюються при вирощуванні грибів для приготування компосту з метою подальшого його внесення під озиму пшеницю в нормах від 3,0 т/га до 7,0 т/га.

Однак ці висновки отримані впродовж двох сезонів і охоплюють лише одну культуру і два попередника. Для забезпечення більш об'єктивних результатів необхідні майбутні дослідження, можливо, в довготривалих дослідах, в сівозмінах, у різних агроекологічних зонах, типах ґрунтів для визначення впливу такого органічного добрива не тільки на продуктивність і якість різних культур, але й на стан ґрунту.

Фінансування. Дослідження виконані за рахунок бюджетного фінансування в межах завдання другого рівня 01.03.03.04.Ф «Розробити прийоми стабілізації вмісту органічної речовини чорноземів південних для адаптації систем живлення

рослин до кліматичних змін Південно-степової зони України», № держреєстрації 0121U107977, що входило до наукового проекту Національної академії аграрних наук України ПНД 01 «Раціональне використання і стале управління ґрунтовими ресурсами, збереження родючості та здоров'я ґрунтів, захист їх від деградації» (Ґрунтові ресурси України: інформаційне забезпечення, раціональне використання, менеджмент, технології) на 2021-2025 рр. Підпрограма 3. Стабілізація вмісту органічного вуглецю в ґрунтах сільськогосподарських угідь, підвищення ефективності управління живленням рослин в умовах кліматичних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мальярчук В., Федорчук Є. Ефективність використання органічних добрив як засобу адаптації до змін клімату. *Новітні технології в АПК: дослідження та управління*. 2021. Випуск 29 (43). С. 146–158. doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-29(43)-14
2. Haryuni Haryuni, Rani Latifah, Achmad Fatchul Aziez, Endang Suprapti, Tyas. S. K. Dewi, Siti Mardhika Sari The Effect of Planting Media and Liquid Organic Fertilizer Interval on the Growth and Yield of Chili Peppers. *Journal Of Agricultural Science And Agriculture Engineering Faculty of Agriculture*. Merdeka University Surabaya, Indonesia. 2025. Vol. 8 No. 2. P. 112–123. https://doi.org/10.55173/agriscience.v8i2.157
3. Wahdah R., Ema Yunita Putri A., & Mulyawan R. Effectiveness of Chicken Manure and Tofu Waste Liquid Organic Fertilizer on The Growth and Yield of Mustard Plants. *Tropical Wetland Journal*. 2025.11(1). 13–21. https://doi.org/10.20527/twj.v11i1.137
4. Бурикiна С.І, Сергеев Л.А, Когут І.М., Жук М.М. Використання продуктів переробки органічної речовини личинками мухи *HERMETIA ILLUCENS* та компосту з субстрату після вирощування грибів на посівах ячменю ярого. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2026. Вип. 147. Ч. 1. С. 63–76. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.9
5. Нестеренко Н. Виробництво і споживання культивованих грибів в Україні. *Товари і ринки*. 2011. № 2. С. 61–68.
6. Xiaoyu Ma, Siyu Yan, Menglu Wang. Spent mushroom substrate: A review on present and future of green applications. *Journal of Environmental Management*. 2025. Volume 373. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123970
7. Hanafi Fatimah & Rezanah Shahabaldin & Mat Taib Shazwin & Md Din Mohd Fadhil & Yamauchi Masahito & Sakamoto Mariko & Hara Hirofumi & Park Junbom & Shafiei Ebrahimi Shirin. Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): an overview. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2018.20. 1383–1396. 10.1007/s10163-018-0739-0.
8. Тихомирова Т.С., Шестопалов О.В., Разно М.Р., Кочетов М.С. Дослідження впливу складу компосту на його здатність покращувати якість ґрунтів. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 72–78. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.12
9. Іванова Т.В., Підмаркова К.А., Пати́ка М.В. Біоконверсія органічних речовин печеричних субстратів у біогумус за допомогою біопрепарату Екстра-кон. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 12 (801). С. 30–34. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201912-04
10. Спосіб трансформації органічних речовин печеричних субстратів в біогумус: пат.134560 Україна: МПІК (2019. 01); заявл. 21.12.18; опубл. 27.05.2019. 9 с./Т.В. Іванова, М.В. Пати́ка, К.О. Підмаркова.
11. Ковальов М.М. Ґрунтовий спосіб утилізації відпрацьованих грибних блоків за попередньою обробкою ЕМ препаратами. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 51–59. doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.8
12. Ковальов М.М., Михайлова Д. Ферментація відпрацьованих грибних блоків ЕМ-препаратами для отримання компосту. Матеріали міжн. наук. інтернет-конф.

«Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика». Тернопіль, 2019. С. 110–113.

13. Ковальов М. Розробка енергозберігаючої технології замкненого циклу виробництва при інтенсивному вирощуванні грибів. Chapter «Agricultural sciences» С. 372–404. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-355-2-14>. <http://www.baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/371/10218/21302-1>

14. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенка. Вінниця, 2014. 332 с.

15. Методи визначення показників якості продукції рослинництва/ за ред. С.І. Мельника. Київ:Український інститут експертизи сортів рослин, 2016. 158 с.

16. Нетіс І.Т. Методи супутніх досліджень в агрономії. Одеса: Олді+, 2026. 276 с.

17. Ушкаренко В.О., Нікішенко В.Л., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів. Херсон: Айлант, 2008. 372 с.

18. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: ТОВ «ПоліграфКонсалтинг», 2007. 55 с

19. Жемела Г. & Шакалій С. Вплив попередників на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. 20-22. 10.31210/visnyk2012.03.03.

20. Протопіш І.Г. Урожайність пшениці озимої залежно від впливу факторів технології. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 11. С. 76–78.

21. Siroshstan A., Kavunets V., Derhachov O., Pykalo S., Ilchenko L. Yield and sowing qualities of winter bread wheat seeds depending on the preceding crops and sowing dates in the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Agriculture and Forestry*. 2021. No 9 (2). P. 76–82. <https://doi.org/10.11648/j.ajaf.20210902.15>.

22. Демидов О. А., Дергачов О. Л., Сіроштан А. А., Кавунець В. П., Заїма О. А., Шевченко Т. В., Бордюг А. М. Вплив попередників та строків сівби на врожайність і посівні якості насіння пшениці м'якої озимої. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75 (1). С. 46–55. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(75\)-1-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-1-4)

23. Кириленко В.В., Судденко Ю.М., Дубовик Н.С., Гуменюк О.В., Мурашко Л.А., Лось Р.М., Замліла Н.П., Сабадин В.Я. Вплив попередників і строків сівби на посівні якості насіння у північно-східній частині Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2024. № 24 С. 174–182. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.24.25>

24. Дубицький О.Л., О.Й. Качмар О.Й., А.О. Дубицька А.О., Вавринович О.В. Вплив екологізованих систем удобрення на формування продуктивності та якості зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020. Том 98. № 7 (808). С. 74–79. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-10>

25. Дубицька А. О., Качмар О. Й., Дубицький О. Л., Вавринович О. В., Щерба М. М. Вплив систем удобрення з використанням біостимулятора та гумусного добрива на врожайність і якість зерна пшениці озимої. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (1). С. 16–25. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-2

26. Zhu Z., Qian J., Zhang Y., Zhang H., Dai H., Zhang Z., Miao M., Jiang J. Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) Yields and Soil Chemical Properties Were Improved by Row-Surface Straw Mulching. *Agronomy*. 2022. 12. 645. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030645>

27. Kabasiita J.K., Opolot E., Malinga G.M. Quality and Fertility Assessments of Municipal Solid Waste Compost Produced from Cleaner Development Mechanism Compost Projects: A Case Study from Uganda. *Agriculture*. 2022. 12. 582. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050582>

28. Shi Ch., Liao A., Du Ch., Li L., Wan X. and Liu Y. Optimal Effect of Substituting Organic Fertilizer for Inorganic Nitrogen on Yield and Quality of Winter Wheat under Drip Irrigation. *Agronomy*. 2024.14. 2012.<https://doi.org/10.3390/agronomy14092012>
29. Кудрявицька А.М. & Карабач К. С. Вплив добрив на урожайність та показники якості зерна пшениці озимої. *SWorldJournal*.2023. Issue 20. Part 1. С. 148–150. 10.30888/2663-5712.2023-20-01-038.

Дата першого надходження статті до видання: 27.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 635.15:631.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.7>

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ТОМАТУ У ФОРМУВАННІ ЯКОСТІ УРОЖАЮ ЗА ВИРОЩУВАННЯ В ТЕПЛИЧНИХ УМОВАХ НА КРАПЕЛЬНОМУ ЗРОШЕННІ

Вергелес П.М. – к.с.-г.н., доцент,

завідувач кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-4101-1465

Гуменюк О.В. – аспірант кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0009-0000-5187-2739

У статті представлено результати багаторічних досліджень (2022–2025 рр.) ефективності різних систем захисту тепличного томата від основного комплексу шкідників, а також їх вплив на господарську продуктивність і якісні показники врожаю. Встановлено, що середня біологічна ефективність класичної системи захисту становила 83,72%, біологічної – 73,03%, біологічної посиленої – 78,71%, що свідчить про перевагу хімічної системи за рівнем контролю шкідників, але також підтверджує значний потенціал біологізованих технологій.

Доведено статистично значущі відмінності ефективності залежно від виду фітофага. Найвищі показники контролю відмічено щодо павутинного кліща, оранжерейної попелиці та тепличної білокрилки, тоді як найнижча ефективність характерна для тютюнового трипсу. Показано, що біологічні інсектициди забезпечують достовірне зниження чисельності шкідників, а найбільшу ефективність демонструє біологічна посилена система, що вказує на синергічну дію різних біологічних агентів.

Аналіз господарської ефективності засвідчив, що застосування біологічних систем сприяє підвищенню маси плодів, товарності продукції та частки стандартних плодів, яка перевищувала контроль на 16,7–21,1%. Виявлено позитивний вплив біологічних препаратів на біохімічний склад плодів томата, зокрема на вміст сухих речовин, аскорбінової кислоти, каротиноїдів, флавоноїдів та цукрів. Найвищі показники покращення за більшістю якісних характеристик отримано у варіанті біологічної посиленої системи захисту.

Отримані результати свідчать про доцільність використання біологізованих систем захисту в технологіях тепличного вирощування томатів як ефективної альтернативи або доповнення до класичних хімічних схем, особливо з урахуванням вимог до якості та екологічної безпеки продукції.

Ключові слова: томати, ентомокомплекс, біоінсектициди, біологічна ефективність, система захисту, якість урожаю.

Verheles P.M., Humeniuk O.V. Effectiveness of biological protection systems for tomato in yield quality formation under greenhouse cultivation with drip irrigation

The article presents the results of long-term studies (2022–2025) on the effectiveness of different protection systems for greenhouse tomatoes against the main pest complex, as well as their impact on yield performance and product quality parameters. It was established that the average biological effectiveness of the conventional protection system was 83.72%, the biological system 73.03%, and the enhanced biological system 78.71%, indicating the advantage of the chemical system in terms of pest control level, while also confirming the significant potential of biologized technologies.

Statistically significant differences in effectiveness depending on pest species were demonstrated. The highest control levels were recorded for the two-spotted spider mite,



© Вергелес П.М., Гуменюк О.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

greenhouse aphid, and greenhouse whitefly, whereas the lowest effectiveness was observed against tobacco thrips. It was shown that biological insecticides provide a reliable reduction in pest populations, with the enhanced biological system demonstrating the highest effectiveness, indicating a synergistic effect of different biological agents.

Analysis of economic efficiency showed that the application of biological systems contributed to an increase in fruit weight, marketability, and the proportion of standard fruits, exceeding the control by 16.7–21.1%. A positive effect of biological products on the biochemical composition of tomato fruits was also observed, particularly in terms of dry matter, ascorbic acid, carotenoids, flavonoids, and sugars. The highest improvement across most quality indicators was obtained in the variant with the enhanced biological protection system.

The obtained results indicate the feasibility of using biologized protection systems in greenhouse tomato production technologies as an effective alternative or complement to conventional chemical schemes, especially considering the requirements for product quality and environmental safety.

Key words: tomatoes, pest complex, bioinsecticides, biological efficiency, protection system, yield quality.

Постановка проблеми. У сучасному тепличному овочівництві одним із ключових завдань є отримання високоякісної та безпечної продукції за одночасного зниження екологічного навантаження на агроєкосистеми [1, с. 2–3]. Особливо це актуально для томата (*Solanum lycopersicum* L.), який займає провідні позиції серед овочевих культур закритого ґрунту та характеризується високою чутливістю до комплексу шкідливих організмів. У тепличних умовах найбільшої шкоди завдають білокрилки (*Trialeurodes vaporariorum*), трипси (*Frankliniella occidentalis*), павутинні кліщі (*Tetranychus urticae*) та мінери, що призводить до зниження врожайності, погіршення товарних якостей плодів і підвищення частки некондиційної продукції [2, с. 3–4].

Традиційні системи захисту рослин базуються на застосуванні синтетичних інсектицидів, однак їх інтенсивне використання супроводжується рядом негативних наслідків, зокрема формуванням резистентності у шкідників, накопиченням залишків пестицидів у продукції та порушенням екологічної рівноваги агроценозів [3, с. 5–7]. У зв'язку з цим дедалі більшого значення набуває впровадження біологічних методів захисту, які відповідають принципам сталого та органічного землеробства [4, с. 10].

Біологічні інсектициди, що базуються на використанні ентомопатогенних мікроорганізмів (бактерій, грибів, вірусів) або природних біологічно активних сполук, забезпечують ефективний контроль шкідників за мінімального впливу на довкілля та безпечності для людини [5, с. 3–4]. Найбільш поширеними є препарати на основі *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, а також рослинні екстракти, які проявляють інсектицидні, репелентні та антимікробні властивості.

Окрім безпосереднього впливу на чисельність шкідників, біологічні інсектициди можуть опосередковано впливати на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, що, у свою чергу, визначає формування якісних показників урожаю [6, с. 188–189]. Зокрема, відзначається тенденція до підвищення вмісту сухих речовин, цукрів, органічних кислот, антиоксидантів (лікопену, аскорбінової кислоти), а також покращення органолептичних властивостей плодів [7, с. 2–3]. Водночас ефективність таких препаратів значною мірою залежить від умов мікроклімату теплиць, технології вирощування та інтеграції з іншими елементами системи захисту рослин [8, с. 2–3].

Незважаючи на значну кількість досліджень у цьому напрямі, питання впливу біологічних інсектицидів саме на якість урожаю томатів у тепличних умовах

залишається недостатньо вивченим, особливо з урахуванням сучасних інтенсивних технологій вирощування [9, с. 661–662; 10, с. 1–2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасному тепличному овочівництві все більшої актуальності набуває застосування біоінсектицидів як екологічно безпечної альтернативи хімічним засобам захисту. Їх використання спрямоване не лише на ефективний контроль шкідників, але й на збереження та покращення якості продукції, зокрема плодів томата [11, с. 2–5].

Біоінсектициди, створені на основі бактерій, грибів, вірусів або рослинних екстрактів, характеризуються відсутністю токсичних залишків у продукції та мінімальним впливом на навколишнє середовище. Дослідження показують, що їх застосування дозволяє отримувати продукцію високої якості без негативного впливу на товарні та біохімічні показники плодів [12, с. 777; 13, с. 41132].

Значна кількість наукових робіт присвячена вивченню впливу біологічних препаратів на фізико-хімічні властивості томатів. Зокрема, встановлено, що біологічні засоби можуть опосередковано покращувати якість плодів через ефективний контроль шкідників, що знижує стрес рослин і сприяє нормальному формуванню врожаю [14, с. 288–290]. У дослідженні біопестицидів доведено їх позитивний вплив на якість томатів, зокрема через підвищення товарності та зменшення пошкоджень плодів [15, с. 675–677].

Важливим аспектом є вплив біоінсектицидів на біохімічний склад плодів [16, с. 2–4]. Дослідження, пов'язані з використанням мікробіологічних агентів, свідчать про підвищення вмісту антиоксидантів, фенольних сполук, каротиноїдів та вітаміну С у плодах томата [17, с. 1–3]. Подібні ефекти пояснюються активацією захисних механізмів рослин і покращенням метаболічних процесів. Зокрема, застосування біологічних препаратів і споріднених біостимуляторів сприяє збільшенню маси плодів, їх розміру, щільності м'якоті та вмісту сухих речовин [18, с. 43–45]. Окремі дослідження також демонструють позитивний вплив біологічного контролю на післязбиральні показники якості [19, с. 1–2]. Використання мікробних агентів (*Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp.) знижує розвиток гнилей, зменшує втрати маси плодів під час зберігання та сприяє збереженню щільності та вмісту розчинних сухих речовин [8, с. 2].

Разом з тим, у науковій літературі зазначається, що вплив біоінсектицидів на якість плодів може бути неоднозначним і залежить від умов вирощування, сорту та технології застосування [20, с. 3]. У деяких випадках спостерігається відсутність суттєвих змін у таких показниках, як вміст цукрів або кислотність, що свідчить про стабільність якості продукції при використанні біологічних засобів [21, с. 121–123; 22, с. 2–3; 23, с. 41–42; 24, с. 2; 25, с. 124].

Отже, аналіз сучасних досліджень свідчить, що біоінсектициди не лише забезпечують ефективний захист томатів від шкідників у закритому ґрунті, але й сприяють формуванню високоякісної продукції. Їх застосування дозволяє підвищити харчову цінність плодів, покращити їх товарні властивості та зменшити втрати під час зберігання. Водночас ефективність таких препаратів значною мірою залежить від системного підходу до їх використання, включаючи моніторинг шкідників і дотримання технологічних умов вирощування.

Мета дослідження. Метою досліджень було експериментальне оцінювання ефективності застосування сучасних біологічних інсектицидів у поєднанні з традиційними хімічними препаратами, що широко використовуються в тепличних господарствах України.

Матеріали та методи дослідження. Дослідні роботи виконували упродовж 2022–2025 рр. на базі підприємства ТОВ «Овочевий комбінат Станишівка» (Житомирська область, Житомирський район, с. Станишівка). Загальна площа тепличного комплексу становила 6 га. Вирощування томата здійснювали у другому обороті з використанням мінеральної вати як субстрату та системи крапельного зрошення. Висаджування розсади проводили 24 червня за густоти стояння 2,5 рослини на 1 м². У досліді використовували гібрид Лілос.

У якості субстрату було використано мінеральну вату Belagro при застосуванні крапельного поливу. Крапельний полив проводився з такою технологічною схемою:

- розсада – 2 полива в місяць по 100 мл під рослину;
- цвітіння – 5–10 поливів по 100 мл під рослину (в залежності від освітлення);
- плодоношення – 10–40 поливів (в залежності від генерації рослини, освітлення і плодоношення).

Система коректування живлення здійснювалась сумісно із крапельним зрошенням і передбачала додавання на 1 т води: калійна селітра 0,7 кг, кальцієва селітра 0,5 кг, магнієва селітра 0,5 кг, монофосфат калію 0,25 кг. Для стимуляції і оптимізації ростових процесів було застосовано з внесенням двічі під корінь з інтервалом у 14 днів Радіфарму (6 л/га) та Превікуру Енерджі (3 л/га).

До групи біопрепаратів входили Бітоксикацилін-БТУ, Лепідоцид-БТУ та Актосверм 1,8% к.е. Серед хімічних інсектицидів застосовували Моспілан, Актеллік 500 ЕС (к.е.) та Конфідор 200 SL (р.к.).

Ключовим критерієм оцінки ефективності систем захисту був рівень урожайності, а також якісні характеристики продукції порівняно з контрольним варіантом. Урожайність визначали шляхом зважування зібраних плодів із подальшим підсумовуванням врожаю на стадіях технічної та біологічної стиглості з перерахунком на одну рослину та на одиницю площі (м²). Рівень товарності встановлювали за часткою стандартних плодів у загальному врожаї.

Додатково оцінювали середню масу плодів, ступінь їх вирівняності, а також частку пошкодженої продукції. Аналіз показників якості проводили в умовах незалежного центру лабораторних досліджень «Еталон» – акредитованої випробувальної лабораторії відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 (атестат акредитації № 20846, чинний до 09.03.2030 р.). Для цього відбирали зразки плодів у фазі технічної стиглості масою до 500 г із двох несуміжних повторень. Проби пакували у герметичні пакети із зіп-застібкою, маркували та направляли до лабораторії для подальшого аналізу.

Оцінювання якісних характеристик плодів томата в лабораторних умовах проводили із застосуванням як національних, так і європейських нормативних документів і методичних підходів, що регламентують аналіз продукції овочевих культур відкритого та закритого ґрунту [26, с. 199–200]. Дослідження виконували відповідно до узагальненого переліку показників якості:

- вміст сухих речовин (%) – гравіметричним методом;
- вміст загальних цукрів (%) – методом Бертрана;
- вміст аскорбінової кислоти, каротиноїдів, флаваноїдів (у мг/100 г) – титриметричним методом;
- вміст лікопену (мг/кг) – спектрофотометрично.

Загальну структуру експерименту наведено в таблиці 1. Норми витрати препаратів визначали на основі чинних рекомендацій [27, с. 3–5] з урахуванням технологічних регламентів, оприлюднених на офіційних ресурсах дистриб'юторів використаних засобів захисту рослин.

Таблиця 1

**Схема дослідів щодо варіантів захисту для обмеження чисельності
ентомофауни шкідників томата у тепличному виробництві, 2022–2024 рр.**

№ варіанту	Обприскування		
	фаза сформованих 8–10 листків на головному пагоні ВВСН 42–44	фаза появи 1–3 суцвіття ВВСН 50–53	фаза початку росту плодів ВВСН 70–73
1. Контроль (абсолютний)	Обприскування водою		
2. Класична система захисту–контроль технологічний	Актеллік 500 ЕС, к. е., 0,50 мл/м ²	Моспілан р.п., – 30 мг/м ²	Конфідор 200 SL, РК, 0,05 мл/м ²
3. Біологічна система захисту	Бітоксубацилін-БТУ, КС 0,7 мл/м ²	Лепідоцид-БТУ, КС 0,7 мл/м ²	Актоверм 1,8% КЕ, 1 мл/м ²
4. Біологічна система захисту посилена	Бітоксубацилін-БТУ, КС 0,7 мл/м ² + Актоверм 1,8% КЕ, 0,7 мл/м ²	Лепідоцид-БТУ, КС 0,7 мл/м ² + Актоверм 1,8% КЕ, 0,7 мл/м ²	Актоверм формула р.(с.), 1,0 мл/м ²

Випробування пестицидів, що вносили шляхом обприскування, здійснювали за умови досягнення середньої чисельності шкідників, близької до економічного порогу шкодочинності для відповідного виду [28, с. 15–20].

Супровідні фенологічні спостереження, обліки та моніторинг популяцій шкідників у тепличних умовах проводили з урахуванням їх біологічних особливостей відповідно до чинних методичних рекомендацій з овочівництва [29, с. 7–10; 30, с. 5–12; 31, с. 5–8; 32, с. 53–55].

Загальну оцінку біологічної ефективності застосованих систем захисту застосовували рівняння Аббота [31, с. 4], що враховує як базовий рівень чисельності у контрольному варіанті:

$$E = 100 (K - O) / K,$$

де: E – біологічна ефективність, виражена у відсотках з урахуванням контролю;

K – чисельність живих особин шкідника у контрольному варіанті на момент обліку;

O – чисельність живих особин у дослідному варіанті в той самий період.

Оцінку господарської ефективності систем захисту томатів оцінювали за рівнем приросту урожайності та супутніх показників біологічної продуктивності рослин томату відповідно до базових показників такої оцінки [29, с. 10–12].

Рівень товарності у % визначали як відношення частки товарних зібраних плодів до загального обсягу зібраних плодів, відповідно до вимог оцінки товарної якості тепличного томата [29, с. 12].

Обробку отриманих експериментальних даних виконували методом дисперсійного аналізу (ANOVA). Оцінювання статистичної значущості різниць між середніми значеннями проводили за критерієм найменшої істотної різниці (LSD) при рівні значущості $p < 0,05$. Для розрахунків застосовували стандартні статистичні програмні пакети [33, с. 27–30].

Виклад основного матеріалу дослідження. По результатах тривалого обліку біологічної ефективності застосованих систем захисту за вирощування томатів з огляду на ідентифіковані основні шкідники визначено істотні відмінності за рівнем їх біологічної ефективності по відношенню до об'єкта контролю (тютюнового трипса (*Thrips tabaci* Lind.), оранжереїної попелиці (*Myzodes persicae* Sulz), звичайного павутинного кліща (*Tetranychus urticae* Koch.), тепличної білокрилки (*Trialeurodes vaporariorum* Weswood)) (рис. 1).

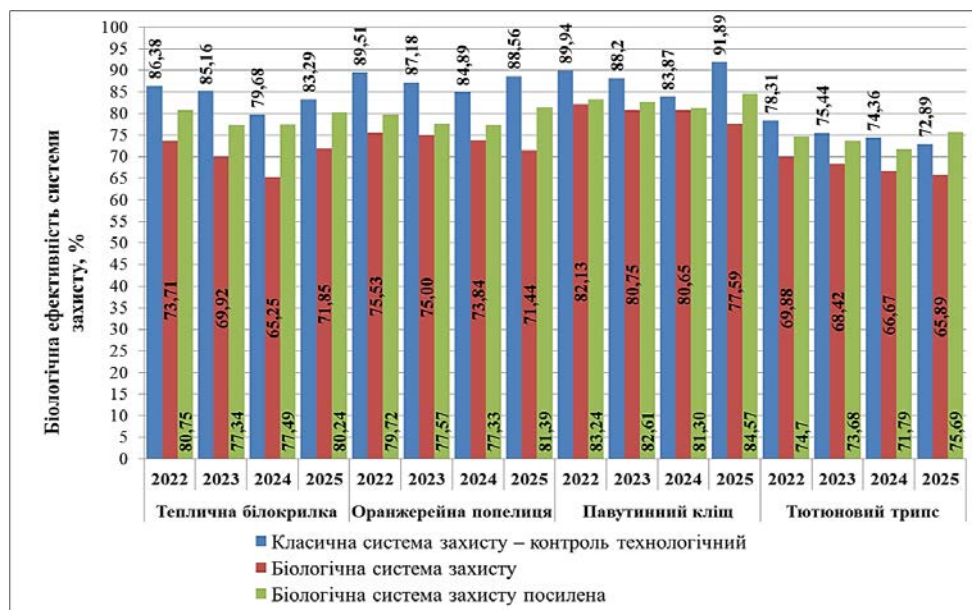


Рис. 1. Біологічна ефективність застосованих систем захисту томата від основних фітофагів за його вирощування в умовах теплиці з режимом крапельного зрошення, %, 2022–2025 рр. (при HIP_{05} 2,07)

За оцінками в період 2022–2025 рр. визначено середню біологічну ефективність застосованих систем захисту тепличного томата на такому рівні: класична система захисту – 83,72%, біологічна система – 73,03% та біологічна система посилена – 78,71%.

Встановлена і статистично значима відмінність щодо рівнів біологічної ефективності для різних видів фітофагів. За відмічений період досліджень максимальний рівень даного показника було відмічено по відношенню контролю павутинного кліща 83,90% усереднено по варіантах застосованого захисту з максимальним значенням при застосуванні класичної системи захисту 88,48% при значенні для біологічної посиленої системи захисту у значенні 82,93%.

Друге місце було отримано у варіанті контролю оранжереїної попелиці, де вказані показники становили 87,54% та 79,00%.

За контролю тепличної білокрилки у середньому за період досліджень класична система захисту забезпечила біологічну ефективність 83,63%, біологічна 70,18% та біологічна посилена – 78,96%.

Найнижчу біологічну ефективність зафіксовано за контролю тютюнового трипсу – середня по варіантах досліді 72,31%.

Застосування біологічних інсектицидів забезпечило достовірне зниження чисельності шкідників у всіх дослідних варіантах. Найвищу ефективність продемонстрував варіант із посиленням біологічним захистом. Це свідчить про синергійний ефект поєднання різних біологічних агентів, які впливають на шкідників через різні механізми дії.

У загальному підсумку біологічну ефективність контролю основного шкідливого ентомокомплексу томатів в умовах досліді можна розмістити за таким рядом зростання:

- за варіантами систем: біологічна система захисту – біологічна посилена система захисту – класична система захисту;
- за видами фітофага: тютюновий трипс – теплична білокрилка – оранжерейна попелиця – павутинний кліщ.

Отримані результати позитивно співвідносяться з рядом досліджень за тепличного вирощування томатів у різних ґрунтово-кліматичних зонах [1, с. 8–10; 4, с. 11–13; 8, с. 8–11; 13, с. 41140–41143; 15, с. 680–682].

Оцінений рівень господарської ефективності систем захисту також мав певні відмінності у розрізі застосованих варіантів систем захисту (табл. 3).

За результатами представленої оцінки застосовані системи захисту мали істотно відмінний вплив на формування господарської ефективності вирощування томатів.

Так, у співставленні до абсолютного контролю для варіанту класичної системи захисту приріст показника середньої маси плоду був у значенні 14,41%, товарності плодів 16,25%.

Для варіанту біологічної системи захисту вказані показники становили 3,67% та 23,59%, а для біологічної посиленої – 9,22% та 13,74% відповідно.

У підсумку варіант класичної системи захисту та біологічно посилений забезпечили близький рівень продуктивності, що підкреслює потенціал біологічного варіанту захисту за відповідної системи комплектування препаратів у технології тепличного вирощування томатів та позитивно узгоджується з оцінками доцільності та необхідності біологізації систем захисту овочевих культур та томата в умовах контрольованого клімату та закритого ґрунту [19, с. 7–10; 22, с. 7–8].

Таблиця 2

Середні за період оцінки натуральні показники господарської ефективності системи захисту томата гібриду Лілос вирощуваного в теплицях у режимі зрошення (середнє за 2022–2025 рр.)

Дослідний варіант систем захисту	Середня маса одного плоду, г	Товарність плодів, %
Контроль (абсолютний) (обробка водою)	138,8 ± 11,7	80,8 ± 6,1
Класична система захисту – контроль технологічний	157,8 ± 11,8	93,9 ± 6,3
Біологічна система захисту	143,9 ± 9,3	87,5 ± 4,9
Біологічна система захисту посилена	151,6 ± 9,7	91,9 ± 4,8
$HIP_{05}, \text{ кг/м}^2$	2,54	1,57

Особливо важливим є підвищення товарності продукції [16, с. 6]. Частка стандартних плодів у варіантах із біологічним захистом перевищувала контроль на 66,7–13,1%, що зумовлено зменшенням пошкоджень шкідниками та більш рівномірним розвитком плодів. У контрольному варіанті відзначено підвищену частку деформованих і пошкоджених плодів, що негативно впливало на комерційну цінність урожаю.

Проведені дослідження засвідчили також, що застосування біологічних пестицидів у технології вирощування томатів у тепличних умовах суттєво впливає як на фітосанітарний стан насаджень, так і на формування якісних показників урожаю (табл. 4).

Таблиця 3

**Середні за період оцінки біохімічні показники якості плодів
томата гібриду Лілос вирощуваного в теплицях у режимі зрошення
(середнє за 2022–2025 рр.)**

Дослідний варіант систем захисту	Показники (вміст) на фенологічну фазу повного формування плодів (ВВСН 73–79)					
	Сухих речовин, %	Аскорбінової кислоти, мг/кг	Каротиноїдів, мг/100 гр	Флавоноїди, мг/100 г	Моно- і дисахаридів, %	Загальна кількість мікроелементів, мг/кг*
Контроль (абсолютний) (обробка водою)	5,59	21,52	0,12	11,4	4,87	73,06
Класична система захисту – контроль технологічний	5,69	22,08	0,15	12,5	5,16	75,69
Біологічна система захисту	5,77	22,19	0,15	12,8	5,24	77,21
Біологічна система захисту посилена	5,89	22,68	0,18	13,1	5,32	78,89
<i>НІР₀₅</i>	0,17	0,19	0,07	0,54	0,05	0,58

Примітка. *Входить вміст таких мікроелементів як: магній, залізо, цинк, мідь, марганець, бор, молібден.

Аналіз хімічного складу плодів томата показав, що біологічні інсектициди мають не лише захисну, але й опосередковану фізіологічну дію на рослини.

По результатах середньобагаторічної оцінки застосування систем захисту в цілому позитивно вплинуло на біохімічний склад плодів. Зокрема, у плані покращення якості вирощеної продукції біологічні варіанти контролю фітофагів томатів в умовах досліді мали істотні статистичні переваги як перед контрольним варіантом, так і перед класичною системою захисту за використання рекомендованих інсектицидів штучного хімічного походження.

Визначено загальний приріст у відносному відсотковому виразі вмісту сухих речовин в плодах томатів у співставленні до контролю на 1,8% за використання варіанту класичної системи захисту та за подібного зростання на 3,22% та 5,37% даного критерію у варіантах біологічного та посиленого біологічного захисту відповідно.

Відмічено аналогічну прирістну динаміку і за оцінки вмісту аскорбінової кислоти: у співставленні до контролю відповідно 2,60%, 3,11% та 5,40% у тому ж ряду оцінки варіантів.

Вміст каротиноїдів мав найменш чутливий реакційний відклик на застосовані системи захисту – у значенні до контролю 8,33% відносного приросту у варіанті класичної системи контролю чисельності шкідників та по 16,67% у варіантах біологічної та біологічної посиленої системи захисту.

Позитивний вплив саме біологічної посиленої системи захисту від шкідників було відмічено і з позиції впливу на вміст флавоноїдів – 14,91% до контролю, що на 5,26% було вищим ніж у варіанті класичної системи захисту та на 2,63% вищим, ніж у варіанті біологічної системи.

Реакція плодів томату на застосовані системи захисту була відмічена і з позиції вмісту цукрів (загальний вміст моно- і дисахаридів) – від 5,95% до контролю у варіанті класичної системи захисту до 9,24% відносного приросту у варіанті біологічної посиленої системи захисту.

За рахунок відміченого в окремих дослідженнях позитивного впливу систем захисту, особливо біоорганічного походження, на поліпшення загального обміну та динаміки накопичення основних біохімічних компонентів в ході дозрівання плодів томата [20, с. 7–11; 25, с. 128–129; 26, с. 208–210] встановлено загальний позитивний вплив на мікроелементний склад вирощеного врожаю за концентрацією комплексу мікронутрієнтів. Максимальний позитивний ефект при цьому було відмічено за даним параметром оцінки у варіанті біологічної посиленої системи захисту проти шкідників з відносним приростом до контрольного варіанту на рівні 8,0%.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень упродовж 2022–2025 рр. встановлено, що застосування різних систем захисту томатів у тепличних умовах суттєво впливає як на фітосанітарний стан насаджень, так і на показники продуктивності та якості врожаю.

Визначено, що найвищий рівень біологічної ефективності забезпечила класична система захисту (83,72%), тоді як біологічна та біологічна посилена системи поступалися їй і становили відповідно 73,03% та 78,71%. Водночас встановлено статистично достовірні відмінності ефективності залежно від виду фітофага. Найвищий рівень контролю досягнуто щодо павутинного кліща (у середньому 83,90%), де максимальну ефективність забезпечила класична система (88,48%), тоді як біологічна посилена система мала дещо нижчі, але близькі показники (82,93%). Аналогічна тенденція відмічена щодо оранжерейної попелиці та тепличної білокрилки. Найменш ефективним виявився контроль тютюнового трипсу (72,31%), що свідчить про складність регуляції цього шкідника.

Застосування біологічних інсектицидів забезпечило достовірне зниження чисельності шкідників у всіх варіантах досліду, при цьому найкращі результати продемонструвала біологічна посилена система захисту. Це підтверджує наявність синергічного ефекту від поєднання різних біологічних агентів із різними механізмами дії.

Оцінка господарської ефективності показала, що класична та біологічна посилені системи забезпечили близький рівень продуктивності. Зокрема, приріст (тут і надалі у відносному виразі) середньої маси плоду становив 14,41% у класичному варіанті та 9,22% у біологічному посиленому, тоді як товарність плодів зросла відповідно на 16,25% і 13,74%. Важливим результатом є підвищення частки стандартної продукції у варіантах із біологічним захистом, що обумовлено зменшенням пошкоджень плодів і більш рівномірним їх формуванням.

Встановлено також позитивний вплив систем захисту, особливо біологічного спрямування, на біохімічні показники якості плодів. Біологічні системи сприяли підвищенню вмісту сухих речовин (до 5,37%), аскорбінової кислоти (до 5,40%), каротиноїдів (до 16,67%), флавоноїдів (до 14,91%) та цукрів (до 9,24%) порівняно з контролем. Найбільш виражений позитивний ефект за більшістю показників відмічено у варіанті біологічної посиленої системи захисту. Крім того, встановлено покращення мікроелементного складу плодів із максимальним приростом до 8,0%.

Таким чином, біологічна посилена система захисту, хоча і дещо поступається класичній за рівнем біологічної ефективності, забезпечує високий рівень господарської ефективності та має суттєві переваги щодо формування якості продукції, що підтверджує доцільність її використання у сучасних технологіях тепличного вирощування томатів.

Подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на вдосконалення біологізованих систем захисту томатів у закритому ґрунті з метою підвищення їх ефективності та стабільності дії.

Перспективним є: оптимізація складу біологічних препаратів і створення ефективних консорціумів мікроорганізмів та ентомофагів; розробка технологічних регламентів застосування біоінсектицидів з урахуванням біологічних особливостей основних фітофагів, особливо тютюнового трипсу як найменш контрольованого виду; дослідження впливу мікрокліматичних умов теплиць на ефективність біологічних агентів; вивчення довгострокового впливу біологічних систем захисту на родючість субстратів та фітосанітарний стан агроценозів; поглиблене дослідження фізіолого-біохімічних механізмів впливу біопрепаратів на формування якості плодів; інтеграція біологічних методів із цифровими системами моніторингу шкідників для підвищення точності та своєчасності захисних заходів.

Реалізація зазначених напрямів дозволить підвищити ефективність біологізованого захисту та забезпечити отримання високоякісної і безпечної продукції томатів у тепличних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Shahini S, Bërxolli A, Kokojka F. Effectiveness of bio-insecticides and mass trapping based on population fluctuations for controlling *Tuta absoluta* under greenhouse conditions in Albania. *Heliyon*. 2021. Vol. 7. № 1. e05753. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05753>
2. Aynalem B., Muleta D., Jida M., Shemekite F., Aseffa F. Biocontrol competence of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Bacillus thuringiensis* against tomato leaf miner under greenhouse conditions. *Heliyon*. 2022. 8(6), e09694. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09694>
3. Ivezić A., Popović T., Trudić B., Krndija J., Barošević T., Sarajlić A., Stojčić, I., & Kuzmanović, B. Biological Control Agents in Greenhouse Tomato Production (*Solanum lycopersicum* L.): Possibilities, Challenges and Policy Insights for Western Balkan Region. *Horticulturae*. 2025. Vol. 11. № 2. 155. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020155>
4. Abdel-Razek A. S., Abd El-Ghany N. M., Djelouah K., Moussa A. An evaluation of some eco-friendly biopesticides against *Bemisia tabaci* on two greenhouse tomato varieties in Egypt. *Journal of Plant Protection Research*. Vol. 57. № 1. P. 9–17. <https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0002>
5. EL Roby A.S.M.H., Hussein S.M. Behavior of bio- and chemical insecticides in tomato ecosystem in Minia Governorate. *Acta Ecologica Sinica*. 2018. CHNAES-00594. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.08.004>

6. Jallow M.F.A., Dahab A.A., Albaho M.S., Devi V.Y. Efficacy of some biorational insecticides against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory and greenhouse conditions in Kuwait. *Journal of Applied Entomology*. 2019. Vol. 143. P. 187–195. <https://doi.org/10.1111/jen.12588>
7. Dag M.M., Yilmaz H. Evaluation of Pesticide Use in Greenhouse Tomato Production in the Context of Sustainability, Food Safety and Export Residue Notifications. *Journal of Agricultural Sciences*. 2025. Vol. 31. № 1. P. 46–58. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.1469332>
8. Badu P.R. Greenhouse Technology for Controlled Environment Crop Production. *International Journal For Multidisciplinary Research*. 2023. Vol. 5. № 5. P. 1–13. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2023.v05i05.7164>
9. Chamuah S., Kiran N., Amin D.M., Sultana Al. N., Hansda N.N., Noopur K. Protected Vegetable Crop Production for Long-term Sustainable Food Security. *Journal of Scientific Research and Reports*. 2024. Vol. 30. № 5. P. 660–669. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i51984>
10. Maureira F., Rajagopalan K., Stöckle C. O. Evaluating tomato production in open-field and high-tech greenhouse systems. *Journal of Cleaner Production*. 2022. 337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130459>
11. Michalis E., Giatra C. E., Skordos D., Ragkos A. Assessing the Different Economic Feasibility Scenarios of a Hydroponic Tomato Greenhouse Farm: A Case Study from Western Greece. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. № 19. <https://doi.org/10.3390/su151914233>
12. Singh K.A.P., Goutam P.K., Xaxa S., Pandey S.K., Panotra N. The Role of Greenhouse Technology in Streamlining Crop Production. *Journal of Experimental Agriculture International*. 2024. Vol. 46. № 6. P. 776–798. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i62532>
13. Zhou W., Arcot Y., Medina R. F., Bernal J., Cisneros-Zevallos L., Akbulut M.E.S. Integrated Pest Management: An Update on the Sustainability Approach to Crop Protection. *ACS Omega*. 2024. Vol. 9. № 40. P. 41130–41147. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06628>
14. Mario J., Chirinos D.T., Granja Guerra E., José G. Treatments with insecticides on control of *Trialeurodes vaporariorum* and tomato yield under greenhouse conditions. *Bioagro*. 2024. Vol. 36. № 3. P. 287–298. <https://doi.org/10.51372/bioagro363.4>
15. Sarr O.M., Bal A.B., Fossati-Gaschignard O., Gauthier N. Effectiveness of two biopesticides against the invasive tomato pest *Tuta absoluta*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2021. Vol. 169. P. 674–685. <https://doi.org/10.1111/eea.13047>
16. Avasiloaiei D. I., Calara M., Brezeanu P. M., Bălăiță C., Brumă I. S., Brezeanu C. Optimizing Tomato Yield and Quality in Greenhouse Cultivation Through Fertilization and Soil Management. *Agronomy*. 2025. Vol. 15. № 9. 2045. <https://doi.org/10.3390/agronomy15092045>
17. Sattar S., Iqbal A., Parveen A., Fatima E., Samdani A., Fatima H., Shahzad M. Tomatoes Unveiled: A Comprehensive Exploration from Cultivation to Culinary and Nutritional Significance. *Qeios*. 2024. P. 1–9. <https://doi.org/10.32388/CP4Z4W>
18. Umeohia U.E., Olapade A.A. Quality Attributes, Physiology, and Postharvest Technologies of Tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) – A Review. *American Journal of Food Science and Technology*. 2024. Vol. 12. P. 42–64. <https://doi.org/10.12691/ajfst-12-2-1>
19. Lastochkina O., Aliniaiefard S., SeifiKalhor M., Bosacchi M., Maslennikova D., Lubyanova A. Novel Approaches for Sustainable Horticultural Crop Production: Advances and Prospects. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8. 910. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100910>
20. Wu W., Lin Z., Zhu X., Li G., Zhang W., Chen Y., Ren L., Luo S., Lin H., Zhou H. Improved Tomato Yield and Quality by Altering Soil Physicochemical Properties and Nitrification Processes in the Combined Use of Organic-Inorganic Fertilizers.

European Journal of Soil Biology. 2022. Vol. 109. 103384. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2022.103384>

21. Mitidieri M.S., Brambilla V., Barbieri M., Piris E., Celié R., Chaves E. Tomato Crop Health, Yield, and Greenhouse Soil Conditions after 17 Years of Repeated Treatments of Biofumigation and Solarization. *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development. Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 8. P. 123–139 <https://doi.org/10.15377/2409-9813.2021.08.10>

22. Akhter W., Shah F.M., Yang M., Freed S., Razaq M., Mkindi A.G. Botanical biopesticides have an influence on tomato quality through pest control and are cost-effective for farmers in developing countries. *PLoS ONE*. 2023. Vol. 18. № 11. e0294775. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294775>

23. Kashyap L., Sharma D. C. Efficacy of insecticides and bio-pesticides for control of greenhouse whitefly on tomatoes in greenhouses in India. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* 2016. Vol. 32. № 1. P. 40–49. <https://doi.org/10.3954/1523-5475-32.1.40>

24. Fenibo E.O., Matambo T. Biopesticides for sustainable agriculture: feasible options for adopting cost-effective strategies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2025. Vol. 9. 1657000. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1657000>

25. Ndereyimana A., Nyalala S., Murerwa P., Gaidashova S. Growth, yield and fruit quality of tomato under different integrated management options against *Tuta absoluta* Meyrick. *Advances in Horticultural Science*. 2020. Vol. 34. № 2. P. 123–132. <https://doi.org/10.13128/ahsc-7835>

26. Amr A., Raie W. Tomato Components and Quality Parameters. A Review. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*. 2022. Vol. 18. № 3. P. 199–220. <https://doi.org/10.35516/jjas.v18i3.444>

27. Перелік пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні на 2022 рік. К.: Юнівест маркетинг, 2022. 831 с.

28. Методики випробування і застосування пестицидів / [Трибел С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П., Іващенко О.О. та ін.]; за ред. С.О. Трибеля. К.: Світ, 2001, 448 с.

29. Бондаренко Г.Л. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За редакцією Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Х.: Основа, 2001. 369 с.

30. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур: підручник / [Й. Т. Покозій, В. М. Писаренко, С. В. Довгань та ін.]; за ред. Й. Т. Покозія. К.: Аграрна освіта, 2010. 223 с.

31. Schwarz D., Thompson A.J., Kläring H.P. Guidelines to use tomato in experiments with a controlled environment. *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 18. № 5. 625. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00625>

32. Мельничук Ф. С. Контроль чисельності шкідників томатів за умов краплинного зрошення. *Меліорація і водне господарство*. 2018. № 2. С. 53–58.

33. Wong J. Handbook of statistical analysis and data mining applications. Cambridge, Academic Press. 2018. 589 p. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-06451-4>

Дата першого надходження статті до видання: 29.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 631.4:678:631.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.8>

РОЗРОБКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ БІОПОЛІМЕРІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ҐРУНТІВ

Войтїк А.В. – к.техн.н., доцент кафедри агроінженерії,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-8196-3102

Демчинська М.І. – к.біол.н., доцент,

доцент кафедри ентомології та збереження біорізноманіття,

Державний вищий навчальний заклад

«Ужгородський національний університет»

orcid.org/0000-0001-7252-4151

Поливаний А.Д. – аспірант кафедри біотехнології та хімії, науковий співробітник

науково-дослідної лабораторії дослідження та ремедіації ґрунтів,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-8363-7186

Важливою проблемою сьогодення є деградація ґрунтів, зумовлена недотриманням сівозмін, низькими обсягами застосування мінеральних і органічних добрив, а також недостатнім впровадженням заходів із біологізації землеробства. Перспективним напрямом вирішення цих завдань є застосування природних або синтетичних полімерних матеріалів, здатних підвищувати стійкість ґрунтів до зовнішніх негативних впливів. Метою дослідження є огляд даних літератури щодо особливостей розробки та застосування препаратів біополімерів для підвищення й збереження родючості ґрунтів. Охарактеризовано напрями використання біополімерів, як-от крохмалю, целюлози, хітозану, альгілату, декстрану, ксантанової й гуарової камеді, желатину та казеїну, у сільському господарстві. Описано переваги застосування крохмалю для покращення фізичних та хімічних властивостей ґрунтів, зокрема фінансову доступність, здатність утворювати гелі, підтримуючи водний баланс ґрунту та зменшуючи випаровування, що робить актуальним його застосування в умовах посушливого клімату півдня України. Наведено дані щодо ефективності застосування декстрану, целюлозних похідних, ксантанової та гуарової камеді для підвищення структурної стійкості ґрунту до водної та повітряної ерозії. Вказано, що використання альгілатів сприяє пролонгації дії добрив та засвоєнню поживних речовин рослинами, а застосування хітозану позитивно впливає на зміцнення імунітету рослин. Описано застосування желатину та казеїну як чинника активізації ґрунтової мікробіоти. Представлено дані щодо високої ефективності композицій, що поєднують біополімери з бактеріальними штамами родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, та *Serratia*, для захисту рослин від грибкових хвороб, покращення схожості насіння та стимулювання росту рослин у польових умовах. Узагальнення наукових праць свідчить про значний потенціал біополімерів у підвищенні родючості ґрунтів і продуктивності сільськогосподарських культур, що зумовлює доцільність подальших розробок комплексних препаратів та досліджень їх ефективності для широкого кола сільськогосподарських культур за різних ґрунтово-кліматичних умов.

Ключові слова: біополімери, ґрунти, полісахариди, мікробні полімери, деградація, ерозія.



© Войтїк А.В., Демчинська М.І., Поливаний А.Д., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Voitik A.V., Demchynska M.I., Polyvanyi A.D. Development and application of biopolymers in agriculture to increase soil resistance

An important problem today is soil degradation, caused by non-compliance with crop rotation, low volumes of mineral and organic fertilizers, and insufficient implementation of measures to biologize agriculture. A promising approach to solving these problems is the use of natural or synthetic polymers that can enhance soil resistance to external negative influences. Therefore, the purpose of the study is to review the literature on the features of the development and use of biopolymer preparations to increase and maintain soil fertility. The directions of use of biopolymers, such as starch, cellulose, chitosan, alginate, dextran, xanthan and guar gum, gelatin and casein, in agriculture are characterized. The advantages of using starch to improve the physical and chemical properties of soils are described, in particular, its financial availability, the ability to form gels, maintenance of soil water balance, and reduced evaporation, which make its use relevant in the arid climate of southern Ukraine. Data are provided on the effectiveness of using dextran, cellulose derivatives, xanthan and guar gum in increasing the soil's structural resistance to water and air erosion. It is indicated that the use of alginates to prolong fertilizer action contributes to nutrient assimilation by plants, and that chitosan strengthens plant immunity. The use of gelatin and casein as a factor in activating soil microbiota is described. Data are presented on the high effectiveness of compositions combining biopolymers with bacterial strains of the genera Pseudomonas, Bacillus, and Serratia in protecting plants from fungal diseases, improving seed germination, and stimulating plant growth under field conditions. The generalization of scientific findings indicates the significant potential of biopolymers to increase soil fertility and crop productivity, which makes it advisable to further develop complex preparations and assess their effectiveness across a wide range of crops under different soil and climatic conditions.

Key words: biopolymers, soils, polysaccharides, microbial polymers, degradation, erosion.

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах інтенсивного ведення сільського господарства особливого значення набуває проблема деградації ґрунтів і збереження їхньої родючості. Недотримання сівозмін і внесення органічних і мінеральних добрив в необґрунтованих нормах сприяють зменшенню вмісту гумусу та органічної речовини в ґрунті, а також його ущільненню, ерозії та зниженню родючості. Всі ці фактори ставлять під загрозу сталий розвиток агросектору та підризують продовольчу безпеку нашої держави. Тому стратегією агропромислового розвитку країни повинна бути орієнтація на охорону та збереження родючості ґрунтів і покращення їхніх фізико-хімічних властивостей. І перспективним напрямом у цьому контексті є застосування біополімерів – природних високомолекулярних сполук, які здатні підвищувати стійкість ґрунтів до зовнішніх негативних впливів.

Постановка проблеми. Ґрунтові ресурси є основою розвитку сільськогосподарської галузі України. За показниками якості земель наша країна посідає чільне місце у світі, адже понад половину ріллі становлять чорноземні ґрунти [1, с. 5–6]. Родючість ґрунтів завжди була і залишається важливим чинником у забезпеченні сталого розвитку агросектору. Однак, як свідчать наукові дослідження та практичний досвід, продуктивність ґрунтів не є сталою величиною, адже ця властивість може змінюватися залежно від господарської діяльності та системи землеробства [2, с. 34–36].

На сьогодні більшість продукції рослинництва в Україні отримується за рахунок використання інтенсивних технологій землеробства [3, с. 220]. Сучасний стан земельних ресурсів України викликає занепокоєння, адже деградаційні процеси відбуваються на значних площах родючих ґрунтів, що є наслідком використання інтенсивних технологій їхнього обробітку, недотримання науково-обґрунтованих сівозмін, насиченням просапними культурами та низьким обсягом внесення органічних добрив [4, с. 54]. Варто зазначити, що досягнення збалансованого розвитку сільського господарства можливе лише за тих систем землеробства, які

здатні забезпечити позитивний баланс гумусу та поживних речовин у ґрунтах [5, с. 51–52]. Для розв’язання проблеми відтворення родючості ґрунтів та досягнення нейтрального рівня їх деградації Україна повинна мати чітку стратегію охорони ґрунтів і забезпечити ефективне функціонування ґрунтозахисних програм, здійснюючи жорсткий контроль за їх виконанням [6, с. 5–7].

Значні перспективи в контексті збереження та підвищення родючості ґрунтів, покращення їх фізико-хімічних властивостей та підвищення урожайності вирощуваних сільськогосподарських культур має застосування біополімерів – високомолекулярних сполук рослинного або тваринного походження, або тих, які синтезуються на основі сировини, що відновлюється. Широко розповсюдженими біополімерами, які використовуються у сільському господарстві, є полісахариди, зокрема крохмаль, целюлоза, хітозан, гуарова камідь та альгірати, білки, зокрема желатин та казеїн, а також мікробні глікополімери ксантанова камідь та декстран.

Застосування біополімерів має низку переваг над їх синтетичними аналогами, зокрема екологічну безпечність завдяки здатності до біологічного розкладу та сумісність із ґрунтовою мікробіотою [7, с. 3–5].

Внесення цих сполук забезпечує формування стабільних агрегатів, що дозволяє підвищити механічну міцність ґрунтів та запобігти їхній водній і вітровій ерозії [8]. Підвищена водоутримувальна здатність рослинних глікополімерів дозволяє використовувати їх для зменшення випаровування вологи, що є має великі перспективи для застосування у посушливих регіонах, зокрема на півдні України. Ще однією важливою перевагою біополімерів є їхня здатність підтримувати розвиток корисної мікрофлори ґрунтів [9].

Тому **метою дослідження** є огляд даних літератури щодо особливостей розробки та застосування препаратів біополімерів для підвищення й збереження родючості ґрунтів.

Методика досліджень. У роботі використано метод систематичного огляду наукових джерел присвячених дослідженням стану земельних ресурсів, проблеми деградації ґрунтового покриву, шляхів підвищення та збереження родючості ґрунтів, властивостей біополімерів, механізмів їх впливу на ґрунт, а також перспектив їх практичного застосування. Здійснено порівняльний аналіз властивостей різних полімерів та ефективності їх як препаратів у сільськогосподарській практиці. Проведено узагальнення отриманих даних та окреслено перспективи подальших досліджень.

Результати досліджень. Розроблення біопрепаратів для використання у сільському господарстві передбачає декілька етапів. В першу чергу необхідно підібрати джерело сировини з природних ресурсів, яке відповідає як економічним, так і технологічним вимогам. Тому найчастіше як джерела розглядаються відходи з високим вмістом рослинної біомаси, морські водорості, побічні продукти харчової промисловості тощо. Далі необхідно розробити технології модифікації сировини: органічні сполуки піддаються хімічній або ферментативній обробці для надання їм необхідних властивостей [10, с. 502–503; 11, с. 164–166]. Важливим етапом також є оптимізація складу комплексного біополімерного препарату, що передбачає створення композицій з органічних полімерів із мікроорганізмами або мінеральними компонентами. Заключним етапом є лабораторні та польові дослідження, які дозволяють скоригувати компонентний склад та визначити ефективність застосування розроблених препаратів біополімерів для покращення фізичних та хімічних властивостей ґрунту, зменшення ступеня їх деградації або підвищення урожайності культур [12; 13].

У рослинництві біополімери можуть застосовуватися у різних формах, в залежності від мети використання: як добавки для стабілізації структури ґрунту, для передпосівної обробки насіння для покращення проростання, в якості гідрогелів для утримання вологи, а також як біорозкладні мульчувальні матеріали [14; 15].

Види полімерів, що використовуються у сільському господарстві, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Види полімерів у сільському господарстві

Група	Вид	Ефект від застосування
Полісахариди	Крохмаль	Утримання вологи, покращення родючості ґрунту, протиерозійний захист
	Похідні целюлози (КМЦ, МЦ, ГЕЦ, ГПМЦ)	Поліпшення структури ґрунту, утримання вологи
	Альгінати	Пролонгація дії добрив, протиерозійний захист, покращення засвоєння поживних речовин, стимулювання розвитку кореневої системи
	Хітозан	Зміцнення імунітету рослин, пригнічення патогенних мікроорганізмів
	Гуарова камідь	Зменшення ущільнення ґрунту, покращення аерації, розвиток корисної мікрофлори
Мікробні біополімери	Ксантанова камідь	Зменшення руйнування структури ґрунту, покращення водного режиму ґрунту, покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту, сприяння росту рослин
	Декстран	Підвищення стійкості до ерозії, покращення водного балансу ґрунту, джерело вуглецю
Протеїни	Желатин	Покращення структури та фізичних властивостей ґрунту
	Казеїн	Покращення фізичних властивостей ґрунтів, підвищення родючості, активізація ґрунтової мікробіоти

Полісахариди є найбільш поширеними складовими біопрепаратів для сільського господарства. До них належать крохмаль, целюлозні похідні, альгінати, хітозан і камеді.

Крохмаль – є основним запасним полісахаридом рослин, що накопичується у зерні, плодах, бульбах та коренях в результаті фотосинтезу, який знайшов використання у землеробстві. Цей полімер є сировиною для багатьох препаратів для покращення фізичних та хімічних властивостей ґрунтів, завдяки фінансовій доступності, здатність до біологічного розпаду та утворення гелів [16]. Оскільки крохмаль діє як зв’язувальний агент, зокрема склеює ґрунтові частинки, це сприяє утворенню агрегатів та підвищує механічну міцність ґрунту, сприяючи зменшенню ерозії та покращуючи стійкості ґрунтів до руйнувань [17, с. 2806–2807]. Крім того, завдяки здатності утворювати гелі, крохмаль виконує функцію поглинання та утримання води з поступовим її вивільнення для рослин, що дозволяє зменшити випаровування. Ця властивість дозволяє застосовувати такі препарати

для регулювання водообміну в посушливих регіонах. Також крохмаль є цінним джерелом органічної речовини для розвитку корисної мікрофлори ґрунтів, тому внесення біополімерних препаратів на його основі дозволяє активізувати мікробіологічні процеси та сприяє накопиченню гумусу. Крім того, його застосування дозволяє зменшити вимивання азоту й фосфору, а також підвищити ефективність застосування добрив. Здатність крохмалю до утворення захисної плівки дозволяє його використовувати для обробки поверхні ґрунту на схилах для стримування природних зсувів та ерозійних процесів. На основі крохмалю виготовляють мульчувальні біорозкладні плівки, які не забруднюють навколишнє природне середовище, а можуть навіть покращувати стан ґрунтів. Серед недоліків застосування крохмалю слід відмітити його швидке біологічне розкладання, необхідність модифікації для забезпечення тривалого ефекту та високу залежність від умов навколишнього середовища.

Іншими поширеними глікополімерними препаратами для агропромисловості є модифіковані форми природної целюлози, отримані шляхом хімічної обробки рослинної сировини. Серед похідних целюлози найпоширенішими є карбоксиметилцелюлоза (КМЦ), метилцелюлоза (МЦ), гідроксиетилцелюлоза (ГЕЦ) та гідроксипропілметилцелюлоза (ГПМЦ). Целюлозні похідні застосовуються як стабілізатори ґрунту, адже вони мають властивість зв'язувати ґрунтові частинки в агрегати, підвищують стійкість до ерозійних процесів, а також зменшують ущільнення ґрунту [18]. На основі похідних целюлози створюють гідрогелі, які здатні поглинати воду, поступово віддаючи її рослинам, що дозволяє зменшити потреби у зрошенні. Також целюлозні препарати застосовуються як плівкоутворювачі під час передпосівної обробки насіння, що забезпечує рівномірне проростання рослин та їхній захист від патогенів [19, с. 266–269]. На основі целюлози також виготовляють мульчувальні плівки, агроволокно та покривні матеріали, адже вони розкладаються без шкоди для ґрунту й не потребують подальшої утилізації. Перевагами їх використання є екологічна безпечність, сумісність із ґрунтовою мікрофлорою та здатність покращувати водний режим ґрунтів. Недоліками таких матеріалів є чутливість до мікробного розкладання, залежність ефективності від типу ґрунту та висока вартість модифікованих форм.

Альгірати – це полісахариди натурального походження на основі залишків альгінової кислоти, які отримують з бурих водоростей. За своїми властивостями є ефективними природними загусниками, а також гелеутворювачами, тому можуть використовуватися для покращення фізичних властивостей ґрунтів та підвищення їх стійкості [20]. Альгірати утворюють гелеву сітку, яка зв'язує частинки ґрунту, що, відповідно, сприяє зменшенню ерозії та накопиченню води в ґрунті, а також покращує засвоєння поживних речовин рослинами. Також альгірати є ефективними препаратами для передпосівної обробки насіння. Перевагами їх застосування є біорозкладність та позитивний вплив на ґрунт і рослини, а недоліками – залежність їхньої ефективності від рН та обмежений термін дії.

Хітозан – це полісахарид тваринного походження, який отримують із панцирів ракоподібних. Застосування препаратів хітозану дозволяє покращити пористість і підвищити аерацію ґрунту, а також посилити імунітет рослин до фітопатогенів. Цей полімер є природним біостимулятором росту рослин, а також має властивість пригнічувати розмноження патогенних вірусів і грибів та активувати ріст корисної мікрофлори у ґрунті [21, с. 1337–1339]. Передпосівна обробка насіння препаратами хітозану сприяє підвищенню схожості та енергії проростання, забезпечує захист від хвороб і стимулює ріст кореневих волосків. Серед основних переваг

його застосування – зменшення потреби в хімічних пестицидах завдяки фунгіцидним властивостям, а також екологічна безпечність; серед недоліків варто відзначити високу вартість виробництва та відносно обмежену сировинну базу.

Гуарова камідь – це рослинний глікополімер, який отримують із насіння рослини *Cyatopsis tetragonoloba*. Він є природним структуроутворювачем, зокрема, зв'язує частинки ґрунту, забезпечує зменшення ущільнення та покращення аерації. Завдяки поглинанню води та утриманню її у ґрунті дозволяє зменшити потребу в поливі та підвищити стійкість рослин до посухи. Внесення гуарової камеді може стимулювати розвиток корисної мікрофлори ґрунту. Її перевагою є висока ефективність у малих дозах і сумісність з іншими біополімерами. За даними Н. Sulaiman та співавторів [22], препарати гуарової камеді сприяють зменшенню зсувів ґрунту на схилах, що робить їх ефективними для застосування на схилах та для запобігання вітровій ерозії.

Серед біополімерів мікробного походження, які знайшли застосування у сільському господарстві, варто відзначити ксантанову камідь та декстран.

Ксантанова камідь – це глікополімер, що утворюється бактеріями роду *Xanthomonas* та використовується у рослинництві завдяки своїм реологічним властивостям, тобто здатності утворювати в'язкі розчини за низьких концентрацій. Він є природним зв'язувальним агентом, який огортає частинки ґрунту, зменшуючи руйнування його структури та підвищуючи його стійкість до механічних навантажень [23; 24, с. 1881]. Завдяки утворенню захисної плівки та зв'язуванню ґрунтових частинок знижується ризик водної та вітрової ерозії ґрунтів. Таким чином, застосування ксантанової камеді у складі препаратів сприяє покращенню водного режиму ґрунту, особливо на піщаних чи деградованих ґрунтах. Як доступне джерело органічної речовини, такі препарати здатні стимулювати розвиток корисної мікрофлори ґрунту, підвищуючи його біологічну активність. Перевагами застосування ксантанової камеді є висока ефективність за малих концентрацій та можливість застосування на всіх агропромислових групах ґрунтів. Основними недоліками є висока вартість та зниження ефективності за тривалого впливу вологи. Дослідженнями S. Kumaг та ін. встановлено, що ксантанова камідь має найкращі показники водонепроникності та високу здатність утримувати воду, що робить її придатною для боротьби з ерозією, для відновлення ґрунту та покращення росту та розвитку рослин [25]. Результати інших науковців показали, що використання ксантанової камеді для обробки ґрунту призводить до часткового заповнення ґрунтових порожнин та утворення додаткових зв'язків між частинками ґрунту, що знижує коефіцієнт проникності та покращує механічні властивості ґрунту [26, с. 170]. Крім того, було відмічено [22], що навіть невелика кількість ксантанової камеді сприяла підвищенню значення рН ґрунтового розчину, знижувала щільність ґрунту, покращувала оптимальний вміст вологи, а також збільшувала індекс пластичності. Своєю чергою, результати дослідження щільності свідчать про підвищення міцності ґрунту після додавання біополімерів [25], що підкреслює їхній перспективний потенціал для застосування у сфері сільського господарства.

Декстран є мікробним полісахаридом, який синтезується бактеріями роду *Leuconostoc* та *Streptococcus* із сахарози. Завдяки зв'язуванню мінеральних частинок він забезпечує покращення фізичних властивостей ґрунтів та підвищення стійкості до вітрової й водної ерозії [24, с. 1882]. Також застосування декстрану дозволяє покращити водний баланс ґрунту, зменшуючи втрати вологи. Цей полісахарид є джерелом вуглецю для ґрунтових мікроорганізмів і здатний стимулювати

процеси гумусоутворення. Основними перевагами застосування декстрану є стимуляція біологічних процесів у ґрунті та сумісність з іншими біополімерами. Серед недоліків варто відзначити швидке розкладання мікроорганізмами та короткотривалий ефект від його застосування.

Білковими полімерами, які застосовують у сільськогосподарській діяльності, є желатин і казеїн. Желатин – це білковий біополімер, який отримують шляхом гідролізу колагену з кісток і шкіри тварин. Желатин діє як зв'язувальний агент, що сприяє покращенню структури та фізичних властивостей ґрунту [27]. Завдяки здатності до гелеутворення препарати, що містять желатин, ефективно поглинають воду та утримують її в ґрунті, покращуючи водний баланс. Внесення таких препаратів також підвищує родючість ґрунту, оскільки вони є доступним для мікроорганізмів джерелом азоту. Передпосівна обробка насіння желатином підвищує їхню схожість. Цей білок є сумісним з іншими біополімерами, але має короткотерміновий ефект і під час розкладання виділяє неприємний запах.

Казеїн – це полімер, який є основним білковим компонентом молока. За хімічною природою цей біополімер належить до фосфопротейнів і має властивість утворювати колоїдні системи та плівки, за рахунок чого може покращувати фізичні властивості ґрунтів. Також казеїн є органічним добривом: при його розкладанні ґрунтовими мікроорганізмами вивільняється азот і фосфор, які використовують рослини. Внесення препаратів казеїну сприяє гумусоутворенню та покращує водний режим ґрунтів [28, с. 5411]. Незважаючи на це, висока вартість робить його непридатним для масштабного використання в агропромисловості.

Найбільш перспективним напрямом застосування препаратів біополімерів у сільському господарстві є проведення передпосівної обробки насіння. Використання біополімерних плівкоутворюючих композицій має позитивний вплив на пророщення насіння, сприяючи підвищенню кількісних та якісних показників урожайності, підвищує енергію проростання насіння та забезпечує захист від патогенних мікроорганізмів та шкідників без застосування хімічних пестицидів. Полісахариди є основою сучасних біополімерних композицій для передпосівної обробки насіння завдяки своїй високій біосумісності, здатності до біодеградації, нетоксичності, адгезивності та структурній гнучкості, що забезпечує ефективне утримання вологи, захист від патогенів та екологічну безпеку [29, с. 92–93; 30]. Використання композиції на основі крохмалю та 20-% мінеральних сполук (NH_4NO_3 , KNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}$) для передпосівної обробки насіння льону, соняшника та ярої пшениці забезпечило підвищення врожайності на 27–31% порівняно з контролем [29, с. 98–99]. Під час проведення польових досліджень на великих площах показано, що прибавка врожаю становить від 15% до 25% на гектар для таких культур, як соняшник, рис і льон, а для сої та кукурудзи – навіть 50–80% на гектар порівняно з контролем [29, с. 100]. Дослідженнями також продемонстровано ефективність передпосівної обробки насіння ячменю композиціями біополімерів з мікроорганізмами (*Pseudomonas fluorescens* D5, *Bacillus aerophilus* A2, *Serratia myotis* B5, *Bacillus simplex* B9, *Pseudomonas putida* D7) для забезпечення стійкості рослин до фітопатогенних грибів. Показано, що комбіновані препарати мікроорганізмів з полігідроксисилканоатами та пуллуланом пригнічували ріст штамів *Fusarium solani* та *Fusarium oxysporum*, що вказує на їхній потенціал для захисту ячменю від фузаріозних хвороб. Водночас у польових умовах було відзначено підвищення схожості насіння на 18–20% та швидкості росту рослин на 20–23% [31].

Важливим завданням під час розробки препаратів є модифікація біополімерів для підвищення їхніх водопоглинаючих властивостей та здатності до плівкоутворення в ґрунті. Змінюючи структуру біополімерів можна регулювати властивості препаратів, забезпечуючи необхідні параметри, зокрема щільність склеювання, пористість та хімічний склад поверхні, відповідно до потреб конкретних типів ґрунту та сільськогосподарських культур. Але, однією з проблем широкого впровадження біополімерів в агросекторі є висока вартість їх виробництва. Головним завданням на сьогодні залишається створення економічно ефективних і масштабних технологій отримання біополімерів із доступної сировини, що забезпечить їхнє широке застосування в сільськогосподарській діяльності.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, застосування препаратів біополімерів має значні перспективи для підвищення стійкості та родючості ґрунтів. Показано, що використання крохмалю, целюлози, хітозану, альгінатів, желатину, казеїну, декстрану, ксантанової й гуарової камеді є екологічно безпечним, забезпечує збереження та підвищення родючості ґрунтів, їхню стійкість до водної та вітрової ерозії, сприяючи забезпеченню сталого аграрного виробництва. Для покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту та боротьби з ерозією найефективнішим є препарати на основі крохмалю, декстрану, ксантанової та гуарової камеді, для утримання вологи – целюлози, для пролонгації дії добрив – альгінатів, для зміцнення імунітету рослин – хітозану, для передпосівної обробки насіння – крохмалю, желатину та казеїну. Майбутні дослідження препаратів біополімерів повинні бути спрямовані на вивчення їхньої довгострокової ефективності, мінімізацію впливу на навколишнє середовище та аналіз впливу сезонних коливань на стабільність їхньої дії. Необхідні подальші польові випробування для оцінки ефективності біополімерів у різних ґрунтових і кліматичних умовах, а також для різних видів сільськогосподарських культур.

Стрімке зростання масштабів застосування біополімерів у сільському господарстві вимагає розроблення нормативно-правових стандартів для забезпечення їх відповідального та безпечного використання, а також потребує адаптації вітчизняної законодавчої бази до норм Європейського Союзу. Необхідно розробити рекомендації щодо маркування препаратів, норм внесення та практики утилізації, щоб мінімізувати будь-які потенційні ризики для здоров'я людини та навколишнього середовища. Вирішення цих проблем сприятиме подальшому розвитку та успішному застосуванню біополімерів для підвищення стійкості ґрунтів, що, у підсумку, сприятиме сталому веденню аграрного виробництва та мінімізації його негативного впливу на навколишнє природне середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Балюк С. А., Мірошніченко М. М., Медведєв В. В. Наукові засади сталого управління ґрунтовими ресурсами України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-01>
2. Грищенко О. М., Запасний В. С., Ярмоленко Є. В., Шило Л. Г. Динаміка родючості ґрунтів Переяслав-Хмельницького району Київської області. *Агроєкологічний журнал*. 2019. № 3. С. 35–41. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183469>
3. Балаєв А. Д., Задубинна Є. В., Алексєєва В. Гумусоутворення в чорноземах лісостепу за мінімізації обробітку і біологізації землеробства. *Збалансоване використання та відтворення родючості ґрунтів в умовах глобальних змін клімату: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присв. Всесвітньому Дню ґрунту*. Харків: Держ. біотехнологічний ун-т., 2023. С. 219–220.

4. Бережняк Є. М., Бережняк М. Ф., Іваніна Д. А. Оцінка екологічної стійкості сірих лісових ґрунтів за різного використання. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. № 11 (1). С. 52–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2020.01.052>.
5. Ліщук А. М., Драга М. В., Городиська І. М. Оцінка стану ґрунтів зони Степу України за екологічними критеріями для ведення органічного виробництва. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 51–57. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201270>
6. Балюк С. А., Медведєв В. В., Воротинцева Л. І., Шимель В. В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201708-01>
7. Min Yao., Benhui F., Fernando L.-C. Reinforcing the mechanical strength of soils under the saturated state by biopolymer treatment. *International Conference on Bio-mediated and Bio-inspired Geotechnics (ICBBG2025)*. 2025. P. 1–10. <https://doi.org/10.53243/ICBBG2025-185>
8. Zhang J., Liu J. A review on soils treated with biopolymers based on unsaturated soil theory. *Polymers (Basel)*. 2023. Vol. 15, № 22. 4431. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15224431>
9. Seo S. I., Lee M., Im J., Kwon Y., Chung M., Cho G., Chang I. Site application of biopolymer-based soil treatment (BPST) for slope surface protection: in-situ wet-spraying method and strengthening effect verification. *Construction and Building Materials*. 2021. Vol. 307. 124983. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124983>
10. Muguda S., Hughes P. N., Augarde C. E., Perlot C., Walter Bruno A., Gallipoli D. Cross-linking of biopolymers for stabilizing earthen construction materials. *Building Research & Information*. 2022. Vol. 50, № 5. P. 502–514. DOI: <https://doi.org/10.1080/09613218.2021.2001304>
11. Kumar M., Moghal A., Bommisetty J. Efficacy of cross-linking of biopolymers in soil-stabilization. *Indian Geotechnical Conference*. 2022. P. 163–175. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-97-1753-8_15
12. Rasheed R. M., Moghal A. A. B. Efficacy of crustacean and protein-based biopolymer inclusion on the strength characteristics of organic soil. *International Journal of Geomechanics*. Vol. 24, № 11. 10012. DOI: <https://doi.org/10.1061/IJGNAL.GMENG-10012>
13. Vydehi K. V., Moghal, A. A. B. Effect of biopolymeric stabilization on the strength and compressibility characteristics of cohesive soil. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2022. № Vol. 34, № 2. 04021428. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0004068](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004068)
14. Moghal A. A. B., Vydehi K. V. State-of-the-art review on efficacy of Xanthan gum and Guar gum inclusion on the engineering behavior of soils. *Innovative Infrastructure Solutions*. 2021. Vol. 6. 108. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00462-8>
15. Im J., Chang I., Cho G. Effects of malonic acid crosslinked starch for soil strength improvement. *Transportation Geotechnics*. 2021. Vol. 31. 100653. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2021.100653>
16. Ren F., Ding H., Dong B., Qian X., Liu J., Tan J. Study on the improvement of soil properties using hydrophilic-hydrophobic biopolymer crosslinking. *Construction and Building Materials*. 2024. Vol. 415. 135101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135101>
17. Azimi M., Soltani A., Mirzababaei M., Jaksa M. B., Ashwath N. Biopolymer stabilization of clayey soil. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2024. Vol. 16, № 7. P. 2801–2812. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2023.12.020>
18. Wang S., Zhao X., Zhang J., Jiang T., Wang S., Zhao J., Meng Z. Water retention characteristics and vegetation growth of biopolymer-treated silt soils. *Soil and Tillage Research*. 2023. Vol. 225. 105544. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105544>

19. Zhang J., Niu G., Sun D. A. Hydro-mechanical behavior of expansive soils with different dry densities over a wide suction range. *Acta Geotechnica*. 2020. Vol. 15. P. 265–278. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11440-019-00874-y>
20. Soldo A., Aguilar V., Miletić M. Macroscopic stress-strain response and strainlocalization behavior of biopolymer-treated soil. *Polymers*. 2022. Vol. 14, № 5. 997. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym14050997>
21. Renault F., Sancey B., Badot P.-M., Chitosan for coagulation/flocculation processes—an eco-friendly approach. *European Polymer Journal*. 2009. Vol. 45, № 5. P. 1337–1348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2008.12.027>
22. Sulaiman H., Sulaiman H., Taha M. R., Abd Rahman N., Taib A. M. Performance of soil stabilized with biopolymer materials – xanthan gum and guar gum. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 2022. Vol. 128. 103276. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103276>
23. Lee M., Chang I., Park D., Cho G. Strengthening and permeability control in sand using Cr³⁺-crosslinked xanthan gum biopolymer treatment. *Transportation Geotechnics*. 2023. Vol. 43. 101122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.101122>
24. Berninger T., Dietz N., González López O. Water-soluble polymers in agriculture: Xanthan gum as eco-friendly alternative to synthetics. *Microbial. Biotechnology*. 2021. Vol. 14, № 5. P. 1881–1896. DOI: <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13867>
25. Kumar S., Yadav B. D., Raj R. A review on the application of biopolymers for sustainable improvement of soil. *Discover Applied Sciences*. 2024. Vol. 6. 393. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06087-7>
26. Mendonça A., Morais P. V., Pires A. C., Chung A. P., Oliveira P. V. A review on the importance of microbial biopolymers such as xanthan gum to improve soil properties. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11, № 1. P. 170–174. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11010170>
27. Verma H., Ray A., Rai R., Gupta T., Mehta N. Ground improvement using chemical methods: A review. *Heliyon*. 2021. Vol. 7, № 7 e07678. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07678>
28. Ni J., Li S. S., Geng X. Y. Mechanical and biodeterioration behaviours of a clayey soil strengthened with combined carrageenan and casein. *Acta Geotechnica*. 2022. Vol. 17. P. 5411–5427. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11440-022-01588-4>
29. Струмінська О., Челядин Л., Байляк М., Челядин В. Передпосівна обробка насіння біополімерною композицією на основі крохмалю. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2026. Vol. 5, № 2. P. 92–102. DOI: <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20260502.09>
30. Abdul Khalil H. P. S., Jha K., Yahya E. B., Panchal S., Patel N., Garai A., Kumari S., Jameel M. Insights into the potential of biopolymeric aerogels as an advanced soil-fertilizer delivery systems. *Gels*. 2023. Vol. 9, № 8. 666. DOI: <https://doi.org/10.3390/gels9080666>
31. Usmanova A., Brazhnikova Y., Omirbekova A., Kistaubayeva A., Savitskaya I., Ignatova L. Biopolymers as seed-coating agent to enhance microbially induced tolerance of barley to phytopathogens. *Polymers (Basel)*. 2024. Vol. 16, № 3. 376. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym16030376>

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 631.8:633:577.112

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.9>

АМІНОКИСЛОТНА ЦІННІСТЬ БІЛКА ЗЕРНА ЗА МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КУЛЬТУР

Гамаюнова В.В. – д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри землеробства, геодезії та землеустрою,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-4151-0299

Бакланова Т.В. – к.с.-г.н.,
доцент,
Державна установа «Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна
станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України»
orcid.org/0000-0002-6699-2693

Смірнова І.В. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри землеробства, геодезії та землеустрою,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-8976-3818

У статті наведено результати досліджень впливу мінерального удобрення на амінокислотний склад зерна, показники якості та біологічну цінність білка сільськогосподарських культур. Актуальність роботи зумовлена необхідністю оцінювання якості зерна не лише за вмістом протеїну, а й за збалансованістю амінокислотного складу, насамперед незамінних амінокислот. Метою дослідження було встановити вплив мінерального живлення на вміст окремих амінокислот і їх груп, показники якості зерна та біологічну цінність білка, а також визначити найбільш ефективні елементи технології, зокрема дози мінеральних добрив. Дослідження виконували у польових і лабораторних умовах на базі Миколаївського національного аграрного університету та ДУ «Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція ІКОСГ НААН». Об'єктами вивчення були пшениця озима, пшениця яра, жито озиме, соріз і соя, які вирощували за помірного зрошення.

Установлено, що мінеральне удобрення суттєво впливає на формування амінокислотного складу зерна, однак характер цих змін визначається як культурою, так і оптимізацією живлення. Для пшениці озимої й ярої удобрення сприяло підвищенню вмісту окремих амінокислот і їх загальної суми, проте біологічна цінність білка їх зерна змінювалася неоднозначно. Для жита озимого визначено підвищення вмісту метіоніну та забезпечення стабільно високої біологічної цінності білка. Для зерна сорізу застосування лише фосфорно-калійного живлення не забезпечило поліпшення амінокислотного складу, тоді як внесення повного мінерального добрива, особливо в поєднанні з мікродобривами, суттєво підвищувало і суму амінокислот, і частку незамінних. Мінеральні добрива забезпечували підвищення врожайності пшениці озимої та поліпшення технологічних показників якості її зерна. Найбільш збалансованими складові якості формувалися за $N_{60}P_{60}$, тоді як максимальними врожайність і вміст клейковини – за внесення $N_{120}P_{60}$. Отже, мінеральне живлення є важливим чинником підвищення поживної й технологічної цінності зерна, однак його ефективність слід оцінювати не лише за вмістом білка, а й за амінокислотою збалансованістю.

Ключові слова: мінеральне удобрення, амінокислотний склад, біологічна цінність білка, якість зерна, врожайність, пшениця озима та яра, жито озиме, соріз, соя.



© Гамаюнова В.В., Бакланова Т.В., Смірнова І.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Hamaionova V.V., Baklanova T.V., Smirnova I.V. Amino acid value of grain protein under mineral fertilization: a comparative analysis of crops

The article presents the results of studies on the effect of mineral fertilization on the amino acid composition of grain, quality indicators, and the biological value of protein in agricultural crops. The relevance of the research is conditioned

by the need to evaluate grain quality not only by protein content but also by the balance of amino acid composition, primarily essential amino acids. The aim of the study was to determine the effects of mineral nutrition on the content of individual amino acids and their groups, grain quality indicators, and the biological value of protein, and to identify the most effective elements of the technology, particularly the rates of mineral fertilizers.

The research was conducted under field and laboratory conditions at the Mykolaiv National Agrarian University and the Mykolaiv State Agricultural Research Station of the Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS. The objects of study were winter wheat, spring wheat, winter rye, sorghum rice (soriz), and soybean grown under moderate irrigation.

It was established that mineral fertilization significantly affects the amino acid composition of grain; however, the nature of these changes depends on both the crop and the level of nutrition optimization. For winter and spring wheat, fertilization contributed to an increase in the content of individual amino acids and their total amount, although the biological value of grain protein changed ambiguously. For winter rye, an increase in methionine content and consistently high biological value of protein were observed.

For soriz grain, the application of only phosphorus-potassium nutrition did not improve the amino acid composition, whereas the application of complete mineral fertilization, especially in combination with micronutrients, significantly increased both the total amino acid content and the proportion of essential amino acids. Mineral fertilizers increased winter wheat yield and improved the technological quality indicators of its grain. The most balanced quality components were formed under $N_{60}P_{60}$, whereas the maximum yield and gluten content were achieved under $N_{120}P_{60}$.

Thus, mineral nutrition is an important factor in improving the nutritional and technological value of grain; however, its effectiveness should be assessed not only by protein content but also by amino acid balance.

Key words: *mineral fertilization, amino acid composition, biological value of protein, grain quality, yield, winter and spring wheat, winter rye, soriz, soybean.*

Вступ. Якість зерна як харчової та кормової сировини дедалі частіше оцінюють не лише за вмістом протеїну, а й за амінокислотним складом та показниками протеїнової повноцінності, адже саме збалансованість незамінних амінокислот визначає ефективність використання білка організмом [1, 2]. У міжнародній практиці для оцінювання якості білку широко застосовують підходи на основі визначення амінокислотного складу в т. ч. лімітуючої амінокислоти, а також інтегральні методи, що враховують засвоюваність, зокрема PDCAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score) та більш сучасні підходи – DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score). Методологічні основи оцінки якості протеїну рекомендовані ФАО/ВООЗ, в яких зазначається, що навіть при високому вмісті протеїну реальна харчова та кормова цінність характеризується насамперед за вмістом незамінних амінокислот і їх засвоюваністю [3].

Для зернових культур перш за все постає проблема низького вмісту окремих незамінних амінокислот (часто – лізину), тоді як співвідношення сірковмісних амінокислот (метіонін, цистин) може істотно змінюватися залежно від генотипу, умов року вирощування та системи живлення. Коливання амінокислотного складу зерна, вирощеного в різних екологічних умовах, а також значення чинників середовища для формування білкового комплексу пшениці висвітлено в працях, у яких акцентовано роль температури та водного режиму у формуванні складу амінокислот. Це узгоджується з практичним висновком: систему удобрення слід розглядати не ізольовано, а у взаємодії з погодними умовами, оскільки саме вони визначають інтенсивність азотного обміну та нагромадження білків у зерні [4].

Серед елементів технології вирощування важливе місце посідає азотне живлення, оскільки азот є базовим елементом синтезу амінокислот і білкових фракцій [5]. Дослідженнями встановлено, що збільшення доз азоту, як правило, підвищує вміст протеїну в зерні та супроводжується змінами амінокислотного складу, зокрема зростанням частки окремих незамінних амінокислот [6]. У класичних роботах встановлено, що під впливом азотного (а також калійного) удобрення може зростати вміст лізину і метіоніну в зерні [7]. Дослідженнями підтверджено загальну закономірність: азот істотно впливає як на вміст протеїну, так і на спектр амінокислот, хоча напрям і сила змін для окремих амінокислот можуть відрізнятися, а збільшення одних компонентів іноді супроводжується відносним зменшенням інших [8]. Важливим є й те, що на амінокислотний склад пшениці може впливати не лише азот, але й сірка (через участь у синтезі сірковмісних амінокислот), що підтверджує доцільність збалансованого живлення, а не «однобічного» збільшення доз азоту.

Паралельно з біохімічними показниками, для пшениці надзвичайно важливими є технологічні властивості зерна, зокрема вміст клейковини, склоподібність, натура, які тісно пов'язані з білковим комплексом та умовами живлення. Оглядові й експериментальні дані свідчать, що клейковина та склоподібність часто корелюють, а їх рівень визначається як сортовими особливостями, так і агротехнічними чинниками, включно з мінеральним живленням [8]. Узагальненням експериментальних результатів визначено, що підвищення доз азоту здатне збільшувати вміст протеїну та клейковини, покращувати показники якості тіста, але ефект має певну межу і залежить від ґрунтово-кліматичних умов та рівня забезпеченості ґрунту і рослин поживними речовинами [9].

У наукових джерелах вчені акцентують увагу на важливому положенні: зростання вмісту протеїну або загальної суми амінокислот не обов'язково супроводжується підвищенням біологічної цінності білка, оскільки визначальними є збалансованість незамінних амінокислот і наявність лімітуючої амінокислоти. Саме тому в міжнародних підходах ФАО/ВООЗ рекомендовано оцінювати якість білка за співвідношенням амінокислот із референтним профілем та з урахуванням засвоюваності (PDCAAS/DIAAS) [1]. На практиці це означає, що агротехнологічні заходи, спрямовані на підвищення загальної білковості зерна, можуть одночасно змінювати фракційний і амінокислотний склад білків таким чином, що визначений показник повноцінності білка не завжди зростає. Сучасними дослідженнями впливу азотного живлення на якість зерна встановлено, що підвищення вмісту окремих амінокислот може супроводжуватися менш сприятливими змінами інших, що й зумовлює неоднозначну динаміку показника біологічної цінності зерна залежно від варіанта удобрення [10].

Крім того, у літературі широко висвітлено питання культур групи сорго (а також близьких за використанням круп'яних культур), де якість зерна для кормових цілей значною мірою також визначається амінокислотним складом та впливом мікроелементів на обмін азоту. Для сорго встановлено, що внесення мікроелементів здатне підвищувати вміст протеїну й поліпшувати склад незамінних амінокислот, а також позитивно впливати на засвоюваність білка [11]. У фундаментальних дослідженнях амінокислотного складу зерна сорго зазначено, що вміст амінокислот пов'язаний із загальним азотним статусом зерна, а перерахунок азоту в білок і співвідношення білкових/небілкових форм азоту є важливими для оцінки якості [12]. У роботах, присвячених азотному удобренню сорго цукрового, також встановлено здатність азоту змінювати вміст амінокислот, що важливо для кормової оцінки зерна та вибору норм удобрення [13].

Таким чином, проведений аналіз літературних джерел засвідчує, що мінеральне живлення, передусім азотне та повне збалансоване (NPK), як правило, підвищує білковість зерна й нерідко супроводжується зростанням сумарного вмісту амінокислот. Водночас технологічні показники якості зерна пшениці (клейковина, склоподібність) можуть поліпшуватися зі збільшенням доз удобрення, однак вираженість цього ефекту істотно залежить від ґрунтово-кліматичних умов і має певні межі. Основним методичним положенням є те, що біологічна цінність білка визначається не лише «кількістю» протеїну чи амінокислот, а їх збалансованістю за вмістом незамінних амінокислот та засвоюваністю, через що інтегральні показники якості зерна можуть різнитися. Окремо визначено оптимальне поєднання NPK із мікроелементами у технологіях вирощування соргових і круп'яних культур, оскільки такі системи живлення здатні посилювати накопичення незамінних амінокислот і підвищувати кормову цінність зерна.

Метою роботи є оцінити вплив мінерального удобрення на вміст окремих амінокислот і їх груп (зокрема незамінних), показники якості зерна та біологічну цінність білка, а також визначити технологічні підходи, що забезпечують найкраще поєднання продуктивності й білкової повноцінності зерна.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконували у польових і лабораторних умовах на базі Миколаївського національного аграрного університету (МНАУ) та ДУ «Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція ІКОСГ НААН». Польові досліді закладали на типових для зони Південного Степу України чорноземах південних за прийнятою для польових експериментів схемою з повторенням і рандомізованим розміщенням варіантів. Технологію вирощування культур у досліді здійснювали за зональними рекомендаціями, з уніфікованими агротехнічними заходами для всіх варіантів, за винятком чинників, що прийняті на вивчення.

Об'єктами досліджень були зернові та круп'яні культури (зокрема пшениця та соріз), а також інші культури. Варіанти удобрення формували відповідно до схеми досліді: контроль (без добрив) та фони мінерального живлення з різними рівнями азотно-фосфорного або азотно-фосфорно-калійного удобрення (N–P; N–P–K), а також варіанти з поєднанням NPK і мікродобривами (залежно від культури та схеми). Добрива вносили згідно з агротехнічними вимогами культури та прийнятою системою внесення (основне внесення та/або підживлення відповідно до варіанта).

Після досягання проводили облік урожайності та відбір середніх проб зерна для лабораторних аналізів. Для пшениці додатково визначали показники якості зерна, наведені у таблицях (натура, склоподібність, вміст клейковини тощо), за загальноприйнятими методиками лабораторного контролю якості зерна.

Амінокислотний склад зерна визначали у відібраних пробах. Вміст амінокислот визначали на амінокислотному аналізаторі (Hitachi, Японія). Результати наводили за переліком амінокислот, із розрахунком суми незамінних та замінних амінокислот, а також загальної їх суми.

Біологічну цінність білків оцінювали розрахунковим шляхом за методикою Корпаці, Ліндера та Варга, з використанням показників амінокислотного складу, на основі лабораторних визначень.

Отримані експериментальні дані систематизували й узагальнювали за варіантами удобрення та культурами; результати подано у вигляді таблиць із порівняльною оцінкою впливу фону мінерального живлення на амінокислотний склад і показники якості зерна.

Результати досліджень. За середніми 3-річними даними встановлено, що мінеральне удобрення по-різному впливає на вміст окремих амінокислот у зерні та показник біологічної цінності білка залежно від культури (табл. 1). У зерні пшениці озимої на фоні внесення NPK визначено збільшення метіоніну з 0,23 мг/100 г сухої речовини у варіанті без добрив (різоагрін) до 0,25–0,27 мг/100 г за $N_{60}P_{60}K_{30}$ – $N_{90}P_{60}K_{30}$, а також глютамінової кислоти з 3,71 до 4,11–4,26 мг/100 г. Водночас уміст лізину мав тенденцію до незначного зниження (з 0,37 до 0,34–0,36 мг/100 г), що супроводжувалося зменшенням біологічної цінності білка з 59,7% у контролі до 58,0–57,2% в зерні удобрених варіантів.

У жита озимого застосування добрив призводило до істотного зростання метіоніну з 0,14 мг/100 г у контролі до 0,31 мг/100 г за $N_{60}P_{60}K_{30}$ та до 0,33 мг/100 г за $N_{60}P_{60}K_{30} + N_{30}$ (підживлення), тоді як уміст лізину при цьому змінювався незначно (0,31 мг/100 г у контролі й за $N_{60}P_{60}K_{30}$) або зростав до 0,34 мг/100 г за проведення позакореневого підживлення. Вміст глютамінової кислоти підвищувався з 1,45 до 1,54–1,68 мг/100 г, а біологічна цінність білка залишалася стабільно високою та дещо зростала з 68,9% до 69,4–69,5%. У зерні пшениці ярої мінеральне живлення сприяло послідовному збільшенню в складі амінокислот метіоніну з 0,28 до 0,31–0,33 мг/100 г, лізину – з 0,35 до 0,39–0,44 мг/100 г і глютамінової кислоти – з 3,78 до 4,31–4,84 мг/100 г, однак біологічна цінність білка при цьому не підвищувалася, а за збільшення азотного фону, навпаки, знижувалася з 62,1% (без добрив) до 61,9% ($N_{60}P_{60}K_{30}$) та 59,2% ($N_{90}P_{60}K_{30}$).

У складі амінокислот зерна сорізу на фоні підвищених доз азоту визначили зростання метіоніну з 0,19 мг/100 г у контролі до 0,23 мг/100 г за $N_{120}P_{60}K_{30}$ (за $N_{90}P_{60}K_{30}$ показник залишався на рівні 0,19 мг/100 г), тоді як уміст лізину коливався в межах 0,22–0,24 мг/100 г без чіткої тенденції. Вміст глютамінової кислоти зростав з 2,16 до 2,59–2,91 мг/100 г, проте біологічна цінність білка також зменшувалася з 61,5% у контролі до 58,9–59,0% в зерні удобрених варіантів.

У сої, попри високий сумарний вміст амінокислот, внесення добрив призводило до зниження кількості метіоніну з 0,91 мг/100 г у варіанті без добрив до 0,85 мг/100 г за дози $N_{30}P_{60}K_{30}$ і до 0,76 мг/100 г за $N_{60}P_{60}K_{30}$; вміст лізину змінювався не чітко (2,48 → 2,42 → 2,67 мг/100 г), тоді як глютамінової кислоти зростав з 5,77 до 6,03–6,31 мг/100 г. Це супроводжувалося зменшенням біологічної цінності білка з 76,4% у контролі до 74,9–74,3% в зерні удобрених варіантів, що підтверджує необхідність оцінювати не лише кількісне накопичення амінокислот в зерні, а й їх збалансованість у складі білка за різних систем мінерального живлення.

У таблиці 2 наведено середні дані за 3 роки щодо визначення кількості амінокислот у зерні сорізу залежно від системи удобрення, що дає змогу оцінити спрямованість змін: як загальний вміст амінокислот, так і частки незамінних амінокислот. Встановлено, що лише фосфорно-калійне живлення ($P_{60}K_{30}$) не поліпшувало амінокислотний склад: сума амінокислот зменшувалася з 10,99 у контролі до 10,65 мг/100 г сухої речовини /100 г, а сума незамінних – з 3,87 до 3,68 мг/100 г. На цьому фоні більшість показників або залишалася на рівні контролю, або знижувалася (наприклад, лізин 0,24 → 0,22; гістидин 0,25 → 0,22; аміак 0,42 → 0,35; аспарагінова кислота 0,79 → 0,73 мг/100 г), що свідчить про недостатність внесення лише фосфорно – калійних добрив для підвищення білково-амінокислотної якості зерна. На таку залежність вказували Е. Лонен Р. та інші [15] з визначення амінокислот в зерні пшениці ярої.

Таблиця 1

**Вміст окремих амінокислот і біологічна цінність білків зерна
сільськогосподарських культур за впливу мінеральних добрив
(у середньому за даними 3-річних досліджень)**

Варіант живлення	Вміст амінокислот, мг/100 г сухої речовини			Біологічна цінність білка зерна, %
	Метіонін	Лізин	Глютамінова кислота	
Пшениця озима (2019-2021рр.)				
Без добрив (різоагрін)	0,23	0,37	3,71	59,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	0,25	0,36	4,11	58,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	0,27	0,34	4,26	57,2
Жито озиме (2021-2023рр.)				
Без добрив	0,14	0,31	1,45	68,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	0,31	0,31	1,54	69,54
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀ (підживлення)	0,33	0,34	1,68	69,4
Пшениця яра (2021-2023рр.)				
Без добрив	0,28	0,35	3,78	62,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	0,31	0,39	4,31	61,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	0,33	0,44	4,84	59,2
Соріз (2018-2020рр.)				
Без добрив	0,19	0,24	2,16	61,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	0,19	0,22	2,59	58,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀	0,23	0,24	2,91	59,0
Соя (2022-2024рр.)				
Без добрив	0,91	2,48	5,77	76,4
N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀	0,85	2,42	6,03	74,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	0,76	2,67	6,31	74,3

Внесення азоту сумісно з фосфором і калієм посилювало накопичення амінокислот, причому ефект залежав від доз і співвідношення добрив: по фону $N_{90}P_{60}K_{30}$ сума амінокислот зростала до 11,90 мг/100 г, а $N_{120}P_{60}K_{30}$ – до 12,97 мг/100 г (тобто на +0,91 та +1,98 мг/100 г відповідно до контролю). Одночасно збільшувалася і сума незамінних амінокислот: з 3,87 мг/100 г без добрив до 4,08 (N_{90}) і 4,48 мг/100 г (N_{120}). Найбільш помітні зміни відбувалися за рахунок зростання вмісту амінокислот, що формують основний «каркас» білкових фракцій: глютамінової кислоти з 2,16 (контроль) до 2,59 (N_{90}) і 2,91 мг/100 г (N_{120}), аланіну – з 1,00 до 1,11–1,21, лейцину – з 1,48 до 1,60–1,81 мг/100 г. Для деяких незамінних амінокислот приріст був менш вираженим, однак стабільним: валін 0,56 → 0,60–0,61; ізолейцин 0,44 → 0,47–0,51; фенілаланін 0,51 → 0,54–0,58 мг/100 г. Вміст метіоніну в зерні більшості варіантів був на рівні 0,19 мг/100 г і підвищувався лише за внесення N_{120} (до 0,23 мг/100 г), що може вказувати на потенційно лімітуючу роль азотного живлення у формуванні амінокислотної збалансованості білка зерна сорізу за вирощування на зрошенні.

Таблиця 2

Вміст амінокислот у зерні зрошуваного сорізу за впливу удобрення, мг/100 г сухої речовини (середнє за 2018–2020 рр.)

Амінокислота	Без добрив	$P_{60}K_{30}$	$N_{90}P_{60}K_{30}$	$N_{120}P_{60}K_{30}$	$N_{90}P_{60}K_{30} + \text{мікродобрива}$	Розрахункова доза добрив
Триптофан	0,11	0,10	0,11	0,11	0,12	0,11
Лізін	0,24	0,22	0,22	0,24	0,35	0,30
Гістидін	0,25	0,22	0,25	0,25	0,36	0,34
Аргінін	0,39	0,39	0,38	0,39	0,56	0,52
Аміак	0,42	0,35	0,34	0,33	0,49	0,71
Аспарагінова кислота	0,79	0,73	0,82	0,92	1,04	0,97
Треонін	0,34	0,35	0,35	0,39	0,48	0,46
Серін	0,44	0,45	0,50	0,55	0,64	0,59
Глутамінова кислота	2,16	2,25	2,59	2,91	3,08	2,91
Пролін	0,95	0,93	1,09	1,17	1,02	1,01
Гліцин	0,34	0,31	0,31	0,32	0,47	0,49
Аланін	1,00	0,98	1,11	1,21	1,38	1,44
Валін	0,56	0,56	0,60	0,61	0,67	0,62
Метіонін	0,19	0,19	0,19	0,23	0,21	0,23
Ізолейцин	0,44	0,41	0,47	0,51	0,47	0,54
Лейцин	1,48	1,40	1,60	1,81	2,11	2,04
Тирозин	0,38	0,36	0,43	0,43	0,58	0,59
Фенілаланін	0,51	0,45	0,54	0,58	0,78	0,88
Сума амінокислот	10,99	10,65	11,90	12,97	14,81	14,75
Сума незамінних амінокислот	3,87	3,68	4,08	4,48	5,19	5,18
Сума напівзамінних амінокислот	0,98	0,92	0,99	1,09	1,15	1,18

Найвищі значення вмісту більшості амінокислот в зерні визначено у варіанті поєднання $N_{90}P_{60}K_{30}$ з мікродобривами: сума амінокислот зростала до 14,81 мг/100 г, а сума незамінних – до 5,19 мг/100 г, (на +3,82 та +1,32 мг/100 г порівняно з контролем). У зерні цього варіанта особливо істотно підвищувався вміст лізину (0,24 → 0,35), гістидину (0,25 → 0,36), аргініну (0,39 → 0,56), треоніну (0,34 → 0,48), серину (0,44 → 0,64), тирозину (0,38 → 0,58) та фенілаланіну (0,51 → 0,78 мг/100 г). Водночас високий вміст глутамінової кислоти (3,08 мг/100 г) і лейцину (2,11 мг/100 г) підтверджують значення мікроелементів у посиленні білкового синтезу і зростанні вмісту важливих амінокислот. За внесення розрахункової дози добрива більшість показників були близькими до $N_{90}P_{60}K_{30} + \text{мікродобрива}$ (сума амінокислот 14,75; сума незамінних 5,18 мг/100 г),

що свідчить про ефективність оптимізації доз і співвідношення добрив для формування амінокислотного складу зерна. Уміст окремих амінокислот за розрахункової дози досягав навіть дещо вищих значень (амінокислоти: аміак 0,71; аланін 1,44; фенілаланін 0,88 мг/100 г), що може посилювати інтенсивність азотного обміну та перерозподіл амінокислот у білково-небілкових формах.

Отже, дані таблиці підтверджують, що для сорізу вирішальним чинником зростання сумарного вмісту амінокислот і підвищення частки незамінних амінокислот є азот у складі повного мінерального удобрення. Максимальний ефект досягається за поєднання NPK із мікродобривами або за внесення розрахункової дози добрив, що забезпечує найбільш інтенсивне накопичення як загальних, так і незамінних амінокислот у зерні.

У таблиці 3 наведено порівняльні дані щодо амінокислотного складу зерна зрошуваної пшениці озимої без добрив та за внесення $N_{120}P_{60}$. Добрива суттєво посилювали накопичення амінокислот у зерні: сума амінокислот зростала з 7,872 до 10,377 мг/100 г сухої речовини, тобто на +2,505 мг/100 г (біля 32%). Одночасно збільшувалася і сума незамінних амінокислот – з 2,383 до 2,863 мг/100 г (приріст +0,480 мг/100 г, близько 20%), що свідчить про поліпшення білково-амінокислотної насиченості зерна за вирощування на високому фоні живлення.

Таблиця 3

Вплив мінеральних добрив на вміст амінокислот у зерні пшениці озимої, мг/100 г сухої речовини (середнє за 2019–2021 рр.)

Амінокислота	Без добрив	$N_{120}P_{60}$
Лізин	0,209	0,231
Гістидін	0,103	0,114
Аргінін	0,252	0,263
Аспарагінова кислота	0,387	0,419
Треонін	0,197	0,229
Серін	0,338	0,435
Глутамінова кислота	2,585	3,835
Пролін	1,178	1,632
Гліцин	0,324	0,418
Аланін	0,327	0,352
Валін	0,367	0,431
Метіонін	0,268	0,339
Ізолейцин	0,264	0,320
Лейцин	0,655	0,833
Тірозин	0,190	0,220
Фенілаланін	0,241	0,263
Сума амінокислот	7,872	10,377
у т.ч. незамінних	2,383	2,863

Найбільший внесок у загальний приріст амінокислот забезпечило збільшення вмісту глутамінової кислоти, яка є домінуючою амінокислотою в зернових білках: з 2,585 до 3,835 мг/100 г (приріст +1,250 мг/100 г, майже половина від загальної

суми амінокислот). Помітно збільшувався вміст амінокислот, пов'язаних з інтенсивністю азотного обміну та формуванням білкових фракцій: проліну – з 1,178 до 1,632 (+0,454), лейцину – з 0,655 до 0,833 (+0,178), серіну – з 0,338 до 0,435 (+0,097), гліцину – з 0,324 до 0,418 (+0,094), валіну – з 0,367 до 0,431 (+0,064), ізолейцину – з 0,264 до 0,320 (+0,056) мг/100 г. Із незамінних амінокислот істотно підвищувався і вміст метіоніну (0,268 → 0,339; +0,071) та треоніну (0,197 → 0,229; +0,032), тоді як лізину зростав помірно (0,209 → 0,231; +0,022). Для решти інших амінокислот визначено стабільні, хоча й менш виражені прирости: гістидину 0,103 → 0,114; аргініну 0,252 → 0,263; аспарагінової кислоти 0,387 → 0,419; аланіну 0,327 → 0,352; тирозину 0,190 → 0,220; фенілаланіну 0,241 → 0,263 мг/100 г.

Таким чином, внесення під пшеницю озиму $N_{120}P_{60}$ забезпечувало не лише підвищення загальної амінокислотної насиченості зерна, а й збільшення у їх складі частки незамінних амінокислот, що є важливим показником поліпшення кормової та харчової цінності білка. Водночас визначена структура приросту амінокислот свідчить, що основний ефект від добрив формувався переважно за рахунок збільшення глутамінової кислоти та проліну, тобто амінокислот, які характеризують інтенсивність синтезу запасних білків і перебіг азотного метаболізму в рослині.

У таблиці 4 наведено середні за 2023–2025 рр. показники врожайності та основних технологічних властивостей зерна пшениці озимої за помірного зрошення залежно від доз мінерального добрива. Загалом внесення добрив забезпечувало підвищення продуктивності й одночасне поліпшення більшості показників якості зерна порівняно з контролем. Разом з тим, застосування $N_{120}P_{60}$ практично не призводило до зростання як врожаю зерна, так і показників його якості. Покращення якості зерна підтверджується зростанням маси 1000 зерен: з 38,3 г у контролі до 40,2–40,7 г у варіантах із добривами (максимум 40,7 г за $N_{60}P_{60}$). Це свідчить про краще наливання зерна та формування крупнішої фракції. Натура зерна також підвищувалась: з 725,2 г/л без добрив до 737,0–744,8 г/л за їх внесення, причому найвищий показник сформовано по фону $N_{60}P_{60}$ (744,8 г/л).

Таблиця 4

Якість зерна пшениці озимої залежно від добрив без поливу*)
(середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Урожайність, т/га	Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Склоподібність, %	Вміст клейковини, %
Без добрив	4,71	38,3	725,2	45,0	20,2
$N_{60}P_{30}$	5,03	40,2	737,0	52,5	21,6
$N_{60}P_{60}$	5,33	40,7	744,8	56,6	22,9
$N_{120}P_{60}$	5,49	40,5	740,9	57,0	23,2
HP_{05}	0,20–0,29	0,3–0,5	3,2–4,8	0,3–0,8	0,7–0,9

*) сорт *Перлина степу*, без поливу

Таким чином, дані таблиці 4 засвідчують, що мінеральні добрива сприяють не лише приросту врожайності пшениці озимої, а й суттєвому поліпшенню технологічних показників якості зерна. Найбільш збалансоване поєднання високої натури, крупності зерна та підвищеної склоподібності забезпечило внесення $N_{60}P_{60}$, таким же рівень урожайності зерна, але з вищим вмістом клейковини формувалися по фону застосування $N_{120}P_{60}$.

Висновки. Мінеральне живлення істотно впливає на амінокислотний склад і якість білка зерна, підвищуючи сумарний вміст амінокислот і частку незамінних, причому вирішальним чинником є наявність азоту в системі живлення. Застосування лише $P_{60}K_{30}$ під соріз не забезпечує поліпшення амінокислотного складу, тоді як внесення по цьому фону азоту у дозах $N_{90}-N_{120}$ посилює накопичення амінокислот, а найвищі значення більшості з них отримують за поєднання $N_{90}P_{60}K_{30}$ з мікродобривами або за внесення розрахункової дози добрив.

Внесення $N_{120}P_{60}$ сприяє помітному зростанню суми амінокислот і незамінних амінокислот та підвищує поживну цінність білка зерна пшениці озимої. Мінеральні добрива забезпечують достовірний приріст урожайності та покращують технологічні показники якості зерна (масу 1000 зерен, натуру, склоподібність і вміст клейковини). Найбільш оптимальними показники якості зерна формуються за вирощування пшениці озимої за помірного зрошення по фону $N_{60}P_{60}$, тоді як таку ж зернову продуктивність, але більший вміст клейковини забезпечує доза добрив $N_{120}P_{60}$.

Застосування мінеральних добрив під сою дещо збільшує у складі амінокислот вміст лізину порівняно з контролем. Біологічна цінність білка зерна сої при цьому практично не змінюється.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Dietary protein: physiological need and biological value: Monograph. Makhynko V. M., Sharan A. V., Makhynko L. V., Karlsruhe, 2024. 120 p. Monographic series «Innovative Science, Education, Manufacturing and Transport». Book 12. 2024.
2. Основи харчування: підручник / М.І. Кручаниця, І.С. Миронюк, Н.В. Розумикова та ін. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2019. 252 с.
3. Dietary protein quality evaluation in human nutrition : report of an FAO expert consultation, 31 March–2 April 2011, Auckland, New Zealand. Rome : FAO, 2013. 66 p. (FAO food and nutrition paper ; 92) ISBN 978-92-5-107417-6
4. Isidro J., Martos V., Rharrabti Y., Royo C., García L., del Moral L. F. Environmental determination of amino acid composition in the grain of durum wheat under Mediterranean conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. Vol. 56, No. 15. P. 6549–6556.
5. Gamayunova V., Sydiakina O. The problem of nitrogen in modern agriculture. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. Vol. 27, No.3. 2023. P. 46–61. DOI: 10.56407/bs.agrarian/3.2023.46.
6. Марцинишин Ю. Д., Пидя С. В. Біохімічний склад зерна пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) за впливу добрив. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2021. Т. 81, № 1–2. С. 109–116. DOI: 10.25128/2078-2357.21.1-2.12.
7. Hojjati S. M., Maleki M. Effect of potassium and nitrogen fertilization on lysine, methionine, and total protein contents of wheat grain. *Triticum aestivum* L. em. Thell. *Agronomy Journal*. 1972. Vol. 64, No. 1. P. 34–36. DOI: 10.2134/agronj1972.00021962006400010015x.
8. Dubetz S., Gardiner E. E. Effect of nitrogen fertilizer treatments on the amino acid composition of Neepawa wheat. *Canadian Journal of Plant Science*. 1975. Vol. 55, No. 2. P. 475–479.
9. Lachutta K., Jankowski K. J. The quality of winter wheat grain by different sowing strategies and nitrogen fertilizer rates: a case study in northeastern Poland. *Agriculture*. 2024. Vol. 14, No. 4. Art. 552. DOI: 10.3390/agriculture14040552.
10. Sadowska J., Błaszczak W., Jeliński T., Fornal J., Borkowska H., Styk B. Fertilization and technological quality of wheat grain. *International Agrophysics*. 2001. Vol. 15, № 2. P. 105–110.

11. Yigit A., Yarasir N., Ereku O. Impact of nitrogen fertilization on bread wheat: screening for changes in quality, antioxidant and essential amino acid content. *Turkish Journal of Field Crops*. 2024. Vol. 29, No. 2. P. 149–164. DOI: 10.17557/tjfc.1554201.
12. Ahmed S. O., Abdalla A. W. H., Inoue T., Ping A., Babiker E. E. Nutritional quality of grains of sorghum cultivar grown under different levels of micronutrients fertilization. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 159. P. 374–380. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.03.033.
13. Mosse J., Huet J.-C., Baudet J. The amino acid composition of whole sorghum grain in relation to its nitrogen content. *Cereal Chemistry*. 1988. Vol. 65, No. 4. P. 271–277.
14. Nokerbekova N. K., Suleimenov Ye., Zhapayev R. Influence of fertilizing with nitrogen fertilizer on the content of amino acids in sweet sorghum grain. *Agriculture and Food Sciences Research*. 2018. Vol. 5. P. 64–67. DOI: 10.20448/journal.512.2018.52.64.67.
15. E. Lonen R., Aho J., Koivistoinen R. Influence of irrigation and nitrogen fertilization on the amino acid composition of spring wheat. *Maatalins. Tiet. Uiraraus.* 1972. V.44. № 1. Pp. 56–62.

Дата першого надходження статті до видання: 24.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.15:631.531:631.559]:631.5(477.4)
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.10>

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАСІННЄВОЇ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Гинга Д.Е. – аспірант кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0006-0705-8792

Приходько В.О. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-6076-3208

Кукурудза на зерно займає провідне місце серед зернових культур в Україні та має важливе агроекономічне значення завдяки високому рівню врожайності, багатofункціональності використання та здатності забезпечувати кормову базу для тваринництва і сировину для харчової промисловості. В умовах подорожчання енергоресурсів, мінеральних добрив і засобів захисту рослин особливої актуальності набуває вдосконалення технологій її вирощування з урахуванням ґрундово-кліматичних і економічних особливостей конкретних регіонів. У роботі представлено результати досліджень, спрямованих на оптимізацію технологій вирощування кукурудзи на зерно в умовах Правобережного Лісостепу України. Досліджено вплив попередників, способів основного обробітку ґрунту, норм висіву, систем удобрення та біологічних особливостей гібридів різних груп стиглості на формування продуктивності культури.

Встановлено, що одним із визначальних факторів отримання високого врожаю є правильний вибір попередника. Найвищі показники врожайності зафіксовано після озимої пшениці – 5,52 т/га, що значно перевищує результати після кукурудзи (4,67 т/га) та соняшнику (3,46 т/га). Найбільш ефективною системою мінерального живлення виявилось внесення добрив у нормі N90P90K60, що забезпечило максимальне накопичення сухої речовини та раціональне використання вологи, де коефіцієнт водоспоживання становив 421 м³/т продукції.

Отримані результати також підтвердили переваги традиційного обробітку ґрунту над мінімальним і нульовим за показниками врожайності та економічної ефективності. Зокрема, за умов традиційного обробітку при вирощуванні гібриду ДКС 4014 рівень рентабельності досягав 188,6%. Обґрунтовано доцільність використання сучасної вископродуктивної техніки та оптимізації агротехнологічних заходів, що дозволяє зменшити прямі виробничі витрати до 9,6%. Встановлено, що раціональне поєднання технологічних операцій, економічне використання добрив і застосування більш доступних засобів захисту рослин сприяють не лише підвищенню економічної ефективності, але й покращенню екологічної безпеки виробництва.

Запропоновані технологічні підходи можуть бути адаптовані до умов господарств із різним рівнем матеріально-технічного забезпечення та сприяють стабільному підвищенню ефективності вирощування кукурудзи на зерно.

Ключові слова: кукурудза на зерно, Правобережний Лісостеп, технологія вирощування, попередники, обробіток ґрунту, гібриди, мінеральне удобрення, врожайність.

Hynha D.E., Prykhodko V.O. Formation of productivity of seed maize for grain under different cultivation technologies in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Maize for grain is one of the leading cereal crops in Ukraine, characterized by high productivity, versatile use, and significant importance for both the livestock sector and the food



industry. Under conditions of rising costs for energy resources, fertilizers, and plant protection products, improving cultivation technologies becomes increasingly important, taking into account regional soil, climatic, and economic conditions.

The study presents the results of research aimed at optimizing maize cultivation technology in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The effects of crop predecessors, tillage systems, seeding rates, fertilization regimes, and hybrid maturity groups on crop productivity were analyzed.

The findings indicate that crop predecessor is a key factor in yield formation. The highest grain yield (5.52 t/ha) was obtained after winter wheat, significantly exceeding yields after maize (4.67 t/ha) and sunflower (3.46 t/ha). The most effective fertilization system was N90P90K60, which ensured maximum dry matter accumulation and efficient water use, with a water consumption coefficient of 421 m³ per ton of grain.

The study also demonstrated the advantages of conventional tillage over minimum and no-till systems in terms of both yield and economic efficiency. In particular, under conventional tillage and cultivation of the hybrid DKS 4014, profitability reached 188.6%. The use of modern high-performance machinery and optimized agronomic practices reduced direct production costs by up to 9.6%. Rational combination of technological operations, efficient fertilizer application, and the use of cost-effective plant protection products contributed to improved environmental sustainability.

The proposed technological approaches can be adapted to farms with different levels of resource availability and ensure stable improvement in maize production efficiency.

Key words: maize for grain, Right-Bank Forest-Steppe, cultivation technology, crop rotation, tillage, hybrids, mineral fertilization, yield.

Постановка проблеми. Проблематика ефективного вирощування кукурудзи на зерно в умовах Лісостепу є предметом активних досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних науковців. У роботах Малієнка А.М. та Кирилюка В.П. (2006–2008 рр.) встановлено, що найвищі показники врожайності (5,68 т/га) досягаються за використання полицевого обробітку ґрунту. Безполицеві способи, зокрема чизельний, плоскорізний і поверхневий дисковий, забезпечували нижчі результати. Водночас застосування підрізування сприяло підвищенню врожайності незалежно від способу обробітку, хоча найефективнішою залишалася традиційна оранка [5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У сучасних умовах функціонування аграрного сектору одним із ключових завдань є підвищення продуктивності сільськогосподарських культур за одночасного зниження витрат на одиницю продукції. Це набуває особливої актуальності на фоні зростання цін на паливно-енергетичні ресурси, мінеральні добрива, засоби захисту рослин та експлуатацію техніки. У тваринницькій галузі ефективність виробництва значною мірою залежить від якості кормової бази, в структурі якої важливе місце належить кукурудзі – одній із найбільш урожайних культур, що широко використовується як на зерно, так і на силос [11].

Попри високий генетичний потенціал сучасних гібридів кукурудзи (понад 10–12 т/га), у більшості господарств України реалізується лише 40–60% можливого врожаю. Це пояснюється недосконалістю застосовуваних технологій, зношеністю машинно-тракторного парку, нераціональним використанням ресурсів та недостатнім урахуванням регіональних ґрунтово-кліматичних умов. Зокрема, у Правобережному Лісостепу України технології вирощування кукурудзи часто базуються на застарілих підходах, що не відповідають сучасним вимогам ресурсоощадності та екологічної безпеки [6].

Дослідження Якуніна О.П., Храмцова Л.І. та Трубілова О.В. [11] показали, що глибоке розпушування ґрунту забезпечує вищу врожайність ранньостиглого гібриду Дніпровський 181 СВ порівняно з оранкою. Водночас мінімальні системи обробітку (дискування, нульовий обробіток) призводили до зниження

врожайності через погіршення водного режиму та підвищення рівня забур'яненості. Було також встановлено, що зменшення витрат у спрощених технологіях не компенсує втрати врожайності, що негативно впливає на рівень прибутку та рентабельність виробництва [12].

Сучасні вітчизняні дослідження значну увагу приділяють селекції високопродуктивних і стійких до стресових умов гібридів кукурудзи. Доведено, що їх використання у науково обґрунтованих сівозмінах дозволяє підвищити врожайність зернових культур на 10–20%. Зростає також інтерес до передпосівної обробки насіння із застосуванням біостимуляторів, мікроелементів та інокулянтів, що сприяють підвищенню польової схожості та стійкості рослин до несприятливих чинників [2, 3]. У зарубіжній науковій практиці основна увага зосереджена на впровадженні енергоощадних технологій, модернізації технічного забезпечення, оптимізації витрат на механізовані процеси та пошуку екологічно безпечних систем удобрення і захисту рослин. Особливого значення набувають інноваційні методи обробки насіння, зокрема інкрустація, що сприяє підвищенню врожайності та якості продукції (AACC International, 2000; Wu, X., 2006)

Постановка завдання. Незважаючи на значний обсяг наукових напрацювань, потребує подальшого вивчення комплексна оцінка ефективності сучасних технологій вирощування кукурудзи на зерно з урахуванням взаємодії агротехнічних заходів, біологічних особливостей гібридів, економічної доцільності та адаптації до умов правобережного Лісостепу України. Метою дослідження є наукове обґрунтування вдосконалення технологій вирощування насіннєвої кукурудзи на зерно в умовах правобережного Лісостепу України шляхом оптимізації систем обробітку ґрунту, підбору ефективних попередників, удосконалення норм мінерального живлення та впровадження високопродуктивних адаптивних гібридів.

Суттєву частку витрат у технології вирощування кукурудзи – до 70% – становлять механізовані операції, зокрема обробіток ґрунту, внесення добрив, догляд за посівами та збирання врожаю. В умовах зношеної техніки та зростання витрат на паливо, ремонт і оплату праці це призводить до зниження економічної ефективності виробництва. У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні інноваційних технологічних рішень, спрямованих на оновлення технічної бази, оптимізацію агротехнологічних операцій, скорочення витрат і підвищення продуктивності культури. Водночас важливим залишається дотримання екологічних вимог, зокрема зменшення хімічного навантаження на ґрунти та запобігання їх деградації в умовах розвитку «зеленої» економіки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ефективне вирощування насіннєвої кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України ґрунтується на комплексному застосуванні агротехнічних заходів, що включають основний і передпосівний обробіток ґрунту, раціональне удобрення, якісну підготовку насіння, захист посівів та економічне обґрунтування технології. Важливу роль відіграють погодні умови, тип ґрунтів (чорноземи опідзолені, сірі лісові), а також періодичний дефіцит вологи, що вимагає адаптації технологій до конкретних умов господарства [4]. Основний обробіток ґрунту є базовим елементом технології, який забезпечує формування сприятливого агрофону. Його виконують з урахуванням попередника, типу ґрунту, рівня зволоження, рельєфу та забур'яненості поля.

У районах, схильних до вітрової ерозії, замість оранки доцільно використовувати безпліцеве розпушування (22–25 см) із залишенням рослинних решток на поверхні, що сприяє збереженню вологи. На добре зволжених землях ефективним є напівпаровий обробіток із дискуванням, внесенням добрив і наступною

оранкою. Через 2–3 тижні проводять поверхневий обробіток для знищення бур'янів, за потреби його повторюють.

У разі затримки строків сівби проводять додаткові культивації для знищення нових хвиль бур'янів. Важливою умовою є мінімальний часовий інтервал між передпосівним обробітком і сівбою (до 30 хв), що дозволяє зберегти вологу та забезпечити дружні сходи культури (див. табл. 1).

Таблиця 1

Основний обробіток ґрунту під кукурудзу в Правобережному Лісостепу

Фактор/умова	Рекомендований обробіток
Попередники	Озима пшениця, соя, зернобобові, цукровий буряк, гречка, картопля
Після ранніх попередників	Дискування 6–8 см – внесення добрив – оранка 27–30 см оборотними плугами
Після пізніх попередників	Важке дискування – внесення добрив – ярусна оранка 27–30 см
В умовах ерозійної небезпеки	Безплідцеве розпушування 22–25 см з плоскорізами, залишення стерні
У вологих регіонах	Напівпаровий обробіток, сидерати (гірчиця, редька), заорювання зеленої маси
Весняний обробіток	Ранньовесняне боронування – вирівнювання – культивація 10–12 см – комбінований передпосівний обробіток (6–8 см)
При пізніх строках сівби	Додаткові 1–2 культивації перед сівбою
Вимога до інтервалу між обробітком і сівбою	Не більше 30 хвилин

Одним із важливих технологічних чинників при вирощуванні кукурудзи є правильний вибір способу сівби, глибини загортання насіння, строків посіву, норми висіву та рівномірності розміщення рослин у полі. Узгоджена робота цих елементів суттєво впливає на формування врожайності.

Оптимальна швидкість руху сівалки залежить від її типу та має становити 4–7 км/год. Для пневматичних агрегатів рекомендованою є швидкість близько 5 км/год, тоді як механічні сівалки допускають рух зі швидкістю до 7 км/год. Перевищення рекомендованих швидкостей призводить до нерівномірного розташування насіння у рядку та зниження потенціалу продуктивності культури.

Норма висіву кукурудзи варіюється залежно від зони зволоження, особливостей гібрида та агрометеорологічних умов року. У 2024–2025 роках через дефіцит вологи рекомендується підтримувати густоту стояння на рівні 50–72 тис. рослин/га, з урахуванням групи стиглості гібрида та запасів вологи (табл. 2).

Таблиця 2

Рекомендовані норми густоти стояння рослин кукурудзи в Правобережному Лісостепу України

Зона вологозабезпечення	Густота, тис. рослин/га
Низька (<100 мм)	50–60
Середня (100–140 мм)	61–72
Висока (>140 мм)	75–80

Надмірне загущення посівів у умовах обмеженого зволоження призводить до підвищеної конкуренції рослин за воду, зменшує масу зерна, погіршує формування повноцінного качана та збільшує частку дрібного зерна.

Оптимальний термін сівби визначається настанням стабільної температури ґрунту на глибині загортання насіння $+10-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дослідження показують, що ранні строки сівби (при $+8-10\text{ }^{\circ}\text{C}$) ефективні за умов достатньої вологості та відсутності ризику приморозків. У таких умовах рослини краще використовують ґрунтову вологу та формують більш повноцінні генеративні органи. При пересиханні посівного шару глибину загортання насіння слід збільшувати на 1–2 см, орієнтуючись на контакт насіння з вологою зоною ґрунту, але не перевищуючи 10 см, щоб зберегти енергію проростання.

Важливим елементом є також раціональна система удобрення кукурудзи на зерно, яка є ключовим чинником формування високої врожайності та покращення якості зерна. У Правобережному Лісостепу така система повинна враховувати агрокліматичні умови регіону, тип ґрунту, культуру-попередник, забезпеченість вологою та заплановану урожайність.

На опідзолених або змитих чорноземах, а також у зонах середньої та низької гумусованості, доцільно вносити 20–25 т/га перепрілого гною під основний обробіток ґрунту (зяблеву оранку). За використання сидеральних культур (гірчиця біла, олійна редька, суріпиця, фацелія) у кількості 20–30 т/га зеленої маси додаткове внесення гною не потрібне.

Для формування врожайності кукурудзи на рівні 9–11 т/га рекомендовані орієнтовні норми внесення мінеральних добрив, адаптовані до умов Правобережного Лісостепу (див. табл. 3).

Таблиця 3

**Норми внесення мінеральних добрив під кукурудзу на зерно
в Правобережному Лісостепу України**

Вид добрива	Норма внесення, кг д.р./га	Форма добрива / Технологія внесення
Азот (N)	80–140	Карбамід, аміачна селітра – вносять навесні перед культивуцією
-	-	КАС – вносять дробно: 3 рази за вегетацію (90–160 л/га за раз)
Фосфор (P_2O_5)	90–120	Простий/подвійний суперфосфат – вносять під основну оранку
Калій (K_2O)	60–135	Калій хлористий – вносять під основний обробіток або навесні
Комплексні добрива	500–800 кг/га (5–8 ц/га)	Нітроамофоска, діамофоска – під передпосівну культивуację
Органічні добрива	20–25 т/га	Гній – вносять восени під зяблеву оранку
Сидеральні культури	20–30 т/га зеленої маси	Заорюють у фазі бутонізації або перед цвітінням на 27–30 см

Азотні добрива є основою мінерального живлення кукурудзи. Їх застосовують як суцільним способом навесні під час передпосівної культивуację, так і дробно впродовж вегетації рослин із використанням КАС. Рекомендовані дози становлять:

перед сівбою або до сходів – 90–160 л/га, у фазі 4–5 листка – 90–160 л/га, перед змиканням міжрядь – ще 90–160 л/га. Така схема забезпечує рівномірне азотне живлення кукурудзи у критично важливі фази її розвитку.

Підготовка насіння до сівби включає кілька етапів: обробку ультрафіолетом, протруювання препаратами Ультрафіт (1–2 л/т), Вітавакс (3 л/т), Максим (1,5 л/т), Давідент Старт (1 л/т), а також стимуляцію росту за допомогою Гумату Калію (1 л/т).

У Правобережному Лісостепу України збирання кукурудзи на зерно зазвичай здійснюють методом прямого комбайнування із застосуванням зернозбиральних комбайнів, оснащених кукурудзяними жатками. Оптимальний термін збору – коли вологість зерна знижується до рівня нижче 30%, що дозволяє мінімізувати втрати врожаю, знизити витрати на досушування та забезпечити відповідність продукції стандартам якості. Особливу увагу приділяють профілактиці фузаріозу качанів та пліснявіння зерна, оскільки заражене зерно може накопичувати мікотоксини, що знижує якість і безпечність продукції [3].

Збирання кукурудзи на насіння має специфічні технологічні особливості. Його проводять у фазі воскової стиглості при вологості зерна 35–40% із використанням спеціалізованих машин, що збирають качани без обмолоту. Серед сучасних моделей техніки ефективно зарекомендував себе комбайн Bourgoin B610. Після збирання качани доставляють на насінневі заводи, де відбувається автоматизована доробка: очищення від обгорток, сушіння до вологості 12–13%, обмолот, калібрування, протруювання та пакування. Такий комплекс забезпечує високу якість і схожість насіння, його відповідність стандартам та придатність для використання у сертифікованих технологіях.

Післязбиральна доробка товарного зерна передбачає досушування до вологості 13–14% у шахтних або рециркуляційних зерносушарках, оскільки вологе зерно не придатне для тривалого зберігання. У разі використання зерна на корм його можуть зберігати у вигляді подрібненої маси (корнажу) в герметичних умовах: у траншеях, бетонних силосах або полімерних рукавах (див. табл. 4). Масу обробляють інокулянтами, ретельно ущільнюють і герметизують плівкою. Дотримання технологічних параметрів зберігання дозволяє зберегти поживні властивості корму та запобігти розвитку патогенів.

Таблиця 4

Основні показники збирання насіннєвої кукурудзи

Показник	Значення / Діапазон
Вологість зерна на момент збирання (зерно)	≤30%
Вологість качанів для збирання на насіння	35–40%
Тип техніки для збирання зерна	Зернозбиральний комбайн з кукурудзяною жаткою
Тип техніки для насіннєвого матеріалу	Комбайн для качанів без обмолоту (наприклад, Bourgoin B610)
Температура сушіння насіння	Не вище 38–40 °C
Оптимальна вологість для зберігання насіння	12–13%
Методи зберігання фуражного зерна	Герметизовані траншеї, полімерні рукави, бетонні бункери

Отже, своєчасне та правильно організоване збирання кукурудзи з урахуванням технологічних вимог до вологості, типу використовуваної техніки та подальшої післязбиральної доробки є ключовою умовою збереження високої якості як товарного зерна, так і насіннєвого матеріалу. Раціональне поєднання агротехнологічних заходів із сучасними технічними рішеннями забезпечує підвищення ефективності виробництва та мінімізацію втрат на заключному етапі вирощування культури.

Дослідження підтверджують, що ефективне вирощування насіння кукурудзи у Правобережному Лісостепу України базується на раціональному поєднанні агротехнічних, технологічних та економічних чинників. Система основного та передпосівного обробітку ґрунту повинна враховувати умови конкретного поля – тип ґрунту, попередника, рівень зволоження та ризик ерозії. Найвищі результати досягаються за використання класичної зяблевої оранки після ранніх попередників або ярусної оранки після пізніх культур, а також безпліцевого обробітку в зонах із високим ризиком ерозії. Використання сидеральних культур як альтернативного джерела органічного добрива дозволяє поліпшити агрофізичні властивості ґрунту та частково компенсувати дефіцит органіки.

Великий вплив на врожайність і якість насіння мають строки сівби, норма висіву та рівномірність розміщення рослин у полі. У умовах змін клімату та обмеженого водопостачання весняного періоду особливо важливо забезпечити контакт насіння з вологим шаром ґрунту, дотримуючись рекомендованої глибини загортання. Дослідження показали, що оптимальна густота стояння рослин залежить від рівня зволоження: 50–60 тис. рослин/га у посушливих умовах та 75–80 тис. рослин/га у зонах із достатнім запасом вологи. Використання сучасних пневматичних сівалок забезпечує високу точність посіву, формування дружних сходів та рівномірний розвиток рослин, що безпосередньо впливає на потенціал урожайності.

Висновки і пропозиції. Система удобрення є одним із вирішальних чинників продуктивності. Найефективнішим виявляється комплексний підхід, який поєднує органічні, мінеральні та рідкі добрива з урахуванням ґрунтових умов, попередника та планової врожайності. Оптимальні норми внесення азоту становлять 80–140 кг д.р./га, фосфору – 90–120 кг д.р./га, калію – 60–135 кг д.р./га, що сприяє ефективному накопиченню сухої речовини та використанню вологи. Передпосівна обробка насіння із застосуванням протруйників, біостимуляторів і мікроелементів підвищує польову схожість, енергію проростання та стійкість до стресових умов.

На завершальному етапі вирощування насіння кукурудзи особливо важливим є своєчасне та технологічно правильне збирання. Для товарного зерна оптимальною є вологість нижче 30%, тоді як насіннєвий матеріал збирають у фазі воскової стиглості за вологості 35–40% із подальшою автоматизованою доробкою на насіннєвих заводах. Використання сучасної техніки, наприклад комбайнів Bourgoin B610, та спеціалізованих ліній для очищення, сушіння, калібрування та обробки забезпечує високу якість насіння. Раціональні рішення щодо післязбирального зберігання у герметичних рукавах, траншеях або силосах дозволяють зберегти поживну цінність зерна при його використанні як корму.

Таким чином, насінницьке виробництво кукурудзи у правобережному Лісостепу України має значний агрономічний та економічний потенціал. Комплексне застосування адаптованих технологій, сучасної техніки, ефективних добрив і науково обґрунтованих строків агротехнічних операцій забезпечує стабільне отримання високоякісного насіння з високою енергією проростання, що відповідає сучасним стандартам ринку. Показники врожайності та економічної рентабельності підтверджують стратегічну важливість цього напрямку для аграрного виробництва регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Векленко Ю. А., Козленко О. М., Бадюк М. М. Агроекологічне обґрунтування способу прискореного залуження схилих земель в Правобережному Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2023. № 96. С. 110–121. DOI:10.31073/kormovyrobnytstvo202396-11.
2. Вожегова Р. А., Влащук А. М., Дробіт О. С., Шебанін В. С., Дробітько А. В. Удосконалення елементів технології виробництва насіння високих репродукцій зернових культур на зрошуваних землях. *Аграрні інновації*. 2020. № 1. С. 84–90. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.1.14>.
3. Гаврилюк В. М., Блащук М. І., Семерунь Т. Б. Який гібрид вибрати. *Пропозиція*. 2018. № 2. С. 72–73.
4. Гангур В. В., Руденко В. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи в Лівобережному Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 1. DOI:10.31210/spi2024.27.01.06.
5. Малієнко А. М., Кирилюк В. П. Агротехнічні заходи контролю бур'янового ценозу у посівах кукурудзи на зерно. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2012. № 2(1). С. 95–102. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2012_2%281%29_15.
6. Ображій С. В. Урожайність культур за різних систем основного обробітку ґрунту та рівнів удобрення в зернопросапній сівозміні центрального Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 3. С. 131–142.
7. Результати виробничих випробувань гумінових добрив у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. *Агропромисловий збірник*. 2019. URL: https://agro.bio/results-of-production-tests-of-humic-fertilizers-in-various-soil/?utm_source=chatgpt.com
8. Русюк О. Л. Продуктивність кукурудзи залежно від систем основного обробітку ґрунту в Правобережному Лісостепу України : дипломна робота (магістр). Київ, 2021. 60 с. URL: <https://dglbtest.nubip.edu.ua/500>
9. Скалій І. М., Литвиненко І. В. Вплив систем основного обробітку ґрунту в сівозміні на урожайність зерна кукурудзи. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Агрономія*. 2012. Вип. 176. С. 144–148. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2012_176_26.
10. Слюсар І. Т., Богатир Л. В. Врожайність кукурудзи залежно від основного обробітку та удобрення на осушуваних органогенних ґрунтах Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2016. Вип. 88, ч. 1. С. 93–100.
11. Швець О. М. Генезис та комплексна діагностика чорноземних ґрунтів Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 67–72.
12. Якунін О. П., Храпцов Л. І., Трубілов О. В. Вплив способу основного обробітку ґрунту на формування врожайності зерна кукурудзи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. № 3(37). С. 29–31.
13. AACC International. AACCI Method 76-13.01. Total starch assay procedure (Megazyme amyloglucosidase/ α -amylase method). *Approved Methods of Analysis*. St. Paul : AACC International, 2000.
14. Voloshchuk O., Zaviryukha P., Andrushko O., Kovalchuk O., Kovalchuk Y. Productivity of corn hybrids in the conditions of the western forest-steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25(8). P. 9–16. URL: [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(8\).2022.9-16](https://doi.org/10.48077/scihor.25(8).2022.9-16).
15. Wu X., Zhao R., Wang D., Bean S., Seib P. A., Tuinstra M. R., Campbell M., O'Brien A. Effects of amylose amylopectin ratio, corn protein and corn fiber contents on ethanol production. *Cereal Chemistry*. 2006. Vol. 83(5). P. 569–575.

Дата першого надходження статті до видання: 22.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 632.752-047.36:633.854.78+633.854.79 (477.41/42)
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.11>

ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ І КОНТРОЛЮ ШКІДЛИВИХ ВИДІВ КОМАХ-ФІТОФАГІВ ЗА NO-TILL НА ФОНІ ПІСЛЯДІЇ ДІЮЧОЇ РЕЧОВИНИ ФЛОРАСУЛАМ У ПОЛЬОВИХ СІВОЗМІНАХ УКРАЇНИ

Доля М.М. – д.с.-г.н.,

професор кафедри ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-0458-9695

Опальчук Р.М. – к.е.н.,

доцент кафедри банківської справи та страхування,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-3733-8182

Боцула Р.П. – аспірант кафедри ентомології, інтегрованого захисту
та карантину рослин,

Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0009-0000-6449-7261

Кравченко Ю.О. – аспірант кафедри фізіології хребетних і фармакології,

Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0009-0001-1998-7760

За результатами багаторічних досліджень удосконалено теоретичні підходи до інтегрованого захисту польових культур від комах-фітофагів та інших шкідливих організмів. Так, на основі розроблення і впровадження у виробництво моделей прогнозу чисельності домінуючих видів фітофагів за системних змін інтегральних показників ступенів токсичності засобів хімізації угідь і кількісних рівнів окремих агрохімікатів, що застосовуються в сучасних агроценозах. Опрацьовані закономірні концептуальні засади щодо відновлення механізмів саморегуляції ентомокомплексів польових культур. Вперше обґрунтовано організаційно-методичний механізм побудови моніторингу і контролю окремих шкідливих видів попелиць за систем активного поглинання і транспорту мікрозалишків засобів захисту у ланцюгу: зернові – технічні культури із визначенням впливу на морфо-фізіологічні зміни та властивості протопластів клітин сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур при сезонних стрес-факторах, які посилюють фітосанітарний стан угідь. Зокрема, при дії технологічних чинників зовнішнього середовища на проникнення мікрозалишків препаратів в культурні рослини через листя і корені у результаті дифузії. Ці зміни виявились значними за глобальних змін клімату із обґрунтованим прогнозуванням фітосанітарних наслідків при наявній обмінній адсорбції та активному перенесенні молекул і іонів у пасивному характері, а також і у формуванні нових механізмів стійкості попелиць до кормових рослин.

Вказано, що за різких коливань погоди змінюються періоди напіврозпаду застосованих у короткочасних сівозмінах досліджених препаратів. Зокрема, тих груп, які проникають в рослини у незмінному вигляді по провідних системах і локально негативно впливають на механізми стійкості попередників – пишиці, кукурудзи, сочевиці, а також наступної культури – соняшнику та ріпаку до розмноження фітофагів. При цьому відмічено, що застосовані агрохімікати при проникненні у рослини метаболічним шляхом включаються в інтенсивний обмін, що дозволяє прогнозувати та контролювати токсичне навантаження і рівні життєздатності попелиць. Отже, за сучасного вирощування польових культур на різних типах ґрунтів при прогнозуванні адсорбції засобів хімізації



угідь на загального і широкомасштабного значення набуває контроль сезонної багаторічної динаміки поведінки як мікрозалишків препаратів та їх синергізму із впливом на органогенез рослин, так і трофічні зв'язки окремих видів комах у агроценозах. При цьому, обґрунтовано методичний підхід щодо індикативного і інтегрального оцінювання впливу мікрозалишків діючої речовини флорасулам за сучасних технологій вирощування польових культур і за одночасних змін гідрофільних і ліпофільних властивостей дослідженого генофонду польових культур регіонального рівня.

За виділених механізмів впливу мікрозалишків засобів хімізації сучасних польових сівозмін підтверджена важливість прогнозування біогенності ґрунтів в агроценозах як системного механізму контролю розвитку, розмноження та поширення попелиць та іншого комплексу видів комах-фітофагів у агроценозах України. Інтегральне прогнозування таких закономірностей підтверджує нагальність дотримання збалансованого функціонування агроценозів за сучасного збереження механізмів саморегуляції ентомокомплексів із комплексно-функціональною діагностикою наслідків застосованих засобів хімізації угідь в цілому задля формування збалансованих екосистем [4, с. 33; 5, с. 64; 6, с. 71].

За результатами досліджень рекомендовані нові моделі щодо наукового обґрунтування технологічних прийомів при аналізі і прогнозуванні фітотоксичного і фітосанітарного стану польових культур у ланцюгах: «рослина – фітофаг – ентомофаг». Зокрема, на фонах із контрольованими показниками післядії застосованих речовин та фізико-хімічного, агрохімічного та токсикологічного формування ґрунтів і їх вплив на особливості біології та екології комах-фітофагів в агроценозах [1, с. 12; 3, с. 112; 6, с. 71].

Ключові слова: No-till, комахи-фітофаги, попелиці, флорасулам, мікрозалишки пестицидів, фітосанітарний моніторинг, інтегрований захист рослин, агроценози, фітотоксичність, трофічні зв'язки.

Dolia M.M., Opalchuk R.M., Botsula R.P., Kravchenko Yu.O. Features of Monitoring and Control of Harmful Phytophagous Insect Species under No-Till Conditions against the Background of the Residual Effect of the Active Substance Florasulam in Field Crop Rotations of Ukraine

Based on the results of long-term research, theoretical approaches to the integrated protection of field crops against phytophagous insects and other harmful organisms have been refined. This was achieved by developing and implementing models to predict the population dynamics of dominant phytophage species, factoring in systemic changes in the integral toxicity indices of agrochemicals and the quantitative levels of specific agricultural chemicals used in modern agroecosystems. Regular conceptual frameworks for restoring the self-regulation mechanisms of field crop entomocomplexes have been systematically established. For the first time, an organizational and methodological mechanism has been substantiated for monitoring and controlling specific harmful aphid species based on systems of active absorption and transport of pesticide micro-residues within the "cereals – industrial crops" chain. This includes determining their impact on morpho-physiological changes and cell protoplast properties in modern crop varieties and hybrids under seasonal stress factors that aggravate the phytosanitary condition of farmlands. Specifically, this involves the influence of environmental technological factors on the diffusion-based penetration of chemical micro-residues into crop plants through leaves and roots. These changes have proven to be significant amid global climate change, allowing for the reliable forecasting of phytosanitary consequences given existing exchange adsorption, the active and passive transport of molecules and ions, and the formation of new aphid resistance mechanisms to forage plants.

It is indicated that sharp weather fluctuations alter the half-lives of the studied chemicals applied in short-rotation cropping systems. This is particularly true for groups of chemicals that penetrate plants in an unaltered state through vascular systems and locally exert a negative impact on the resistance mechanisms of preceding crops (wheat, corn, lentils) and subsequent crops (sunflower, rapeseed) to phytophage reproduction. Concurrently, it is noted that upon metabolic penetration into plants, applied agrochemicals are integrated into intensive metabolism, enabling the prediction and control of toxic loads and aphid viability levels. Therefore, in modern field crop cultivation across various soil types, when predicting agrochemical adsorption, monitoring the seasonal and long-term dynamic behavior of chemical micro-residues, their synergy, their impact on plant organogenesis, and the trophic linkages of specific insect species in agroecosystems

becomes of urgent and large-scale importance. Furthermore, a methodological approach is substantiated for the indicative and integral assessment of the impact of florasulam active ingredient micro-residues under modern crop cultivation technologies, considering concurrent shifts in the hydrophilic and lipophilic properties of the regional field crop gene pool.

Given the identified impact mechanisms of agrochemical micro-residues in modern crop rotations, the importance of predicting soil biogenicity in agroecosystems is confirmed as a systemic mechanism for controlling the development, reproduction, and spread of aphids and other phytophagous insect complexes in the agroecosystems of Ukraine. The integral forecasting of such regularities confirms the urgency of maintaining balanced agroecosystem functioning while preserving entomocomplex self-regulation mechanisms. This requires comprehensive functional diagnostics of the overall consequences of agrochemical application to foster balanced ecosystems [4, p. 33; 5, p. 64; 6, p. 71].

Based on the research findings, new models are recommended for the scientific validation of technological practices in analyzing and predicting the phytotoxic and phytosanitary state of field crops within "plant – phytophage – entomophage" chains. Specifically, this applies against backgrounds with controlled indicators of applied substance aftereffects, alongside the physico-chemical, agrochemical, and toxicological formation of soils and their impact on the biological and ecological characteristics of phytophagous insects in agroecosystems [1, p. 12; 3, p. 112; 6, p. 71].

Key words: No-till, phytophagous insects, aphids, florasulam, pesticide microresidues, phytosanitary monitoring, integrated pest management, agroecosystems, phytotoxicity, trophic interactions.

Методика досліджень. Дослідження проведені на тимчасових виробничих ділянках у Київській, Миколаївській, Полтавській та Одеській областях. Виявлення, обліку та спостереження за особливостями розвитку розмноження і поширення комах-фітофагів проводили за загальноприйнятих методик: Методичні рекомендації щодо складання прогнозу розвитку та обліку багатовідних шкідників, шкідників хвороб зернових, зернобобових культур та багаторічних трав, розробники: Борзих О.І., Ретьман С.В., Чайка В.М., та інші.

Результати досліджень. В роки досліджень на посівах ріпаку озимого перші ознаки прояву післядії діючої речовини флорасулам спостерігалися від першої декади вересня до першої декади жовтня.

На фоні таких змін масове заселення рослин попелицями відмічено у третій декаді травня, а у порівняно посушливі роки у першій декаді червня, що доцільно враховувати за сучасних систем застосування спеціальних заходів захисту даної культури від фітофагів (табл. 1).

За загальноприйнятих методик базову оцінку рівня прояву післядії діючої речовини флорасулам узагальнювали із визначенням морфо-фізіологічного стану посівів ріпаку та соняшнику і ступеню заселення посівів попелицями.

При цьому встановлено специфічний кореляційний зв'язок заселеності посівів попелицями із рівнями фітотоксичності внаслідок післядії флорасуламу.

Це закономірно коливалось на фоні мінливості погоди, що заслуговує особливої уваги у прогнозуванні наслідків застосування препаратів і ступеня заселення культурних рослин фітофагами (табл. 2).

Ступінь заселення посівів ріпаку озимого та соняшнику на фоні післядії діючої речовини флорасулам з показниками 0,85-0,96 корелюють при системній динаміці взаємозв'язку. При цьому в ланцюгу: «рослини на фоні післядії засобів хімізації – шкідливі види попелиць» вірогідно відбувались і морфологічні та фізіологічні зміни як ріпаку, так і соняшнику із формуванням змін у рості та розвитку. Це супроводжувалось зменшенням їх стійкості до фітофагів (рис. 1).

Таблиця 1

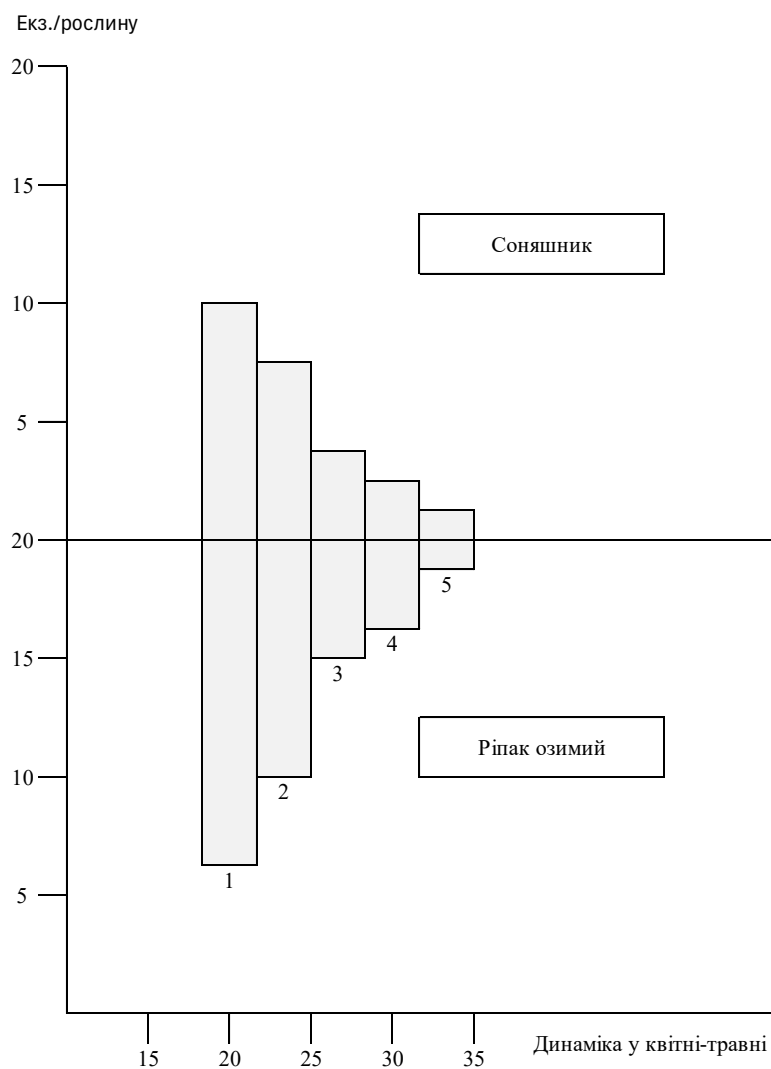
Характер прояву післядії діючої речовини флорасунам у посівах ріпаку озимого і соняшнику та періоди інтенсивного заселення рослин попелицями (в середньому за 2020-2025 рр.)

Рік	Початок (перші ознаки фітотоксичності)	Масове заселення рослин попелицями
<u>Ріпак озимий</u>		
2020	III декада вересня	I декада червня
2021	II декада вересня	III декада травня
2022	III декада вересня	III декада травня
2023	I декада жовтня	III декада травня
2024	II декада вересня	I декада червня
2025	I декада вересня	-
<u>Соняшник</u>		
2020	I декада травня	II декада червня
2021	II декада травня	III декада червня
2022	III декада квітня	I декада червня
2023	II декада травня	I декада червня
2024	I декада травня	II декада червня
2025	I декада квітня	III декада червня

Таблиця 2

Розподіл генеральної сукупності рослин ріпака озимого і соняшнику за рівнем прояву післядії діючої речовини флорасулам і заселенням посівів попелицями (в середньому за 2020-2025 рр.)

Рік	Число проб, шт	Ступінь фітотоксичної дії			Ступінь заселення посівів попелицями		
		Низький	Середній	Високий	Низький	Середній	Високий
Ріпак озимий							
2020	100	4,7	6,0	20,3	2,1	7,3	29,3
2021	100	3,3	5,1	17,0	1,9	9,1	20,6
2022	100	11,6	12,9	26,9	17,3	16,3	28,1
2023	100	9,0	10,6	22,3	10,0	12,0	22,6
2024	100	7,1	3,6	14,6	6,6	5,0	11,4
2025	100	4,9	6,3	8,3	4,3	3,3	4,0
Соняшник							
2020	100	2,6	4,6	7,9	6,3	9,3	16,3
2021	100	1,9	3,3	6,0	4,6	6,0	12,1
2022	100	4,0	2,6	5,3	3,9	4,6	9,3
2023	100	3,3	2,1	5,6	2,3	5,0	10,9
2024	100	3,0	5,0	6,9	7,9	9,6	14,0
2025	100	6,3	4,3	3,9	6,3	7,3	7,9



- 5 - сходи, 1-3 пари листочків
4 - 4-6 пар листочків
3 - 7-9 пар листочків
2 - 10-12 пар листочків
1 - утворення генеративних органів

Рис. 1. Аналіз частоти трапляння післядії діючої речовини флорасулам і збільшення чисельності попелиць у посівах ріпаку озимого і соняшнику (в середньому за 2020-2025 рр.)

Характерно, що за посухи останніх років, коли фізіологічні процеси в рослинах прискорювались, а хімічна активність діючої речовини зростала, – збільшувались ризики проявів фітотоксичності на досліджених сортах і гібридах ріпаку та соняшнику із накопиченням попелиць у фазі від 10-12 листків до фази цвітіння культурних рослин. Отже, видова стійкість виявлених попелиць на стадіях личинки і імаго залежить від механізмів розвитку імунітету рослин за порівняно несприятливого впливу на них післядії діючої речовини флорасулам. Це підтверджується і меншою організованістю та екологічною пластичністю попелиць у порівнянні з високоорганізованими фітофагами рядів: лускокрилі, твердокрилі, перетинчастокрилі, та двокрилі.

Заслугує особливої уваги статеві різниця попелиць до фону післядії на трофічні зв'язки у досліджених посівах ріпаку та соняшнику, а також розвиток личинок фітофагів, що важливо враховувати за ресурсощадних заходів захисту рослин.

Вперше отримано базову інформацію щодо оцінювання рівнів трофічних зв'язків за фітотоксичного впливу застосованих засобів хімізації у короткоротаційних польових сівозмінах на основних етапах органогенезу ріпаку та соняшнику. Встановлено, що розвиток, розмноження і поширення шкідливих видів попелиць на ріпаку – *Brevicoryne brassicae* L., та на соняшнику – геліхризова попелиця – *Brachycaudus heliychrysi* Kalt. залежить як від умов регіональної зміни клімату, так і наслідків застосованих препаратів. Це супроводжується руйнацією у рослин структури і властивостей механізмів стійкості до попелиць та інших видів фітофагів із коливанням по роках залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду цих культур та кліматичної ендofітно-ризобіальної діяльності мікробіоти. Однак, зміни у позитивному спрямуванні підтверджені дослідями за наявності на поверхні ґрунту мульчі рослинних решток, що доцільно враховувати як предиктори прогнозу розмноження попелиць за інтенсивних технологій вирощування ріпаку та соняшнику в Україні.

Результати досліджень свідчать про важливість контролю попелиць із дотриманням обґрунтованого чергування застосованих засобів хімізації агроценозів в цілому. Зокрема, з різним механізмом дії без зниження стійкості ріпаку та соняшнику до попелиць та інших шкідливих організмів. Сучасна стратегія управління стійкістю фітофагів за трофічними ланцюгами із моделюванням та прогнозом і контролем попелиць як переносчиків збудників вірусних і фітоплазмових хвороб є складовою частиною інноваційно обґрунтованих інтегрованого захисту ріпаку та соняшнику в регіоні спостережень.

Доцільно відмітити, що діюча речовина флорасулам належить до хімічного класу триазолпіримідинів. Виробляється та застосовується також у суміші з: флуметсуламом, амінопіралідом, піроксесуламом, що проявляють синергізм із впливом на трофічні ланцюги фітофагів у короткоротаційних польових сівозмінах.

Встановлено, що за різних форм препаратів, зокрема водорозчинних гранул, концентрату емульсії, концентрату суспензії інтенсивність впливу діючої речовини на трофічні ланцюги попелиць вірогідно зростає від 6,25 г/л до 200 г/кг (рис. 2).

Встановлено вірогідний вплив концентрації препаративної форми діючої речовини флорасулам на ступінь заселення посівів ріпаку озимого попелицями від фази початку цвітіння рослин, що свідчить про актуальність врахування числових значень даної речовини як чинника і предиктора прогнозу чисельності фітофагів за рівнями внесення препарату у посівах попередника (рис. 3).

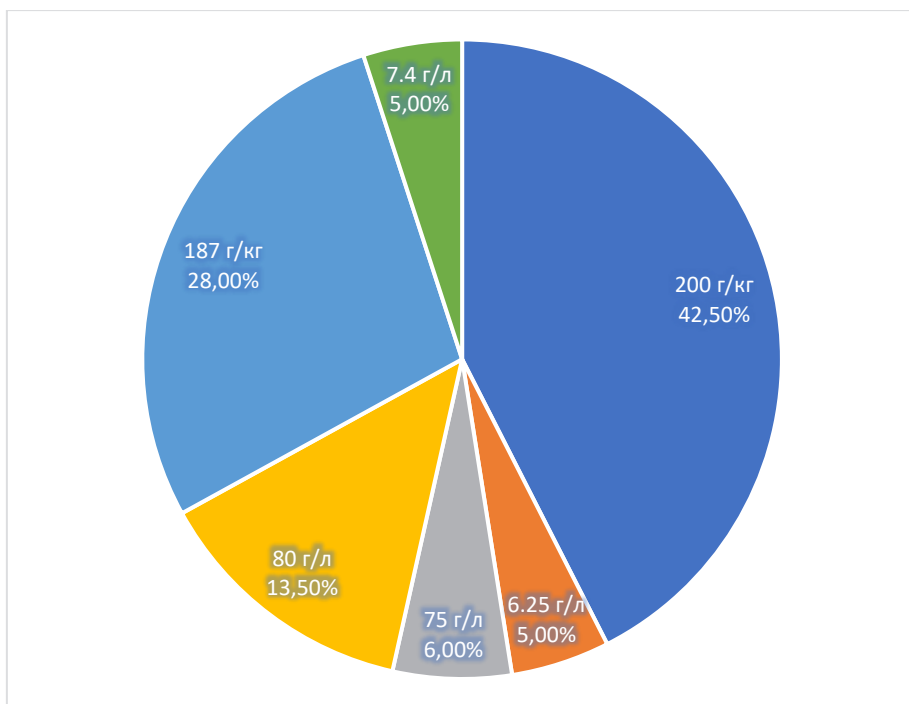


Рис. 2. Частка впливу концентрації діючої речовини на трофічні зв'язки попелиць у досліджених посівах ріпаку озимого (в середньому за 2020-2025 рр.)

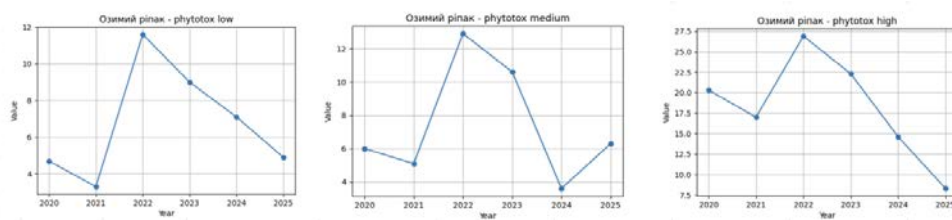


Рис. 3. Рівні фітотоксичності діючої речовини флорасулам у посівах ріпаку озимого (в середньому за 2022-2025 рр.)

Це дозволяє оптимізувати заходи інтегрованого захисту посівів ріпаку озимого та інших технічних культур за No-till із моделюванням закономірностей трофічних зв'язків за інтенсифікації ведення рослинництва в Україні.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У 2020-2025 роках динаміка післядії мікрозалишків діючої речовини флорасулам впливала на морфо-фізіологічні механізми стійкості ріпаку озимого та соняшнику до заселення попелицями із кореляційною залежністю і вірогідними зв'язками r 0,82-0,96), що доцільно враховувати у системах заходів захисту даних культур від фітофагів.

Встановлено, що специфічний вплив діючої речовини на механізми стійкості сучасного генетичного фонду ріпаку і соняшнику коливається в залежності від

абіотичних чинників, що дозволяє технологічно обґрунтовано застосувати селекційний процес за фоном агрохімічного та фітотоксичного стану і контролювати чисельність окремих видів фітофагів на видовому та популяційному рівнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Борзих О. І., Ретьман С. В., Чайка В. М., Федоренко А. В., Челомбітко А. Ф., Стефківський В. М., Баннікова К. В., Орлова О. І., Сидорчук О. В., Чекал К. В. Методичні рекомендації щодо складання прогнозу розвитку та обліку багатодітних шкідників, шкідників і хвороб зернових, зернобобових культур та багаторічних трав. Київ : Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту прав споживачів, 2019. 144 с.
2. Демиденко О. В. Продуктивність сільськогосподарських культур за змін клімату у центральному Лісостепу України. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2023. Вип. 1 (7). С. 75–92. DOI: 10.54651/agri.2023.01.09.
3. Сахненко В. В., Сахненко Д. В. Агроекологічне обґрунтування захисту зернових культур від шкідників при новітніх системах землеробства у Лісостепу України. Подільський вісник. Сільське господарство, техніка, економіка. 2018. № 28. С. 112–119.
4. Доля М. М., Мороз С. Ю., Кострич Д. В., Мамчур Р. М., Бобонич Є. Ф. Популяційна адаптивність домінуючих комах-фітофагів і ентомофагів за прогресивних технологій захисту рослин в Україні. Меліорація, землеробство, рослинництво. 2023. С. 33–39.
5. Доля М. М., Мороз С. Ю., Кострич Д. В., Мамчур Р. М., Стефківська Ю. Л. Моніторинг і контроль механізмів резистентності фітофагів за короткочасних польових сівозмін в умовах глобалізації агроценозів Лісостепу України. Таврійський вісник. 2023. № 131. С. 64–73.
6. Доля М. М., Мороз С. Ю., Кострич Д. В., Мамчур Р. М., Стефківська Ю. Л. Концепція формування і особливості контролю фітосанітарного стану сучасних агроценозів України. Землеробство, рослинництво та баштанництво. 2023. С. 71–79.

Дата першого надходження статті до видання: 27.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.34. 631.5. 631.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.12>

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА УРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ СОЇ

Єремко Л.С. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва,

Полтавський державний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-5641-7436**Руденко О.О.** – аспірант кафедри рослинництва,

Полтавський державний аграрний університет

orcid.org/0009-0002-8359-3448

Забезпечення продовольчої безпеки, що все більше перебуває під загрозою внаслідок зміни клімату та геополітичних потрясінь потребує інноваційних стратегій стабілізації виробництва зернової продукції. Соя [*Glycine max* (L.) Merrill] є стратегічною білково-олійною культурою універсального використання. Основним фактором підвищення рівня її продуктивності є покращання поживного режиму рослин. На чорноземних ґрунтах Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М.І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН був проведений двофакторний польовий експеримент для визначення впливу різних доз мінеральних добрив ($N_{0P_0K_0}$, $N_{0P_{40}K_{40}}$, $N_{20P_{60}K_{60}}$) (фактор А); біологічного інокулянту Ризоактив соя (2,0 л/т), що містить у своєму складі високоактивні штами азотфіксуючих біктерій *Bradyrhizobium japonicum*, стимулятору росту рослин NORDAGRI Growth Stage (2,0 л/га) (фактор В) та їх комбінації на параметри фотосинтетичної діяльності посівів, величину елементів продуктивності рослин та урожайність сої. Результати дослідження показали, що комплексне застосування $N_{20P_{60}K_{60}}$ + Ризоактив соя + NORDAGRI Growth Stage дозволило створити найбільш сприятливі умови для лінійного наростання надземної частини рослин, розвитку листкової поверхні, накопичення рослинами сухої біомаси, що у свою чергу сприяло збільшенню їх індивідуальної продуктивності та загальної урожайності посівів сої до 1,98 т/га. Роздільне застосування елементів технології виявилось менш ефективним. Зокрема проведення допосівної інокуляції насіння надало можливість збільшити урожайність сої до 1,43 т/га, а у варіантах її поєднання із обробкою посівів стимулятором росту рослин величина даного показника становила 1,53 т/га. Прибавка урожайності насіння від внесення мінеральних добрив була на рівні 0,25-0,29 т/га.

Ключові слова: соя, мінеральні добрива, біологічний інокулянт, регулятор росту рослин, фотосинтез, урожайність.

Yeremko L.S., Rudenok O.O. The effect of cultivation technology elements on soybean seed yield

Ensuring food security, which is increasingly at risk due to climate change and geopolitical instability, requires innovative strategies to stabilize grain production. Soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] is a strategic protein-oil crop with universal use. The primary factor in increasing the yield of this crop is improving the plants' nutrient regime. A two-factor field experiment was conducted on chernozem soils at the Poltava State Agricultural Research Station named after M.I. Vavilov of Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS to determine the effect of different doses of mineral fertilizers ($N_{0P_0K_0}$, $N_{0P_{40}K_{40}}$, $N_{20P_{60}K_{60}}$) (factor A); the biological inoculant Rhizoaktiv Soy (2,0 l/t), which contains highly active strains of the nitrogen-fixing bacterium *Bradyrhizobium japonicum*, the plant growth stimulator NORDAGRI Growth Stage (2,0 l/ha) (factor B), and their combinations on the parameters of photosynthetic activity



© Єремко Л.С., Руденко О.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

of crops, plant productivity elements, and soybean yield. The results of the study showed that the combined application of $N_{20}P_{60}K_{60}$ + Rhizoaktiv Soy + NORDAGRI Growth Stage provided the most favorable conditions for the linear growth of the plants' aboveground parts, leaf area development, and dry biomass accumulation, which in turn contributed to an increase in individual plant productivity and the overall soybean yield to 1,98 t/ha. The separate use of technology elements proved to be less effective. In particular, pre-sowing seed inoculation made it possible to increase soybean yield to 1,43 t/ha, while in the variants of its combination with crop treatment using a plant growth stimulant, this indicator amounted to 1,53 t/ha. The increase in seed yield resulting from the application of mineral fertilizers was 0,25–0,29 t/ha.

Key words: soybeans, mineral fertilizers, biological inoculant, plant growth regulator, photosynthesis, yield.

Актуальність теми дослідження. Соя [Glycine max (L.) Merrill] є стратегічною білково-олійною культурою світового землеробства, що широко використовується у харчовій промисловості, кормовиробництві, а також для виробництва біодизелю [1]. Феномен споживання її насіння полягає в унікальному поєднанні органічних сполук, що характеризуються високою перетравністю, розчинністю та відіграють ключову роль у фізіолого-біохімічних процесах, які забезпечують життєдіяльність організму людини і тварин. Насіння сої містить близько 40 % білка із збалансованим амінокислотним складом, 22 % олії, близько 28 % вуглеводів, вітаміни групи В, ферменти, мінеральні речовини, зокрема азот, калій, магній, залізо, кальцій, фосфор [2]. Білок сої визнаний у світі як стандарт білку рослинного походження, що відіграє ключову роль у харчовій промисловості і кормовиробництві. Разом з тим він є сировиною у процесі виробництва фармацевтичних препаратів, що стимулюють діяльність центральної нервової системи, покращують роботу головного мозку, поліпшують хімічний склад крові застосовуються у лікуванні діабету і променевої хвороби, сприяють виведенню із організму радіонуклідів [3].

Постановка проблеми. Формування високопродуктивних агрофітоценозів сої є неможливим без забезпечення необхідними поживними речовинами впродовж вегетаційного періоду. Азот є складовою частиною білків, амінокислот, нуклеїнових кислот вітамінів, алкалоїдів, хлорофілу, що у свою чергу відіграють ключову роль у функціонуванні рослинного організму [4]. Дана культура має симбіотрофний і автотрофний типи азотного живлення. У першому випадку її рослини вступають в симбіотичну взаємодію із бульбочковими бактеріями роду *Bradyrhizobium japonicum* у ході якої відбувається перетворення недоступного атмосферного азоту, у аміак, що надалі використовується у реакціях синтезу амінокислот. Ефективним методом забезпечення оптимальної колонізації коренів бактеріями є допосівна інокуляція насіння, що має особливе значення на ґрунтах, де соя раніше не вирощувалася, і сумісні популяції *Bradyrhizobium* є рідко доступними [5]. Вчені зазначають, що пік азотфіксації соєю припадає на час формування бобів (R3–R5), поступово сповільнюючись до наливу і досягання насіння (R5–R7), таким чином вказуючи на важливість достатньої наявності азоту в ґрунті [6]. Окрім того, процес симбіотичної азотфіксації є досить чутливим до різних агрономічних та екологічних факторів, зокрема температури та вологозабезпеченості ґрунту, що досить сильно впливають на життєдіяльність бульбочкових бактерій та нодуляцію коренів [7]. Рослини сої починають активно фіксувати азот повітря лише після досягнення фази 4 трійчастих листків (V4). Тому рекомендованим є внесення стартових доз азотних добрив [5,8]. Це також підтверджують дослідження Панасевича та ін. [9], де комбіноване застосування інокуляції насіння (Hi@Stick Soy) та азотного добрива (30 кг N на гектар) забезпечило найвищий рівень урожайності насіння сої. З іншого боку, результати,

отримані Mourtzinis та ін. [10] показали, що внесення азотних добрив не сприяє очікуваному збільшенню врожайності сої.

Фосфор є складовою частиною основних біомолекул, що приймають участь в енергетичному обміні (АТФ, НАДФН), синтезі нуклеїнових кислот (ДНК, РНК) і фосфоліпідів у клітинних мембранах. Даний елемент відіграє вирішальну роль у проходженні процесу фотосинтезу, тож його дефіцит призводить до зниження інтенсивності асиміляції вуглекислоти та зменшення продукування рослинами надземної біомаси [11]. Рослини реагують на дефіцит фосфору збільшенням співвідношення маси кореня і пагонів, а також зміною кореневої архітекτονіки, що виражається у збільшенні щільності розташування кореневих волосків, а також кількості і довжини бічних коренів. Це дає змогу поглинати більшу кількість фосфору з верхнього шару ґрунту, де його концентрація є вищою [12].

Калій відіграє ключову роль у підтримці гомеостазу клітин, визначаючи електронейтральність, осмотичну регуляцію, аніон-катіонний баланс і біохімічний показник рН, а також сприяє стабільності білків і ферментів завдяки оптимальній гідратації колоїдів. Разом з тим він забезпечує тургорний стан рослинних тканин, регулюючи відкриття і закриття продихів, підтримує міцність стебел, стійкість рослин до вилягання а також до несприятливого впливу посухи та засолення. Усі рухи рослини передаються потоками K^+ . Достатня забезпеченість даним елементом покращує умови фотосинтетичної діяльності за рахунок збільшення продихової провідності і резистентності мезофілу [13].

Ефективним прийомом підвищення стійкості рослин до впливу несприятливих факторів навколишнього середовища та підвищення їх продуктивності може бути застосування стимуляторів росту, що являють собою природні або синтетичні речовини, які викликають зміни у спрямованості чи інтенсивності протікання життєво важливих структурних процесів [14]. Відома їх роль у покращанні зв'язку джерело-поглинач і стимулюванні транслокації фотоасимілятів, що покращує формування генеративних органів, розвиток плодів і насіння в кінцевому підсумку підвищує врожайність культури [15, 16].

Мета і задачі дослідження полягали у визначенні впливу різних доз мінеральних добрив, біологічного інокулянту та стимулятора росту рослин на урожайність насіння сої.

Методика дослідження. Польове дослідження було проведено на чорноземних ґрунтах Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М.І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН. Схема дослідження включала застосування біологічного інокулянту і стимулятора росту рослин на різних фонах мінерального удобрення ($N_0P_0K_0$, $N_{0.40}P_{0.40}K_{40}$, $N_{20}P_{60}K_{60}$). Метод проведення досліджень – польовий. Повторність дослідів чотириразова. Облікова площа ділянки 40 м². Розміщення варіантів рендомізоване.

Азотні добрива вносили у вигляді аміачної селітри, фосфорні – у вигляді суперфосфату, калійні – у вигляді калію хлористого до проведення передпосівної культивування. Інокуляцію насіння проводили у день сівби, застосовуючи біологічний інокулянт Ризоактив соя (2,0 л/т) на основі високоактивних штамів азотфіксуючих біктерій *Bradyrhizobium japonicum*. На час настання фази бутонізації – початку цвітіння (R1–R2) посіви сої обробляли стимулятором росту рослин NORDAGRI Growth Stage, що являє собою водорозчинний суспензійний концентрат гумінових і фульвових кислот із дозою внесення 2 л/га. Математичну обробку результатів досліджень проводили при використанні методу дисперсійного аналізу. Дослідження проводили згідно загальноприйнятих методик [17].

Агротехніка вирощування культури була загальноприйнятою для зони, за виключенням елементів, що вивчалися. Попередник – пшениця озима. У дослідженні вивчали сорт сої Діона.

Результати дослідження. Ріст і розвиток рослин включає інтеграцію багатьох екологічних та ендогенних сигналів, які разом з вродженою генетичною програмою визначають форму рослини. Ростові процеси, що протікають у рослинах завжди супроводжуються збільшенням їх розмірів та маси і є передумовою формування більшого врожаю [18].

Результати досліджень свідчать про значний позитивний вплив факторів, що вивчалися на лінійні прирости рослин у висоту (табл. 1). Найбільш істотним він був у варіантах комплексного застосування біологічного інокулянту і стимулятора росту рослин на фоні внесення $N_{20}P_{60}K_{60}$, де висота рослин була більшою за контрольний варіант на 13 %. Проведення інокуляції насіння на різних фонах внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню значень даного показника на 8,66-11,47 %.

У основі формування біологічної продуктивності рослин знаходиться процес фотосинтезу, у ході якого із простих біогенних елементів під дією сонячної радіації синтезуються багаті на енергією складні і різноманітні за хімічною будовою органічні сполуки. Головними органами, у яких відбуваються синтетичні процеси є листкові пластинки, а кількість утворених органічних сполук визначається їх розмірами та тривалістю активного функціонування [19].

Таблиця 1

Параметри розвитку рослин сої залежно від застосування мінеральних добрив, біологічного інокулянту і стимулятора росту (формування бобів), (2024-2025 рр.)

Варіанти застосування біодобрива і стимулятора росту рослин	Висота рослин	Площа листової поверхні, тис. м ² /га	Суха маса рослин, г
$N_{0}P_{0}K_{0}$			
контроль	47,3	34,5	10,15
Ризоактив соя (2,0 л/т)	51,4	35,8	11,25
Ризоактив соя (2,0 л/т) + NORDAGRI Growth Stage	54,6	36,5	11,88
$N_{0}P_{40}K_{40}$			
контроль	55,3	37,7	12,25
Ризоактив соя (2,0 л/т)	56,7	38,9	12,62
Ризоактив соя (2,0 л/т) + NORDAGRI Growth Stage	58,1	41,3	13,32
$N_{20}P_{60}K_{60}$			
контроль	56,1	38,1	12,44
Ризоактив соя (2,0 л/т)	57,3	39,7	12,93
Ризоактив соя (2,0 л/т) + NORDAGRI Growth Stage	61,7	42,4	14,48

Формування листової поверхні посівів сої обумовлювалося не тільки впливом погодних умов, а й дією застосованих мінеральних добрив, біологічного інокулянту і стимулятора росту рослин. Її величина у фазі бутонізації змінювалася залежно від рівня мінерального удобрення від 34,5 тис.м²/га у варіанті нульового внесення мінеральних добрив до 38,1 тис.м²/га у варіанті внесення N₂₀P₆₀K₆₀. Проведення інокуляції насіння сприяло збільшенню величини листової поверхні посівів сої на 3,76 %. Вплив комплексного застосування біологічного інокулянту і стимулятора росту рослин на значення даного показника був більш вираженим. На це вказує збільшення величини листової поверхні посівів сої на 2,00-7,90 тис.м²/га щодо контролю. Найбільш сприятливі умови для розвитку листової поверхні сої створювалися у варіанті N₂₀P₆₀K₆₀ + Ризоактив соя + NORDAGRI Growth Stage, де її величина становила 42,4 тис.м²/га.

Відповідно до збільшення величини листової поверхні посівів залежно від досліджуваних факторів, зростала кількість нагромадженої рослинами органічної сухої біомаси. Збільшення значень даного показника по відношенню до контрольного варіанту становило 10,83 % від проведення інокуляції насіння і 17,04 % від поєднання інокуляції насіння і обробки посівів стимулятором росту. Ефект від застосування мінеральних добрив був більш вираженим (20,68-22,56 % щодо контролю).

Індивідуальна продуктивність рослин є відображенням впливу екзогенних факторів на ступінь реалізації генетичного потенціалу сорту і певною мірою надає можливість своєчасно впливати на формування врожаю зерна. Одним із факторів, що визначає структуру елементів урожаю рослин сої є забезпеченість поживними речовинами впродовж вегетаційного періоду. Результати дослідження показали позитивний вплив внесення мінеральних добрив на величину елементів структури врожаю рослин сої (табл. 2). Зокрема відмічено збільшення кількості бобів, сформованих на одній рослині, насінин у них та маси 1000 насінин на 27,2-41,6 %, 29,4% і 10,82-15,81 % відповідно. У варіантах застосування біологічного інокулянту значення даних показників підвищувалися на 18,93, 11,76 і 7,08 % відповідно. Поєднання інокуляції насіння і обробки посівів стимулятором росту виявилось більш ефективним, на що вказує підвищення значень досліджуваних елементів структури врожаю щодо контролю на 42,4 %, 23,5 % і 8,56 % відповідно. Найвищі значення кількості бобів, сформованих на одній рослині, насінин у них та маси 1000 насінин були відмічені за комплексного застосування біологічного інокулянту і стимулятора росту на фоні внесення N₂₀P₆₀K₆₀.

Кількість рослин на одиниці площі, сформованих на них плодоелементів, маса 1000 насінин визначили величину урожайності насіння сої. Її значення зростали по мірі покращання поживного режиму рослин і в середньому за 2 роки досліджень були найвищими (1,98 т/га) у варіанті Ризоактив соя + NORDAGRI Growth Stage + N₂₀P₆₀K₆₀. (табл. 3).

В цілому по досліді внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню урожайності насіння сої на 0,25-0,29 т/га. Проведення допосівної інокуляції насіння надало можливість підвищити рівень насіннєвої продуктивності посівів сої на збільшувало значення даного показника на 0,06 т/га. У варіантах комплексного застосування біологічного інокулянту і регулятора росту рослин значення даного показника підвищувались на 0,16 т/га.

Таблиця 2

Індивідуальна продуктивність рослин сої залежно від застосування мінеральних добрив, біологічного інокулянту та стимулятора росту рослин, (2024-2025 рр.)

Варіанти застосування біодобрива і стимулятора росту рослин	Кількість бобів на 1 рослині, шт.	Кількість насінин у 1 бобу, шт.	Маса 1000 насінин, г
$N_0 P_0 K_0$			
контроль	13,2	1,7	128,4
Ризоактив соя	15,7	1,9	137,5
Ризоактив соя + NORDAGRI Growth Stage	18,8	2,1	139,4
$N_0 P_{40} K_{40}$			
контроль	16,8	2,2	142,3
Ризоактив соя	18,5	2,2	146,8
Ризоактив соя + NORDAGRI Growth Stage	19,7	2,4	153,7
$N_{20} P_{60} K_{60}$			
контроль	18,7	2,2	148,7
Ризоактив соя	20,5	2,4	155,3
Ризоактив соя + NORDAGRI Growth Stage	22,3	2,5	158,4

Таблиця 3

Урожайність насіння сої залежно від застосування мінеральних добрив, біологічного інокулянту та стимулятора росту рослин, т/га (2024-2025 рр.)

Варіанти застосування мікробіологічного препарату	Урожайність насіння, т/га		Середнє за 2 роки, т/га
	2024	2025	
N ₀ P ₀ K ₀			
контроль	1,08	1,65	1,37
Ризоактив соя	1,13	1,72	1,43
Ризоактив соя + NORDAGRI Growth Stage	1,21	1,84	1,53
N ₀ P ₄₀ K ₄₀			
контроль	1,35	1,89	1,62
Ризоактив соя	1,42	1,97	1,70
Ризоактив соя + NORDAGRI Growth Stage	1,57	2,13	1,85
N ₂₀ P ₆₀ K ₆₀			
контроль	1,39	1,93	1,66
Ризоактив соя	1,49	2,07	1,78
Ризоактив соя + NORDAGRI Growth Stage	1,72	2,24	1,98

HIPO,95, m/za A – 0,08; B – 0,010; AB – 0,12

Висновки та перспективи подальших досліджень. На основі представлених результатів можна зробити висновок, що внесення мінеральних добрив у комплексі із застосуванням біологічного інокулянту і стимулятора росту рослин є дієвим способом зростання рівня урожайності насіння сої. На це вказує збільшення величини даного показника до 1,98 т/га у варіанті Ризоактив соя + NORDAGRI Growth Stage + $N_{20}P_{60}K_{60}$ у роки із низьким рівнем зволоження. Проведення допосівної інокуляції насіння надало можливість збільшити урожайність насіння до 1,43 т/га, а у варіантах її поєднання із обробкою посівів стимулятором росту рослин величина даного показника становила 1,53 т/га. Прибавка урожайності насіння від внесення мінеральних добрив була на рівні 0,25-0,29 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Vogel J.T., Liu W., Olhoft P., Crafts-Brandner S.J., Pennycooke J.C., Christiansen N. Soybean yield formation physiology – a foundation for precision breeding based improvement. *Frontiers in Plant Science*, 2021. 12:719706. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.719706>
2. Zainab A., Morteza S.D., Amir A.M. Effect of different levels of nitrogen fertilizer on morphological traits and yield of soybean cultivar. *Advances in Environmental Biology*. 2014. 8. 334–337.
3. Xu L., Du B., Xu B. A systematic, comparative study on the beneficial health components and antioxidant activities of commercially fermented soy products marketed in China. *Food Chemistry*. 2015. 174. 202–213. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.014>
4. Namvar A., Seyed Sharifi R., Khandan T., Jafari Moghadam M. Seed inoculation and inorganic nitrogen fertilization effects on some physiological and agronomical traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in irrigated condition. *Journal of Central European Agriculture*. 2013. 14(3). 28–40. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.3.1281>
5. Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., Piķula W., Janiczak-Pieniązek M. Effect of nitrogen fertilization and inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* on nodulation and yielding of soybean. *Agronomy*. 2023. 13. 1341. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051341>
6. Gaspar A., Laboski C., Naeve S., Conley S. Dry matter and nitrogen uptake, partitioning, and removal across a wide range of soybean seed yield levels. *Crop Science*. 2017. 57. 2170–2182. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.05.0322>
7. Helios W., Serafin-Andrzejewska, M., Kozak M., Lewandowska S. Impact of nitrogen fertilisation and inoculation on soybean nodulation, nitrogen status, and yield in a central european climate. *Agriculture*. 2025. 15. 1654. <https://doi.org/10.3390/agriculture15151654>
8. Jarecki W., Borza I.M., Rosan C.A., Vicas S.I., Domuta C.G. Soybean response to seed inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and/or nitrogen Fertilization. *Agriculture*. 2024. 14. 1025. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071025>
9. Panasiewicz K., Faligowska A., Szymańska G., Ratajczak K., Sulewska H. Optimizing the amount of nitrogen and seed inoculation to improve the quality and yield of soybean grown in the southeastern Baltic region. *Agriculture*. 2023. 13. 798. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040798>
10. Mourtzinis S., Kaur G., Orlowski J.M., Shapiro C.A., Lee C.D. Wortmann C., Holshouser D., Nafziger E.D., Kandel H., Niekamp J. Soybean response to nitrogen application across the United States: A synthesis-analysis. *Field Crops Research*. 2018. 215. 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.035>
11. Carstensen A., Szameitat A.E., Frydenvang J., Husted S. Chlorophyll a fluorescence analysis can detect phosphorus deficiency under field conditions and is an effective tool to prevent grain yield reductions in spring barley (*Hordeum vulgare*, L.). *Plant and Soil*. 2019. 434: 79–91. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3783-6>

12. Djouider S.I., Gentzbittel L., Jana R., Rickauer M., Ben C., Lazali M. Contribution to improving the chickpea (*Cicer arietinum* L.) efficiency in low-phosphorus farming systems: assessment of the relationships between the P and N nutrition, nodulation capacity and productivity performance in P-deficient field conditions. *Agronomy*. 2022. 12. 3150. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123150>
13. Anschutz U., Becker D., Shabala S. Going beyond nutrition: regulation of potassium homeostasis as a common denominator of plant adaptive responses to environment. *Journal of Plant Physiology*. 2014. 171: 670–687. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.01.009>
14. Van Oosten M.A., Pepe O., Pascale S.D., Silletti S., Maggio A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2017. 4:5. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
15. Singh J., Takhur J.K. Photosynthesis and abiotic stress in plants. In: Vats S., editor. *Biotic and abiotic stress tolerance in plants*. Singapore: Springer Nature Singapore Private Ltd; 2018. pp. 27–46 https://doi.org/10.1007/978-981-10-9029-5_2
16. Du Jardin P. The science of plant biostimulants A bibliographic analysis, Ad hoc Study Report. 2012. Brussels: European Commission. Available from: <http://hdl.handle.net/2268/169257>
17. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вищ. шк., 1994. 334.
18. William M. Gray hormonal regulation of plant growth and development *PLoS Biology*. 2004. 14. 2(9):e311. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020311>
19. Buczek J., Bobrecka-Jamro D., Jańczak-Pieniązek, M. Photosynthesis, yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under different soil-tillage systems. *Sustainability*. 2022. 14. 4903. <https://doi.org/10.3390/su14094903>

Дата першого надходження статті до видання: 29.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.854.78:632.954

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.13>

ВПЛИВ АЛГОРИТМІВ ГЕРБІЦИДНОГО ЗАХИСТУ ЗА СИСТЕМОЮ CLEARFIELD® НА ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ФЕНОЛОГІЧНИХ ТА БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОНЯШНИКА

Жуйков О.Г. – д.с.-г.н.,

професор кафедри землеробства,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-5762-7934

Середюк В.Ю. – аспірант кафедри землеробства,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0009-0009-9004-9820

У статті проаналізовано результати дворічних наукових досліджень щодо вибору алгоритму контролю забур'яненості в агроценозі гібриду соняшника НК Неома за різних норм висіву культури в системі Clearfield®. Наведені отримані експериментальні результати щодо фенологічних показників (час настання і загальна тривалість основних періодів росту і розвитку соняшника, результати дослідження польової схожості культури за варіантами досліду, візуальна оцінка наявності ознак гербіцидного стресу на фоні зростаючих норм внесення гербіцидів імідазолінонової групи, а також загальний підсумковий коефіцієнт виживання рослин соняшника впродовж вегетаційного періоду). Також дана агробіологічна оцінка комплексу біометричних показників рослин соняшника, що були сформовані за вирощування культури в системі Clearfield® за різних норм висіву насіння, а саме: висота рослин культури в динаміці за основними фенологічними фазами, формування кореневої системи на одиниці посівної площі і на одній рослині в повітряно-сухій обліковій масі, особливостям формування асиміляційного апарату рослин соняшника та ефективності його функціонування під впливом факторів, що вивчалися в досліді. Доведено, що за рекомендованих компаніями-виробниками норм застосування оригінальних гербіцидних сполук (до максимальної разової норми внесення 1,5 л/га включно) були відсутні будь-які візуальні ознаки гербіцидного стресу культури, а контроль забур'яненості в агроценозі дозволяє повною мірою реалізовувати високий генетичний потенціал продуктивності спеціалізованого гібриду НК Неома, адаптованого для вирощування в системі Clearfield®. За результатами досліджень зроблений висновок, що оптимальною нормою висіву зазначеного гібриду є норма 55 тис. насінин/га, а нормою внесення імідазолінонових гербіцидних препаратів Каптора і Такомір – максимальна рекомендована норма 1.5 л/га посіву, котра абсолютно не мала негативного впливу на виживання рослин соняшника впродовж вегетаційного періоду, а також не викликала візуальних ознак гербіцидного стресу, хлорозів і затримки в рості і розвитку.

Ключові слова: соняшник, система контролю забур'яненості Clearfield®, норма внесення гербіциду, норма висіву культури, фенологічні і біометричні показники, коефіцієнт виживання рослин, висота рослин, маса кореневої системи, площа листової поверхні.

Zhuikov O.H., Serediuk V.Yu. The influence of herbicide protection algorithms according to the Clearfield® system on the formation of a complex of phenological and biometric indicators of sunflower

The article analyzes the results of two-year scientific research on the choice of an algorithm for weed control in the agrocenosis of the sunflower hybrid NK Neoma at different crop seeding rates in the Clearfield® system. The obtained experimental results regarding phenological indicators are presented (the time of onset and total duration of the main periods of growth and



development of sunflower; the results of the field germination study of the crop according to the experimental variants, the visual assessment of the presence of signs of herbicide stress against the background of increasing rates of application of imidazolinone group herbicides, as well as the overall final survival rate of sunflower plants during the growing season). An agrobiological assessment of the complex of biometric indicators of sunflower plants that were formed during cultivation of the crop in the Clearfield® system at different seed sowing rates is also given, namely: the height of crop plants in dynamics according to the main phenological phases, the formation of the root system per unit of sown area and per plant in air-dry accounting weight, the features of the formation of the assimilation apparatus of sunflower plants and the efficiency of its functioning under the influence of the factors studied in the experiment. It has been proven that at the rates of application of original herbicide compounds recommended by the manufacturing companies (up to the maximum single application rate of 1.5 l/ha inclusive), there were no visual signs of herbicide stress in the crop, and weed control in the agrocenosis allows for the full realization of the high genetic potential of productivity of the specialized hybrid NK Neoma, adapted for cultivation in the Clearfield® system. According to the results of the research, it was concluded that the optimal sowing rate for the specified hybrid is 55 thousand seeds/ha, and the rate of application of the imidazolinone herbicides Kaptora and Takomyr is the maximum recommended rate of 1.5 l/ha of sowing, which had absolutely no negative impact on the survival of sunflower plants during the growing season, and also did not cause visual signs of herbicide stress, chlorosis, and growth and development retardation.

Key words: *sunflower, Clearfield® weed control system, herbicide application rate, crop seeding rate, phenological and biometric indicators, plant survival rate, plant height, root system mass, leaf surface area.*

Постановка проблеми. На сьогодні соняшник є ведучою олійною культурою вітчизняних польових сівозмін, продукція якої формує значну частку валютних надходжень від експорту сільськогосподарської сировини і продукції. Серед ключових факторів, що обмежують реалізацію генетичного потенціалу культури, особливе місце займає забур'яненість посівів. Застосування гербіцидів, хоча і є ефективним методом контролю бур'янів, але також може негативно впливати на ріст і розвиток культурних рослин, особливо на ранніх етапах органогенезу. Тому дослідження впливу різних препаратів та їх норм на польову схожість та початковий ріст соняшнику є актуальним науковим завданням [1, с. 59; 11, с. 134]. Одним з недостатньо вивчених напрямків досліджень цього питання є використання певних відомих на інших культурах гербіцидів шляхом підбору норм, строків, прийомів внесення тощо. При цьому стоїть задача навіть не знищити бур'яни, а тільки затримати їх ріст, розвиток, що також дасть позитивні наслідки, якщо не буде пошкоджуватись культурна рослина [2, с. 77]. Гербіциди технології Clearfield® мають системну та ґрунтову дію на однорічні дводольні та злакові, а також на деякі багаторічні бур'яни. Виробнича система Clearfield® ефективна проти звичайних та злісних карантинних бур'янів на соняшнику (наприклад, вовчка). Гербіциди виробничої системи Clearfield® – це унікальна можливість знищення широкого спектра бур'янів через післясходове внесення гербіцидів. Стійкість гібридів соняшнику, що використовуються в системі Clearfield®, досягнута методом традиційної селекції, без застосування генної інженерії. Таким чином, гібриди соняшнику, стійкі до гербіцидів виробничої системи Clearfield® – не трансгенні та не є продуктом генної інженерії [6, с. 125].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемою, з якою стикаються аграрії при вирощуванні соняшника, є поширення бур'янів. У багатьох країнах соняшник не прижився через відсутність ефективних методів боротьби з бур'янами. Однак, технологія Clearfield® пропонує вирішення цієї проблеми. Вона заснована на використанні насіння соняшнику, виведеного з дикого соняшника, який виявився стійким до гербіцидів [3, с. 33]. Агрономи звернули увагу на цю особливість

соняшника, і селекціонери, а не генетики створили культурну рослину, яку почали вирощувати із застосуванням технології Clearfield®. З першими посівами соняшнику за цією технологією в США та Туреччині, де поля були серйозно вражені бур'янами, зрозуміли, що ця технологія ефективна [4, с. 120]. Гібриди, розроблені для цієї технології, мають високу стійкість до посухи і вилягання. Вони також стійкі до різних захворювань і шкідників, таких як борошниста роса, біла та сіра гнилі, фомоз, фомопсис та інші. Основні переваги – високий урожай та вміст олії. Серед вітчизняних гібридів, адаптованих до технології Clearfield®, варто відзначити гібрид Богдан, який не поступається імпортованим гібридам [8, с. 43; 12, с. 105]. Другий компонент технології – гербіцид, що складається з двох основних компонентів: імазапір (15 г/л) та імазамокс (33 г/л). Перший є широко гербіцидом, а другий – селективним. Обидва компоненти є високоефективними засобами боротьби з бур'янами. Об'єднання цих двох компонентів дало унікальний засіб із особливими властивостями, які не мають інших препаратів. Такий препарат ефективно знищує всі види бур'янів на наших полях, включаючи зарази, осот, амброзію та інші. Обидва компоненти гербіциду проникають у рослини через коріння та листя. Дія препарату заснована на інгібуванні певного ферменту, який присутній тільки у рослин та бактерій. Відсутність цього ферменту у тварин забезпечує безпеку препарату для людини [10]. Крім того, даний пестицид утворює захисний шар у ґрунті, запобігаючи проростанню бур'янів. Тому соняшник, що вирощується за системою Clearfield®, залишається вільним від бур'янів до моменту збирання врожаю. Для збереження ефективності препарату не рекомендується проводити механічну обробку міжрядь після застосування, щоб не порушити створений гербіцидний бар'єр [5]. Оптимальний час для застосування препарату – фаза розвитку соняшнику з чвертю справжнього листка. Важливою умовою є використання гібридів, які підходять для системи Clearfield®. Постачальник насіння має гарантувати стійкість гібрида до спеціального гербіциду [5, 9, с. 32]. Якщо розглядати застосування гербіциду для боротьби з бур'янами, оптимальним часом буде активне зростання бур'янів у початковій фазі розвитку. Зазвичай це відповідає фазі розвитку соняшнику з чотирма-шістьма справжніми листками [4, с. 121, 10]. Переваги системи вирощування соняшнику Clearfield®: потрібна лише одна обробка протягом усього періоду росту рослини, система забезпечує знищення всіх видів бур'янів, завдяки чому посіви залишаються чистими до збирання врожаю; дія гербіциду не залежить від вологості та кількості опадів, забезпечуючи надійний захист рослин, застосування системи Clearfield® зручне та високотехнологічне; після збирання соняшника, вирощеного за системою Clearfield®, рекомендується включати в сівозміну такі культури: озиму та яру пшеницю, жито, горох, овес, ярий ячмінь, сою або кукурудзу. При цьому необхідно враховувати обмеження щодо строків посіву, зазначені виробником гербіциду; в посівах зазначених культур може виникнути необхідність боротьби з падалицею соняшнику, яка може бути стійкою до гербіцидів з інгібіторною дією, таким як триазолпіримідин, імідазолін та сульфонімочевини; для знищення падалиці рекомендується використовувати пестициди з іншим механізмом дії, наприклад регулятори росту, такі як МЦПА, клопіралід, дикамб і 2,4-Д. [11, с. 134].

Постановка завдання. До завдань наукового дослідження входило проаналізувати передумови виникнення і становлення технології Clearfield® в історичній ретроспективі, виявити як позитивні, так і негативні аспекти її застосування за вирощування соняшника в сучасних економічних та виробничих світових та вітчизняних реаліях, дослідити ефективність зазначеної технології у порівнянні як з класичною

гербіцидною технологією вирощування культури, так і сучасними альтернативними технологіями. Дослід двохфакторний, в якому фактор А був представлений сучасними страховими гербіцидними препаратами, адаптованими до використання в технології Clearfield® (Каптора та Такомир за мінімальної, середньої та максимальної рекомендованої виробником норми внесення), котрі застосовувалися однократно згідно технологічного регламенту, а фактор В – кратно зростаючими нормами висіву насіння культури на одиницю площі (50, 55 та 60 тис. шт./га). Характеристика гербіцидного препарату Каптора (імазамокс 33 г/л + імазапір 15 г/л, водний концентрат), норма внесення 1,0-1,2 л/га; Такомир (імазамокс 40 г/л, розчинний концентрат) за норми внесення 1,0-1,5 л/га. За всіма препаратами фірмою-виробником передбачене однократне застосування. В досліді вивчався гібрид соняшнику НК Неома селекції компанії Syngenta. Повторність у досліді трьохкратна, загальна площа дослідної ділянки становить 1,45 га, з них захисні смуги – 0,1 га; кількість варіантів досліду – 21, кількість дослідних ділянок в досліді – 63, загальна площа ділянки першого порядку – 140 м² (довжина – 6,5 м, ширина – 5,6 м), облікова – 125 м² (довжина – 22,3 м, ширина – 5,6 м). Ділянки в досліді розміщувалися методом розщеплених блоків із частковою рендомізацією за фактором В.

Виклад основного матеріалу дослідження. Погодні умови у період 2024 року у фази, сівба-сходи, характеризувались достатньою кількістю опадів та помірними температурами, що забезпечило отримання дружних сходів. На контрольних ділянках польова схожість становила 90-92%. При застосуванні гербіциду Каптора спостерігалась незначна тенденція до збільшення схожості – на 1-2% порівняно з контролем. Незважаючи на більш ранній строк сівби, у 2025 році спостерігалась аналогічна закономірність. Середня польова схожість на контрольних ділянках становила 90-92%. Варіанти з внесенням Каптори забезпечили схожість на рівні 92-94%, Такомиру – 90-94%. Слід відмітити, що за роки проведення досліджень візуальні спостереження не виявили ознак фітотоксичності препаратів: сходи були рівномірними, без проявів хлорозу чи некрозу листків (табл. 1, 2).

На контрольних ділянках польова схожість становила 90-92%. При застосуванні гербіциду Каптора спостерігалась незначна тенденція до збільшення схожості – на 1-2% порівняно з контролем. Незважаючи на більш ранній строк сівби, у 2025 році спостерігалась аналогічна закономірність. Середня польова схожість на контрольних ділянках становила 90-92%. Варіанти з внесенням Каптори забезпечили схожість на рівні 92-94%, Такомиру – 90-94%.

Одне з важливих показників було те що в обидва роки досліджень візуальні спостереження не виявили ознак фітотоксичності препаратів – сходи були рівномірними, без проявів хлорозу чи некрозу листків.

Отже, можна зробити висновок що досліджувані гербіциди при застосуванні в рекомендованих нормах не спричиняють критичного зниження польової схожості гібриду соняшнику НК Неома. Різниця між варіантами досліду не перевищувала 6%, що знаходиться в межах допустимих відхилень. Гербіцид Каптора характеризується більш м'якою дією на культурні рослини. При збільшенні дози з 1,0 до 1,2 л/га не спостерігається суттєвого негативного впливу на польову схожість. А гербіцид Такомир проявляє тенденцію до посилення впливу на схожість при збільшенні дози внесення. Оптимальною можна вважати дозу 1,25 л/га, яка забезпечує достатній рівень схожості (91-92%) при збереженні гербіцидної активності. Найбільш збалансованим варіантом виявилися варіанти із застосуванням Каптори 1,2 л/га та Такомиру 1,25 л/га, які забезпечили стабільну схожість на рівні 91-93% незалежно від умов року.

Таблиця 1

**Облік польової схожості соняшника НК Неома
в залежності від фактору дослідів (2024 р.)**

Дата обліку	Варіант			Дата сівби	Кількість насіння, шт./м ²	Кількість сходів, шт./м ²	Схожість, %	Візуальні ознаки
15.06.2024	Контроль	Контроль	Контроль	30.05.2024	5,0	4,5	90	Сходи рівномірні, без ознак ураження
	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га		5,0	4,6	92	
	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га		5,5	5,1	93	
	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га		6,0	5,5	92	
	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га		5,0	4,6	92	
	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га		5,5	5,0	91	
	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га		6,0	5,4	90	
	Контроль	Контроль	Контроль		5,0	4,6	92	
	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га		5,0	4,7	94	
	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га		5,5	5,2	95	
	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га		6,0	5,6	93	
	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га		5,0	4,7	94	
	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га		5,5	5,1	93	
	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га		6,0	5,5	92	
	Контроль	Контроль	Контроль		5,0	4,6	92	
	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га		5,0	4,6	92	
	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га		5,5	5,1	93	
	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га		6,0	5,5	92	
	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га		5,0	4,6	92	
	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га		5,5	5,0	91	
	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га		6,0	5,4	90	

Важливим морфологічним показником для рослини є динаміка її висоти впродовж вегетаційного періоду, що характеризує інтенсивність ростових процесів та реакцію культури на застосування засобів захисту рослин. Дослідження динаміки росту соняшнику в умовах гербіцидного навантаження дозволяє оцінити фітотоксичний вплив препаратів та оптимізувати систему захисту посівів. В досліді нами проводилося дослідження висоти рослин проводилось у три ключові фази розвитку культури: 3-4 листки, утворення кошика та цвітіння (рис. 1, 2).

За період 2024 року, у фазу 3-4 листків культури найвищі показники зафіксовано на контрольних ділянках (26,9-27,1 см). При застосуванні Каптори спостерігалось поступове зниження висоти рослин зі збільшенням дози препарату: від 26,5-26,8 см при нормі 1,0 л/га до 25,5-26,7 см при 1,2 л/га. Варіанти з Такомиром характеризувались більш вираженим пригніченням ростових процесів – висота варіювала від 25,0-25,8 см при мінімальній нормі, до 23,0-24,7 см при максимальній.

Таблиця 2

**Облік польової схожості соняшника НК Неома
в залежності від фактору дослідів (2025 р.)**

Дата обліку	Варіант			Дата сіви	Кількість насіння, шт./м ²	Кількість сходів, шт./м ²	Схожість, %	Візуальні ознаки
05.06.2025	Контроль	Контроль	Контроль	20.05.2025	5,0	4,5	90	Сходи рівномірні, без ознак ураження
	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га		5,0	4,6	92	
	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га		5,5	5,0	90	
	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га		6,0	5,6	93	
	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га		5,0	4,6	92	
	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га		5,5	5,1	92	
	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га		6,0	5,4	90	
	Контроль	Контроль	Контроль		5,0	4,6	92	
	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га		5,0	4,7	94	
	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га		5,5	5,1	92	
	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га		6,0	5,6	93	
	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га		5,0	4,5	90	
	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га		5,5	5,1	92	
	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га		6,0	5,6	93	
	Контроль	Контроль	Контроль		5,0	4,6	92	
	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га		5,0	4,5	90	
	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га		5,5	5,0	90	
	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га		6,0	5,4	90	
	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га		5,0	4,7	94	
	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га		5,5	5,0	90	
	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га		6,0	5,5	91	

Різниця між варіантами зберігалась у фазі утворення кошика. Контрольні рослини досягли висоти 191,2-192,0 см. На ділянках з внесенням Каптори показник становив 186,8-189,8 см, Такомиру – 180,5-189,1 см. У фазі цвітіння висота рослин склала: контроль: 171,5-178,0 см; Каптора: 169,2-171,2 см; Такомир: 162,5-169,8 см. У фазі 3-4 листків висота контрольних рослин становила 26,8-27,0 см. При застосуванні гербіцидів спостерігалось зниження показника: Каптора 1,0-1,2 л/га: 25,7-26,8 см; Такомир 1,0-1,5 л/га: 23,0-26,0 см.

Максимальну висоту (191,5-192,0 см) зафіксовано на етапі формування кошика, контроль. Отже, застосування досліджуваних гербіцидів спричиняє певне пригнічення ростових процесів соняшнику, особливо на початкових етапах розвитку. Гербіцид Каптора характеризується м'якшим впливом на висоту рослин порівняно з Такомиром. При збільшенні норм внесення посилюється ефект пригнічення, проте різниця з контролем не перевищує критичних значень. На ростові процеси з точки зору впливу оптимальними є варіанти Каптора 1,1 л/га та Такомир

1,25 л/га, які забезпечують прийнятний баланс між ефективністю контролю бур'янів та розвитком культурних рослин.

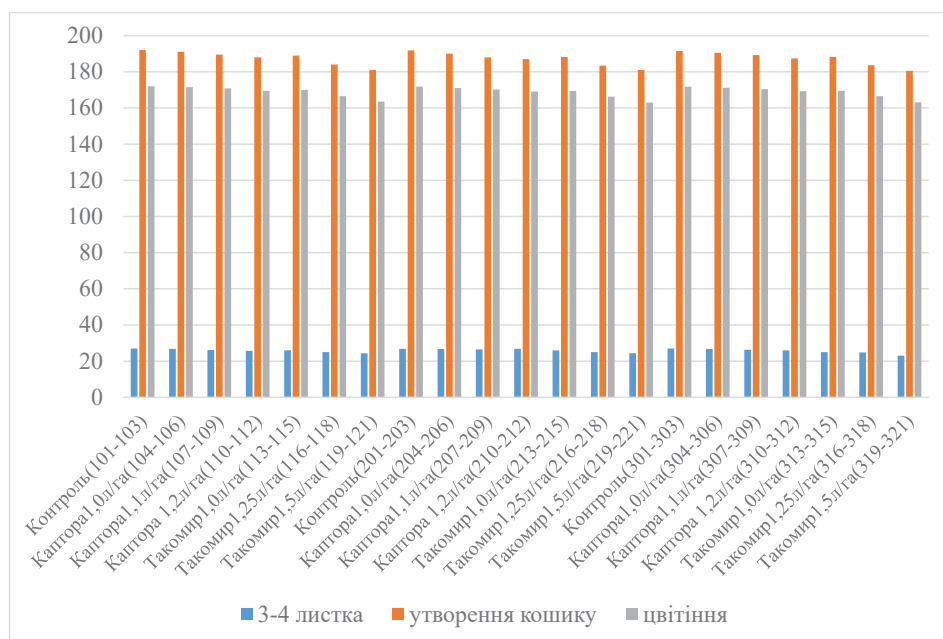


Рис. 1. Висота рослин соняшника в залежності від варіанту дослідів (2024 р.), см

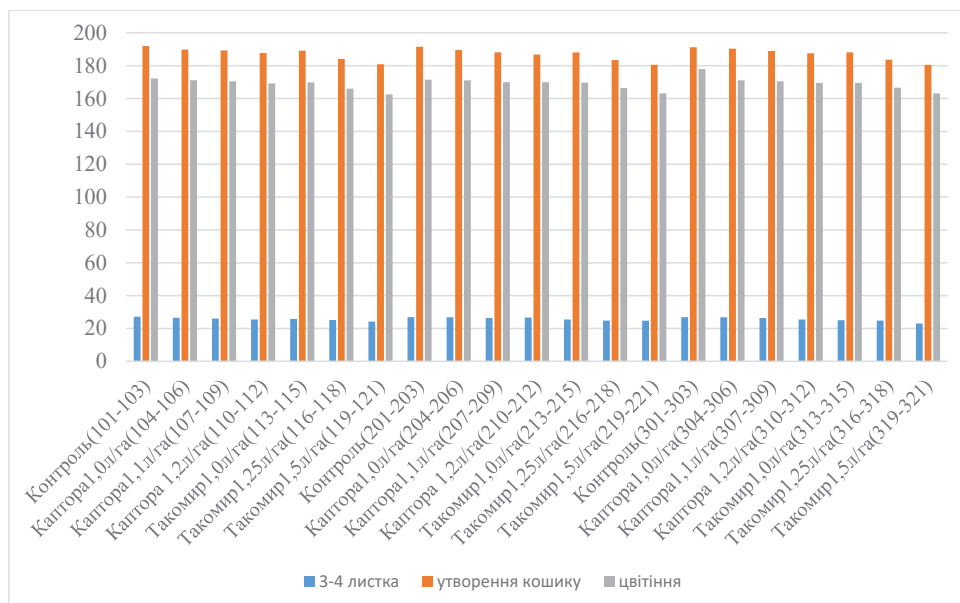


Рис. 2. Висота рослин соняшника в залежності від варіанту дослідів (2025 р.), см

Ключову роль у забезпеченні рослин водою та поживними речовинами відіграє коренева система. Дослідження впливу гербіцидів на розвиток кореневої системи дозволяє оцінити фізіологічну реакцію культури на хімічне навантаження та оптимізувати систему захисту посівів. Визначення маси кореневої системи проводилось методом монолітів у три основні фази розвитку: 3-4 листка, утворення кошика і цвітіння.

За період 2024 року у фазі 3-4 листків на контрольних ділянках маса кореневої системи становила 2,7 г/рослину. При застосуванні Каптори спостерігалась тенденція до підвищення показника: коливались показники від 3,3 до 3,9 г/рослину. При застосуванні гербіциду Такомир має більш вираженим вплив: 1,0 л/га – 3,0 г/рослину; 1,25 л/га – 3,3 г/рослину і 1,5 л/га – 3,6 г/рослину. Слід також відмітити, що маса кореневої системи у фазу утворення кошиків суттєво збільшилась, проте зберігалась диференціація між варіантами (табл. 3, рис. 3).

Таблиця 3

Результати обліку маси кореневої системи гібриду соняшнику НК Неома за роки проведення дослідження, г повітряно-сухої маси

Варіант			3-4 листки		бутоні- зація		цвітіння	
			2024 р.	2025 р.	2024 р.	2025 р.	2024 р.	2025 р.
Контроль	Контроль	Контроль	2,7	2,4	45,6	44,4	75,9	74,7
Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	3,3	3,0	49,5	48,3	82,2	80,4
Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	3,6	3,3	53,4	51,9	88,5	86,7
Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	3,9	3,6	57,3	56,1	94,8	92,7
Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	3,3	3,0	49,2	48,0	81,9	80,1
Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	3,6	3,3	53,1	51,6	88,2	86,4
Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	3,9	3,6	57,0	55,8	94,5	92,4
Контроль	Контроль	Контроль	2,7	2,4	45,6	44,4	75,9	74,7
Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	3,3	3,0	49,5	48,3	82,2	80,4
Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	3,6	3,3	53,4	51,9	88,5	86,7
Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	3,9	3,6	57,3	56,1	94,8	92,7
Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	3,3	3,0	49,2	48,0	81,9	80,1
Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	3,6	3,3	53,1	51,6	88,2	86,4
Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	3,9	3,6	57,0	55,8	94,5	92,4
Контроль	Контроль	Контроль	2,7	2,4	45,6	44,4	75,9	74,7
Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	3,3	3,0	49,5	48,3	82,2	80,4
Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	3,6	3,3	53,4	51,9	88,5	86,7
Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	3,9	3,6	57,3	56,1	94,8	92,7
Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	3,3	3,0	49,2	48,0	81,9	80,1
Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	3,6	3,3	53,1	51,6	88,2	86,4
Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	3,9	3,6	57,0	55,8	94,5	92,4

У фазу утворення кошика залежність була наступною: контроль 74,7-75,9 г/рослину; Каптора (1,0-1,2 л/га) 80,1-94,8 г/рослину; Такомир (1,0-1,5 л/га) 80,1-88,2 г/рослину. Найінтенсивніший приріст кореневої системи спостерігався в період від утворення кошика до цвітіння. Різниця між варіантами була найбільш вираженою у фазі 3-4 листків, та до фази цвітіння відносна різниця між варіантами зменшувалась. Також вплив на кореневу систему гібриду соняшника НК Неома мали і гербіциди, Каптора проявляла помірний вплив на розвиток кореневої системи а Такомир характеризувався більш вираженою дією, особливо при максимальних дозах.



Рис. 3. Загальний вигляд кореневої системи соняшника за варіантами дослідів

Ефект пригнічення посилювався зі збільшенням норми внесення обох препаратів. Можна зробити висновок, що досліджувані гербіциди впливають на формування кореневої системи соняшнику, причому ступінь впливу залежить від діючої речовини та норми внесення. Гербіцид Каптора демонструє більш м'який вплив на розвиток кореневої системи порівняно з Такомиром. При внесенні рекомендованих норм негативний вплив на розвиток кореневої системи не перевищує критичних значень та компенсується ефективним контролем забур'яненості.

Загальновідомим є той факт, що найбільш показовим критерієм, за яким необхідно проводити оцінку та прогнозувати перспективу продуктивних процесів в рослинному організмі, є його листовий апарат і принципи його функціонування. Якщо проаналізувати наукові праці Гармашова В.В., Базалія В.В., Домарацького Є.О., Мельника А.В., можна зробити висновок, що будь-який агроприйм, спрямований на покращення функціонування асиміляційного апарату соняшника або пролонгацію його активного періоду, очевидним позитивним чином покращує загальну продуктивність агроценозу. Результати наших наукових досліджень з цього питання наведені у табл. 4.

В досліді нами відмічена чітка тенденція, згідно якої із збільшенням норми внесення страхового гербіциду площа листової поверхні зростала, а своїх максимальних значень вона набула за всіма варіантами дослідів в останню фенологічну фазу проведення дослідження – фазу цвітіння. Треба зазначити, що істотної різниці за показником динаміки площі листової поверхні між препаратами Каптора та Такомир в досліді нами не зафіксовано.

Таблиця 4

**Динаміка формування площі листкової поверхні гібриду соняшника НК
Неома за варіантами дослідів, тис. м²/га (середнє за 2024-2025 рр.)**

Варіант			3-4 листки	бутоні- зація	цвітіння
Контроль	Контроль	Контроль	4,3	29,0	40,2
Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	4,9	31,8	43,0
Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	5,2	34,2	45,6
Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	5,5	36,3	48,2
Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	4,8	34,5	42,8
Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	5,1	34,0	45,4
Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	5,4	36,1	48,0
Контроль	Контроль	Контроль	4,3	29,1	40,2
Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	4,9	31,8	43,0
Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	5,4	34,2	45,8
Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	5,5	36,3	48,2
Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	4,8	34,6	42,8
Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	5,2	34,0	45,4
Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	5,5	36,1	48,4
Контроль	Контроль	Контроль	4,2	29,2	40,1
Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	Каптора 1,0 л/га	4,9	31,8	43,0
Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	Каптора 1,1 л/га	5,3	34,2	45,7
Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	Каптора 1,2 л/га	5,5	36,4	48,2
Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	Такомир, 1,0 л/га	4,8	34,5	42,8
Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	Такомир, 1,25 л/га	5,1	34,0	45,4
Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	Такомир, 1,5 л/га	5,4	36,2	48,0

Висновки і пропозиції.

1. Система контролю забур'яненості в агроценозі соняшника Clearfield® на сьогодні є найбільш ефективною і технологічною з огляду на спектр бур'янів, що є чутливими до імідазолінової групи гербіцидів, регламент їх застосування і майже повну відсутність залишкового гербіцидного впливу на наступні культури сівозміни.

2. Найбільш ефективною нормою застосування визнана максимальна рекомендована компанією-виробником норма 1,5 л/га: саме за цим варіантом дослідів відмічені найбільш оптимальні показники культури як за комплексом фенологічних оціночних критеріїв (повнота сходів, польова схожість і загальне виживання рослин соняшника в агроценозі), так і біометричних показників (висота рослин, коренева біомаса, площа асиміляційного апарату).

3. Дослідження норми висіву культури дає можливість зробити висновок, що збільшення зазначеного показника вище за 55 тис. схожих насінин/га є недоцільним: саме за даної градації фактору В всі фенологічно-біометричні показники, що вивчалися, характеризувалися максимальними проявами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Андрійченко Л. Соняшник під сонцем, вирощування на півдні України в короткоротаційний сівозмінах. *Farmer*. 2016. № 5. С. 58–60.
2. Базалій В.В., Домацький Є.О., Добровольський А.В. Агротехнічний спосіб пролонгації фотосинтетичної діяльності рослин соняшнику. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. № 4 (92). С. 77–84.
3. Грицев Д.А. Особливості формування урожаю соняшника при вирощуванні за різних систем контролю забур'яненості. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2015. Вип. 76. С. 31–40.
4. Димитров С. Г. Стабільність та пластичність сучасних гібридів соняшнику. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. Київ, 2015. №. 3. С. 117–124.
5. Дяченко О. Шляхи підвищення урожайності соняшнику в умовах сучасних інтеграцій процесів України. *Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського*. URL: <http://www.nbuv.gov.ua> (дата звернення: 25.03.2026).
6. Єременко О.А., Каленська С.М., Калитка В.В., Малкіна В.М. Урожайність соняшнику залежно від агрометеорологічних умов південного степу України. *Агробіологія*. 2017. Вип. 2. С. 123–130.
7. Жигайло О.Л., Жигайло Т.С. Моделювання продуктивності соняшнику в умовах майбутніх змін клімату в Україні за сценаріями антропогенного впливу RCP. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2017. Т. 20. С. 71–78.
8. Жушков О.Г., Бурдюг О.О. Дослідження продуктивності та якісних показників гібридів соняшника середньоранньої групи за різних технологій вирощування в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 109. Том 1. С. 42–48.
9. Жушков О.Г., Лаврись В.Ю. Кількісно-якісні показники функціонування асиміляційного апарату соняшника декоративного за різних норм висіву насіння в умовах південного степу України. *Зрошуване землеробство*. 2022. Вип. 77. С. 32–35.
10. Марков І. Захисні заходи під час вирощування соняшника. Агробізнес сьогодні. URL: <http://www.agro-business.com> (дата звернення: 01.04.2026).
11. Матейчук Ю. В. Шляхи підвищення економічної ефективності вирощування соняшнику. *Міжнародний науковий журнал*. Одеса, 2015. № 9. С. 133–136.
12. Рязанов С.Ф., Шевчук О.А. Обсяг застосування та екотоксична оцінка хімічних засобів захисту рослин. *Захист рослин*. Київ, 2018. № 8. С. 102–117.

Дата першого надходження статті до видання: 22.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.11:631.526:631.53.04

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.14>

ОСІННІЙ РОЗВИТОК РОСЛИН РІЗНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Засєць С.О. – д.с.-г.н., професор,

завідувач відділу кліматично орієнтованих агротехнологій,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-7853-7922

Власенко С.В. – аспірант Інституту кліматично орієнтованого

сільського господарства НААН,

молодший науковий співробітник відділу агрономіторингу та інноваційних

технологій сільськогосподарських культур,

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0001-5842-862X

У статті висвітлено особливості росту та розвитку рослин перспективних сортів пшениці м'якої озимої Селекційно – генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН (м. Одеса) в осінній період вегетації залежно від строків сівби. Метою дослідження є визначення особливостей формування біометричних показників сучасних сортів пшениці м'якої озимої (Катруся Одеська, Довіра Одеська, Гейзер, Пейзаж, Вагома, Громада) залежно від строків сівби в умовах осіннього періоду зони Південного Степу України. У процесі виконання досліджень використовували польовий метод, лабораторний та математично-статистичний методи. Дослідження проводили у 2023–2025 роках із використанням нових сортів Катруся одеська, Довіра одеська, Гейзер, Пейзаж, Вагома та Громада за сівби 25 вересня, 5, 15 і 25 жовтня. Встановлено, що за сівби сортів пшениці озимої 15 жовтня виявлено закономірне зниження ростових показників рослин, водночас кількість рослин на один метр квадратний зростає порівняно до строку сівби 25 вересня та 5 жовтня та становить 322,8 шт./м², а індивідуальна продуктивність рослин залишається низькою, зокрема, середня сира маса однієї рослини зменшилася до 1,3 г, що в 2,4 рази менше порівняно з вересневим посівом. Сорти Гейзер та Громада проявили кращу здатність до формування листового апарату 7,5–7,8 листків за умов дефіциту активних температур, тоді як сорт Пейзаж продемонстрував найнижчу інтенсивність в накопиченні біомаси (до 1,0 г). Найсприятливіші умови для формування добре розвинених рослин забезпечують строки сівби 25 вересня та 5–15 жовтня, за яких оптимальне поєднання температурного режиму і вологозабезпечення посівного шару ґрунту сприяє скороченню міжфазного періоду «сівба – сходи», а також забезпечує інтенсивне кущення та накопичення вегетативної маси рослиною.

Ключові слова: пшениця озима, сорти, строки сівби, кількість рослин, кількість пагонів, вага однієї рослини.

Zaiets S.O., Vlasenko S.V. Autumn plant development of different varieties of winter wheat depending on sowing dates in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

The article highlights the peculiarities of plant growth and development of promising varieties of soft winter wheat of the Breeding and Genetic Institute – National Center for Seed



© Засєць С.О., Власенко С.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Science and Sorting of the NAAS (Odessa) in the autumn vegetation period depending on the sowing dates. The aim of this study is to determine the characteristics of biometric traits in modern soft winter wheat varieties (Katrusia Odeska, Dovira Odeska, Heizer, Peizazh, Vahoma, Hromada) depending on sowing dates during the autumn season in the Southern Steppe region of Ukraine. Field, laboratory, and mathematical-statistical methods were used in the research process. The research was conducted in 2023–2025 using new varieties of Katrusia Odeska, Dovira Odeska, Heizer, Peizazh, Vagoma, and Hromada, sown on September 25, October 5, 15, and 25. It has been established that when winter wheat varieties were sown on October 15, a consistent decline in plant growth indicators was observed; at the same time, the number of plants per square meter increased compared to the sowing dates of September 25 and October 5, reaching 322.8 plants/m², while individual plant productivity remains low; specifically, the average fresh weight of a single plant decreased to 1.3 g, which is 2.4 times less compared to the September sowing. The Heizer and Hromada varieties showed the best ability to develop a leaf canopy of 7.5–7.8 leaves under conditions of active temperature deficit, while the Peizazh variety exhibited the lowest biomass accumulation (rate 1.0 g). The most favorable conditions for the development of well-established plants are provided by sowing dates of September 25 and October 5–15, during which the optimal combination of temperature and moisture levels in the seedbed helps to shorten the “sowing–germination” interval, as well as ensuring intensive tillering and the accumulation of vegetative mass by the plant.

Key words: winter wheat, varieties, sowing dates, number of plants, number of tillers, weight per plant.

Постановка проблеми. В умовах Південного Степу України впродовж останніх років строки сівби сортів пшениці озимої набули статусу одного з провідних агротехнологічних чинників, значущість якого в системі вирощування культури є співставною з іншими ключовими агротехнічними заходами. Обґрунтований вибір оптимального строку сівби визначає інтенсивність осіннього росту та розвитку рослин, впливає на рівень акумуляції пластичних і резервних речовин у листовому апараті та вузлах кушення, а також зумовлює формування адаптивного потенціалу посівів щодо дії несприятливих факторів перезимівлі [1, с. 100; 2, с. 42].

У контексті нинішніх кліматичних змін, що характеризуються зростанням погодної мінливості в осінній період вегетації, оптимізація строків сівби пшениці озимої як складової підвищення енергетичної ефективності технологій у рослинництві набуває пріоритетного значення. Теоретичне обґрунтування цього агротехнічного заходу базується на закономірностях формування кореневої системи та продуктивної куцистості, особливостях накопичення вегетативної маси, а також динаміці лінійного росту рослин до настання зимового періоду. Застосування ранніх строків сівби зазвичай сприяє формуванню добре розвиненої кореневої системи та підвищенню потенціалу кушення. Водночас надмірне зміщення строків сівби в бік більш ранніх може зумовлювати переростання посівів, подовження осіннього періоду вегетації та інтенсивніше використання ґрунтової вологи за умов її обмежених запасів [3, с. 21].

Пізні строки сівби, своєю чергою, зумовлюють ослаблення рослин в осінній вегетації, спричиняють зниження рівень їх зимостійкості та нерівномірність відновлення ростових процесів навесні. За таких умов, порівняно з ранніми строками, відмічається зменшення інтенсивності кушення та коефіцієнта продуктивності рослин, що ускладнює формування оптимальних біометричних параметрів посіву та обмежує реалізацію потенціалу врожайності й якості зерна. Крім того, строки сівби істотно впливають на фітосанітарний стан агроценозу, визначаючи рівень пошкодження рослин шкідливими організмами та ступінь ураження основними хворобами, що в сукупності відображається на стабільності та продуктивності посівів [4, с. 10].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз сучасних зарубіжних наукових джерел демонструє зростання кількості досліджень, спрямованих на адаптацію агротехнічних прийомів до умов кліматичних змін із врахуванням особливостей конкретних ґрунтово-кліматичних зон з метою забезпечення стабільної продуктивності зернових культур. Зокрема, у наукових роботах вказано, що коригування строків сівби та норм висіву є ефективною адаптивною стратегією для підвищення врожайності пшениці за прогнозованих змін клімату [5, с. 1; 6, с. 12]. Дані роботи підкреслює важливість адаптації строків сівби до регіональних погодних умов і кліматичних змін.

Крім того, дослідження вказують, що своєчасне адаптивне регулювання агротехнічних способів вирощування, у тому числі строків сівби, відіграє ключову роль у пом'якшенні негативного впливу змін клімату на продуктивність сільськогосподарських культур і сприяє підтримці продовольчої безпеки [7, с. 45; 8, с. 1].

Такий підхід орієнтований на забезпечення сталого зростання врожайності та формування високих продовольчих якостей зерна провідної зернової культури – пшениці озимої. Зазначена тенденція зумовлена необхідністю мінімізації негативних наслідків глобальних кліматичних трансформацій для продуктивності культури. Стратегічним завданням при цьому є досягнення стабільного рівня врожайності в Україні та інших країнах, а також підвищення якісних показників зерна [9, с. 169; 10, с. 156].

Світовий науковий досвід підтверджує необхідність застосування адаптивних стратегій визначення строків сівби пшениці озимої з урахуванням зональних кліматичних особливостей для підвищення продуктивності та стабільності врожаю. Установлено, що строки сівби істотно впливають на розвиток рослин, використання світлових і теплових ресурсів та потенційну врожайність пшениці озимої. При цьому затримка сівби призводила до зменшення фототермічних ресурсів перед зимівлею та, як наслідок, до зниження продуктивності культури [11, с. 64; 12, с. 11].

Експериментальні дані свідчать, що навіть відхилення від рекомендованого строку сівби на 7–10 днів здатне викликати значну варіабельність продуктивності озимих культур, зокрема сортів пшениці озимої, що пов'язано з міжрічними коливаннями кліматичних умов у зоні вирощування [13, с. 29; 14, с. 361; 15, с. 7].

Таким чином, використання методів багатофакторного аналізу – зокрема оцінювання спільної дії температурного режиму, забезпеченості вологою в осінній період та генетично-біологічних властивостей сорту – дозволяє визначити оптимальні строки сівби, що забезпечують максимальну реалізацію продуктивного потенціалу рослин в конкретних агрокліматичних умовах [16, с. 104; 17, с. 39; 18, с. 83].

Оптимізація строків сівби в межах конкретних агроекологічних зон вирощування, зокрема в умовах Південного Степу України, розглядається як один із визначальних чинників підвищення врожайності та зниження собівартості виробництва зерна. Адаптація строків сівби до регіональних ґрунтово-кліматичних умов сприяє раціональному використанню ресурсного потенціалу та мінімізації виробничих витрат, що підтверджується результатами сучасних досліджень [19, с. 119; 20, с. 169].

Сукупність таких чинників, як надмірне зволоження посівного шару ґрунту в окремі роки, подовження осінньої вегетації, теплі зими з частими відлигами та відсутністю сталого снігового покриву, а також скорочення тривалості весняного періоду, зумовлює необхідність коригування традиційних строків сівби озимих

зернових культур, зокрема пшениці озимої. Подібні тенденції відзначено в роботах українських науковців, які обґрунтовують доцільність перегляду строків сівби в умовах кліматичних трансформацій [21, с. 61; 22, с. 38; 23, с. 26]. Формування продуктивності пшениці озимої значно визначається гідротермічними умовами осінньо-зимового періоду вегетації. Вирішальне значення мають особливості морфогенезу рослин та їх біометричні показники восени, оскільки саме вони зумовлюють рівень загартування, інтенсивність кушення й адаптивний потенціал до перезимівлі. У подальшому це визначає характер відновлення вегетації, темпи росту та формування елементів продуктивності [24, с. 44; 25, с. 33].

Таким чином, науково обґрунтоване визначення оптимального строку сівби з урахуванням регіональних кліматичних тенденцій та сортових особливостей є ключовою передумовою для нормального росту та розвитку рослин в осінній період вегетації.

Метою досліджень є визначення особливостей формування біометричних показників сучасних сортів пшениці м'якої озимої (Катруся Одеська, Довіра Одеська, Гейзер, Пейзаж, Вагома, Громада) залежно від строків сівби в умовах осіннього періоду зони Південного Степу України.

Матеріал і методика. Експериментальні дослідження виконували упродовж осіннього періоду 2023–2025 рр. на дослідних ділянках Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, що розташовані в Одеському районі, Одеської області, селище Хлібодарське.

Згідно схеми досліду висівали 6 сортів пшениці м'якої озимої (Катруся Одеська, Довіра Одеська, Гейзер, Пейзаж, Вагома, Громада) у чотири строки сівби: 25 вересня, 5, 15 та 25 жовтня (табл. 1).

Таблиця 1

Схема двофакторного польового досліджу

Строки сівби, А	Сорти, В					
	Катруся	Довіра Одеська	Гейзер	Пейзаж	Вагома	Громада
25 вересня	1	2	3	4	5	6
5 жовтня	7	8	9	10	11	12
15 жовтня	13	14	15	16	17	18
25 жовтня	19	20	21	22	23	24

Дослід закладали по чорному пару, як одному із кращих попередників на півдні України, який направлений на сприяння акумуляції та збереженню продуктивної вологи в ґрунті, а також забезпеченню ефективного зниження рівня забур'яненості посівних площ. Норма висіву становила 4,5 млн схожих насінин на 1 га. Дослід проводили у триразовій повторності.

Аналіз біометричних показників сортів пшениці озимої проводили в осінній період вегетації, коли рослини завершують формування основних вегетативних органів, що дозволяє оцінити їхні ростові особливості. Зазвичай це відповідає фазі від початку до повного кушення, що настає приблизно через 25–35 днів після появи сходів, залежно від строків сівби та агрокліматичних умов регіону. Аналіз рослинних зразків виконували у трьох повтореннях по кожному строку сівби та сорту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Реакція досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої (Катруся Одеська, Довіра Одеська, Гейзер, Пейзаж, Вагома, Громада) на різні строки сівби та специфіка їх адаптивної поведінки в умовах Південного Степу України зумовлюються ступенем відхилення гідротермічних показників осіннього періоду вегетації від оптимальних значень. Одним із ключових показників сприятливості умов осінньої вегетації є поєднання оптимального температурного режиму та достатнього зволоження посівного шару ґрунту, що визначає інтенсивність проростання насіння, формування сходів і початковий ріст рослин, а в подальшому – рівень реалізації потенціалу продуктивності. Тому, тривалість міжфазного періоду «сівба – сходи» у сортів пшениці озимої значно залежить від комплексної взаємодії температурного режиму повітря та запасів продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту.

Упродовж років досліджень встановлено істотну варіабельність як показників зволоження шару ґрунту 0–10 см (рис. 1), так і в характеру сезонної динаміки температури повітря в осінній період вегетації (рис. 2), що обумовлювало диференційовану реакцію сортів на строки сівби.

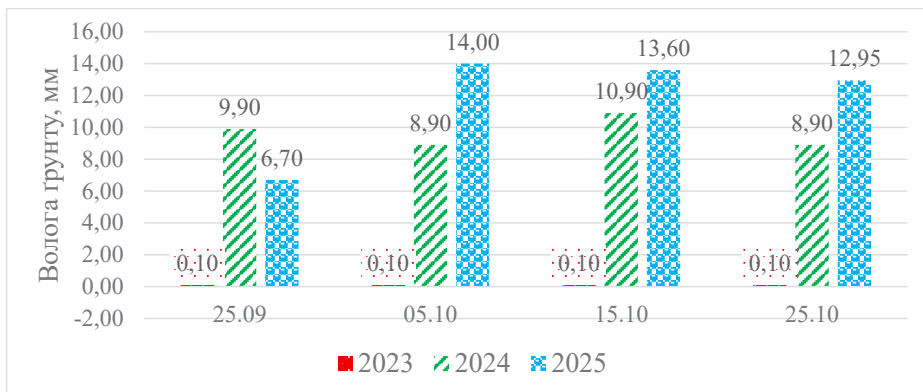


Рис. 1. Запас продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту від 0–10 см в осінній період 2023, 2024 і 2025 рр., мм

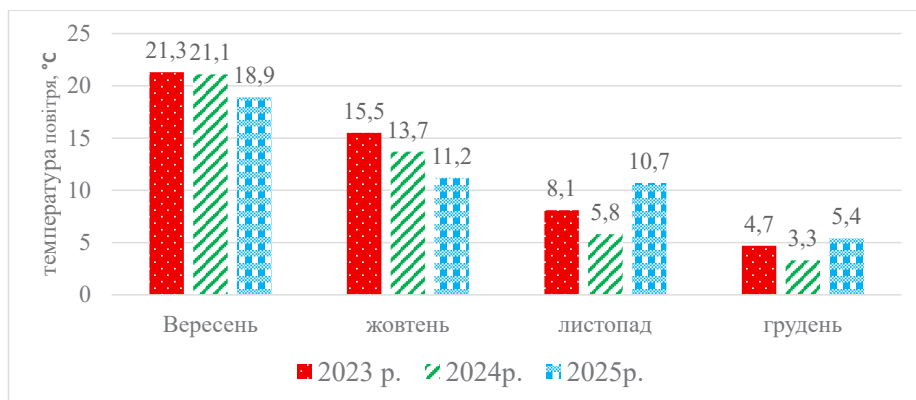


Рис. 2. Середні значення температури повітря за осінній період 2023, 2024 і 2025 рр.

Погодні умови в період проведення сівби сортів пшениці озимої в 2023 році були малосприятливими для формування дружних сходів. У вересні спостігалася висока температура повітря, яка істотно перевищувала середньобаторічні показники минулих років. Відсутність ефективних опадів весняно-літнього періоду призвела до критичного дефіциту продуктивної вологи у посівному шарі ґрунту. Унаслідок цього сходи за строків сівби 25 вересня, також 5, 15 і 25 жовтня з'явилися лише після надходження ефективних опадів в кінці жовтня. Таким чином, поєднання високого температурного фону та тривалої відсутності опадів у посівний період зумовило подовження міжфазного періоду «сівба – сходи» та негативно вплинуло на повноту сходів сортів пшениці озимої в 2023 році.

Метеорологічні умови осіннього посівного періоду 2024 року характеризувалися оптимальним поєднанням гідротермічних показників для активізації ростових процесів сортів пшениці озимої. Значна інтенсивність опадів у вересні–жовтні забезпечила стабільне вологонакопичення у посівному горизонті, а саме у шарі ґрунту 0–10 см, де запаси продуктивної вологи становили 9,9 мм за сівби 25 вересня та в середньому 9,5 мм за пізніших строків сівби – 5, 15 та 25 жовтня. Середньодобовий температурний режим на рівні 17,4 °С сприяв інтенсивній дифузії вологи в насінні та забезпечив отримання дружних сходів сортів пшениці озимої з більш коротким терміном міжфазного періоду «сівба – сходи» – 3–4 доби за сівби 25 вересня та 5 жовтня (рис. 3).

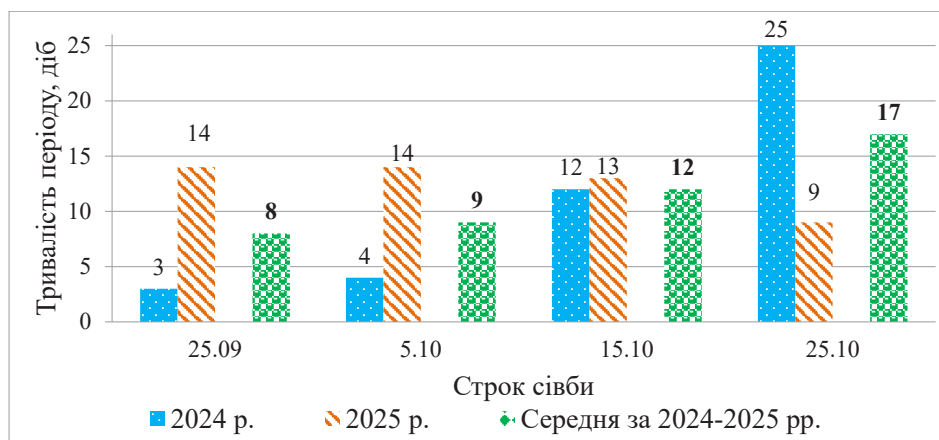


Рис. 3. Тривалість періоду «сівба – сходи» сортів пшениці озимої залежно від строків сівби за 2024 і 2025 рр. та в середньому, дів

Посівний період 2025 року відзначався високою варіативністю порівняно з 2023–2024 рр. Гідротермічні умови за терміну сівби 25 вересня в цей рік виявилися сприятливими для одночасного проростання насіння, середньодобова температура 18,9 °С попри обмежений ресурс продуктивної вологи у посівному шарі на рівні 6,7 мм, сприяла отриманню дружних сходів. Наступні атмосферні опади в першій декаді жовтня в обсязі 164,2 мм забезпечили подальший розвиток рослин.

Проте згодом перебіг погодних умов набув ознак кліматичної аномалії. Протягом короткого інтервалу з 29 вересня по 10 жовтня зафіксовано екстремальний обсяг атмосферних опадів – 225,7 мм, що перевищило середньобаторічні норми

та призвело до надмірного зволоження ґрунту, що унеможливило проведення польових робіт і призвело до вимушеної елімінації терміну сівби 5 жовтня. Відновлення польових робіт відбулося в другій половині жовтня. За строків сівби 15 і 25 жовтня вологозабезпеченість в 0–10 см шару ґрунту була достатньою та в середньому становила 13,6 мм. Водночас спостерігалось закономірне зниження температурного фону до середнього показника 11,2 °С, що порівняно з попереднім 2024 роком спричинило уповільнення проростання насіння. Як наслідок, було відмічено затримку міжфазного періоду «сівба – сходи» через сповільнення темпів накопичення необхідної суми ефективних температур.

У середньому за 2024-2025 рр. тривалість міжфазного періоду «сівба – сходи» за сівби 25 вересня та 5, 15 і 25 жовтня становила 8, 9, 12 і 17 діб, відповідно.

Біометричні показники сортів пшениці озимої на час припинення осінньої вегетації істотно залежали від строків сівби та сортових особливостей, що підтверджується узагальненими середніми даними за 2023–2025 рр. (табл. 2).

Зміна строків сівби супроводжувалася закономірними варіаціями густоти стояння рослин, вимірювальними показниками та індивідуальної продуктивності кушення сортів в осінній період, що перебуває у тісному зв'язку з гідротермічними умовами посівного періоду восени та тривалістю міжфазного періоду «сівба – сходи».

Встановлено, що за раннього строку сівби 25 вересня сорти характеризувалися найвищим рівнем осіннього розвитку. Середня кількість рослин становила 312,5 шт./м², висота рослин – 21,9 см, кількість пагонів – 5,3 шт., листків – 11,5 шт., а маса однієї рослини – 3,2 г.

Сорт Гейзер у вказаний термін сівби сформував добре розвинені рослини з висотою 24,4 см, а також високе інтенсивне кушення 5,6 пагонів на рослині. Високу масу однієї рослини 4,6 г та 4,2 г встановлено у сортів Довіра Одеська та Катруся Одеська, що вказує на їх високу енергію росту за сівби 25 вересня. Такі показники, перш за все, зумовлені подовженою тривалістю осіннього періоду вегетації та сприятливим температурним режимом осені, що забезпечує активний перебіг ростових процесів.

За сівби 5 жовтня відзначено зниження інтенсивності густоти повних сходів, що в середньому по сортах становить 227,8 шт./м². Водночас такі параметри, як кількість пагонів 5,0 шт., листків 7,8 шт. та сира маса однієї рослини 3,1 г, знаходилися у діапазоні значень, наближених до показників строку сівби 25 вересня. Слід відмітити, що інтенсивність накопичення сирової маси спостерігалось в сортах: Громада – 3,1 г, Гейзер – 3,5 г, Пейзаж – 3,6 г. Генетична здатність в формуванні продуктивного кушення у них становить 6 пагонів на 1 рослину та перевищує цей показник між сортами, та іншими строками сівби, що є кращою ознакою накопичення запасних речовин у вузлах кушення.

За сівби сортів пшениці озимої 15 жовтня виявлено закономірне зниження саме ростових показників рослин, водночас кількість рослин на один метр квадратний зростає порівняно до строку сівби 25 вересня та 5 жовтня та становить 322,8 шт./м², а індивідуальна продуктивність рослин залишається низькою, зокрема, середня сира маса однієї рослини зменшилася до 1,3 г, що в 2,4 рази менше порівняно з вересневою сівбою. Сорти Гейзер та Громада проявили кращу здатність до формування листового апарату – 7,5–7,8 листків за умов дефіциту активних температур, тоді як сорт Пейзаж продемонстрував найнижчу інтенсивність в накопиченні біомаси (до 1,0 г).

Таблиця 2

Морфологічні показники рослин сортів пшениці озимої на час припинення осінньої вегетації залежно від строків сівби (середнє за 2023–2025 рр.)

Сорти	Кількість рослин, шт./м²	Висота 1 рослини, см	Кількість на 1 рослині шт.		Вага 1 рослини, г
			пагонів	листіків	
	25.09				
Катруся Одеська	295,0	22,6	5,5	11,4	4,2
Довіра Одеська	341,0	23,2	5,4	11,4	4,6
Гейзер	276,6	24,4	5,6	11,7	3,0
Пейзаж	307,5	19,1	5,0	9,3	2,6
Вагома	325,5	19,9	5,2	12,1	2,4
Громада	329,4	22,3	5,1	13,1	2,7
Середнє значення	312,5	21,9	5,3	11,5	3,2
5.10					
Катруся Одеська	224,3	21,0	4,0	7,5	2,6
Довіра Одеська	258,3	23,0	4,0	8,0	2,9
Гейзер	181,7	23,0	6,0	7,0	3,5
Пейзаж	227,3	21,0	6,0	7,5	3,6
Вагома	234,3	20,0	4,0	8,0	2,8
Громада	241,0	20,0	6,0	9,0	3,1
Середнє значення	227,8	21,3	5,0	7,8	3,1
15.10					
Катруся Одеська	306,6	19,6	4,0	6,4	1,5
Довіра Одеська	362,1	15,6	3,5	6,6	1,4
Гейзер	282,6	17,6	4,0	7,8	1,5
Пейзаж	317,0	15,9	3,5	6,5	1,0
Вагома	335,3	16,1	3,2	7,2	1,2
Громада	333,3	17,4	3,3	7,5	1,1
Середнє значення	322,8	17,0	3,6	7,0	1,3
25.10					
Катруся Одеська	280,5	18,1	2,4	4,9	0,6
Довіра Одеська	287,3	21,0	2,0	5,8	0,6
Гейзер	218,5	19,6	1,8	4,6	0,5
Пейзаж	278,0	18,8	3,0	5,4	0,7
Вагома	280,5	18,7	2,4	5,2	0,6
Громада	294,5	18,7	2,0	5,7	0,6
Середнє значення	273,2	19,1	2,3	5,2	0,6

Джерело: Власні дослідження

Дослідженням доведено, що за сівби 25 жовтня спостерігається суттєво низький стан осіннього розвитку ростових процесів рослин. Отримані дані свідчать про найнижчу інтенсивність формування біометричних показників: середня сира

маса сортів не перевищує 0,6 г, а коефіцієнт кущення знизився до 2,3 пагонів на рослину

На фоні загального росту серед дослідних сортів слід відзначити сорт Пейзаж, який за мінімальних температур за строку сівби 25 жовтня сформував порівняно більшу кількість пагонів 3,0 шт. та сиру масу однієї рослини 0,7 г, а також сорт Довіра Одеська мав найбільшу висоту рослини 21,0 см та сформував 5,8 листків, що свідчить про високу адаптивність зазначених сортів до умов пізнішого строку сівби, а також підвищену їх здатність до дії низьких температур. Загалом рослини за вказаного строку сівби входять у зиму в фазі початку кущення та мають висоту в середньому 19,1 см і, сформувавши 2-3 пагони.

Загалом отримані результати свідчать, що оптимальні умови для формування добре розвинених рослин сортів пшениці озимої в зоні Південного Степу України було забезпечено за строків сівби 25 вересня та 5 і 15 жовтня коли поєднання гідротермічних умов та скорочена тривалість міжфазного періоду «сівба – сходи» сприяли активному осінньому кущенню та накопиченню вегетативної маси рослин.

Висновки та пропозиції. Дослідженнями підтверджено, що реакція сортів пшениці м'якої озимої в умовах Південного Степу України істотно залежить від строків сівби та кліматичних умов, що складаються в осінньо-посівний період. Найсприятливіші умови для формування добре розвинених рослин забезпечує строк сівби 25 вересня та 5–15 жовтня, за яких оптимальне поєднання температурного режиму і вологозабезпечення посівного шару ґрунту сприяє скороченню міжфазного періоду «сівба – сходи», а також забезпечує інтенсивне кущення та накопиченню вегетативної маси рослиною. Натомість пізній строк сівби 25 жовтня супроводжувався зниженням темпів росту, коефіцієнтом кущення та біомаси рослин, однак сорт Пейзаж та Довіра Одеська проявили підвищену генетичну адаптивність до знижених температур за пізнього строку сівби.

В цілому одержані результати підтверджують доцільність в оптимізації агротехнічного методу строк сівби для перспективних сортів пшениці м'якої озимої з урахуванням даних гідротермічних умов року в осінній період, що забезпечує належний розвиток рослин перед входженням їх в зиму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кривенко А. І. Вплив строків сівби на польову схожість та тривалість проходження фенофаз розвитку рослин озимих зернових культур. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 101. ч. 1. С. 103–112. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.14>
2. Гуцол Г. В., Овчарук І. І. Обґрунтування строків сівби пшениці озимої в умовах глобального потепління. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 41–44. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.5>
3. Уліч О. Л. Тенденції зміни строків сівби пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) у південній частині Правобережного Лісостепу України за трансформації клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 6 (783). С. 19–24. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2018_06_03.pdf (дата звернення: 28.03.2026).
4. Солодушко М. М., Явдошенко М. П., Романенко О. Л. Вплив строків сівби на урожайність та розвиток хвороб пшениці озимої в умовах північного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 7. С. 9–13. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2014_7_4 (дата звернення: 07.04.2026).
5. Wen P., Wei Q., Zheng L., Rui L., Niu M., Gao C., Guan X., Wang T., Xiong S. Adaptability of wheat to future climate change: Effects of sowing date and sowing rate on wheat yield in three wheat production regions in the North China Plain. *Science*

of *The Total Environment*. 2023. Vol. 901. P. 165906. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165906>

6. Chakrabarti B., Bhatia A., Deo A., Maitreya, Jain N., Kumari V.V., Chitiprolu A.R.R., Aggarwal P.K. Climatic stresses and adaptation options for South Asian wheat: A systematic literature review. *Frontiers in Agronomy*. 2025. Vol. 7. P. 1–16. <https://doi.org/10.3389/fagro.2025.1670235>

7. Чугрій Г.А. Ріст та розвиток рослин пшениці озимої залежно від строку сівби в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 122. С. 139–144. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.20>

8. Minoli S., Jägermeyr J., Asseng S. et al. Global crop yields can be lifted by timely adaptation of growing periods to climate change. *Nature Communications*. 2022. Vol. 13. P. 1–10. 7079. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34411-5>

9. Шувар А. М., Беген Л.Л., Тимків М.Ю., Войтович Р.М. Формування врожаю і якості зерна пшениці озимої залежно від строків сівби та рівня живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 161–173. URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/wp-content/uploads/zbirnik/63ua/16.pdf> (дата звернення: 28.03.2026).

10. Asseng S., Martre P., Maiorano A. et al. Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Global Change Biology*. 2019. Vol. 25 (1). P. 155–173. <https://doi.org/10.1111/gcb.14481>

11. Солодушко М.М. Урожайність та адаптивний потенціал сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Північного Степу. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 3. С. 61–66. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/stopsnr_2014_3_13 (дата звернення: 08.04.2026).

12. Liu J., He Q., Zhou G. et al. Effects of Sowing Date Variation on Winter Wheat Yield: Conclusions for Suitable Sowing Dates for High and Stable Yield. *Agronomy*. 2023. Vol. 13 (4). P. 991. <https://doi.org/10.3390/agronomy13040991>

13. Вожегова Р.А., Заєць С.А., Коваленко О.А. Урожайність різних сортів пшениці озимої залежно від строків сівби в умовах Південного Степу. *Вісник аграрної науки*. 2013. 11. С. 26–29. URL: https://agrovisnyk.com/oldpdf/visnyk_11_2013.pdf (дата звернення: 28.03.2026).

14. Panfilova A., Korkhova M., Domaratskiy Y., Artushenko V. Optimization of winter wheat sowing dates to climate change in the steppe zone of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26(8). P. 350–362. <https://doi.org/10.12912/27197050/208394>

15. Barabolia O., Yanovskyi R. The impact of sowing dates and seeding rates on the yield and grain quality of winter bread wheat under climate change conditions in the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28(3). P. 6–13. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.03.01>

16. Дудка Р., Оніпко В. Урожайність та якість озимої м'якої пшениці залежно від строків та способів сівби: огляд світового та вітчизняного досвіду. *Науковий прогрес та інновації*. 2025. № 28 (3). P. 103–108. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.03.17>

17. Ткачук В. П., Тимошук Т. М. Вплив строків сівби на продуктивність пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 3. С. 38–44. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003-05>

18. Oleksiak T. Effect of sowing date on winter wheat yields in Poland. *Journal of Central European Agriculture*. 2014. Vol. 15 (4). P. 83–99. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/15.4.1513>

19. Smanov A. Zh., Karabaev K. The influence of sowing dates and pre-sowing crops on winter wheat yield. *Eurasian Agrotechnical Journal*. 2025. Vol. 2 (125). P. 118–125. [https://doi.org/10.51452/kazatu.2025.2\(125\).1895](https://doi.org/10.51452/kazatu.2025.2(125).1895)

20. Яшук Т.С., Самець Н.П., Грицевич Ю.П., Музика О.П. Економічна ефективність вирощування нових вітчизняних сортів пшениці озимої за різних строків

сівби в умовах західного Лісостепу України. *Інноваційна економіка*. 2024. № 1. Р. 161–172. <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2024.1.19>

21. Феоктістов П. О., Блищик Д. В. Вплив змін клімату на строки сівби озимої пшениці на Півдні України. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2014. № 1/2. С. 56–61. URL: https://journals.uran.ua/ludina_dov/article/view/35641 (дата звернення: 28.03.2026).

22. Засць С.О., Коваленко О.А. Строки сівби різних сортів пшениці озимої під впливом змін клімату в умовах Південного Степу. *Адаптація землеробства до змін клімату – шлях підвищення ефективності функціонування сільського господарства: матеріали всеукраїнської наук.-практич. конф., (м. Херсон, 15 січня 2013 р.)*. Херсон: Айлант, 2013. С. 36–38.

23. Романенко О. Л., Куш І.С., Засць С.О., Солодушко М.М. Строки сівби озимої пшениці за умов глобального потепління в зоні Степу. *Зрошуване землеробство*. 2017. Вип. 68. С. 23–27. URL: https://izpr.ks.ua/archive/2017/68/68_2017.pdf (дата звернення: 27.03.2026)

24. Засць С.О. Осінній ріст та розвиток рослин пшениці озимої на зрошуваних землях залежно від гідротермічних умов, сорту і строків сівби. *Меліорація і водне господарство*. 2019. № 1 (109). С. 42–48. <https://doi.org/10.31073/mivg201901-157>

25. Ren A.X., Sun M., Wang P.R. et al. Optimization of sowing date and seeding rate for high winter wheat yield based on pre-winter plant development and soil water usage in the Loess Plateau, China. *J. Integr. Agric.* 2019. Vol. 18. P. 33–42. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61980-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61980-X)

Дата першого надходження статті до видання: 15.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.15:631.81.095.337

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.15>

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОДОБРИВ У ПОЗАКОРЕНЕВОМУ ПІДЖИВЛЕННІ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Зюзько Л.Г. – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0009-0003-4275-7159

Проведене дослідження присвячене вдосконаленню технології вирощування сої з метою максимального використання генетичного потенціалу сорту Титан та підвищення продуктивності в умовах Лісостепу Правобережного. Основна увага приділялася оптимізації мінерального живлення рослин, за рахунок бактеризації насіння бактеріальним препаратом та використання мікродобрив у позакоренових підживленнях. Експериментальні дослідження виконувалися у 2024–2026 роках на дослідному полі кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного університету. Вивчали вплив комбінованого застосування у передпосівну обробку насіння бактеріальними препаратами та двох позакоренових підживлень мікродобривом за різних способів сівби. У статті представлено результати досліджень впливу технологічних прийомів вирощування на ріст і розвиток сої сорту Титан в умовах Лісостепу Правобережного. Метою роботи було обґрунтування ефективності комбінованого застосування способу сівби, передпосівної інокуляції насіння бактеріальними препаратами та позакоренового підживлення мікродобривом на формування висоти рослин упродовж вегетації культури. Експериментальні дослідження проводили у 2024–2026 роках на дослідному полі кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії. Встановлено, що динаміка висоти рослин сої суттєво залежала від досліджуваних факторів та їх взаємодії. На початкових етапах розвитку (ВВСН 12–32) істотних відмінностей між варіантами не спостерігалось, однак у фазі інтенсивного росту та формування генеративних органів (ВВСН 34–59) різниця між варіантами істотно зростала. Доведено, що широкорядний спосіб сівби сприяв формуванню більшої висоти рослин порівняно із суцільним рядковим способом, що пов'язано з кращими умовами освітлення та зменшенням внутрішньовидової конкуренції. Встановлено, що передпосівна інокуляція насіння бактеріальними препаратами позитивно впливала на ріст рослин, що проявлялося у збільшенні їх висоти на всіх етапах онтогенезу. Доведено, що найефективнішим було поєднання інокуляції з позакореновим підживленням мікродобривом Ризо Бор + Молібден, особливо за дворазового внесення у фази ВВСН 12–32 та ВВСН 34–59. Встановлено, що максимальні показники висоти рослин формувалися за комплексного застосування широкорядного способу сівби, бактеріальної інокуляції та дворазового позакоренового підживлення, де висота рослин у фазі повної стиглості досягла 89,8 см. Доведено, що використання мікродобрив сприяє активізації ростових процесів, посиленню симбіотичної азотфіксації та формуванню більш потужного вегетативного апарату рослин. Отримані результати підтверджують доцільність удосконалення технології вирощування сої шляхом поєднання агротехнічних і біологічних прийомів, що забезпечує підвищення інтенсивності росту та створює передумови для формування стабільно високої продуктивності культури в умовах Лісостепу правобережного.

Ключові слова: соя, сорт, бактеріальні препарати, мінеральне живлення, мікроелементи, способи сівби, критичні періоди.

Ziuzko L.H. Features of the use of microfertilizers in foliar feeding of soybeans in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe

The conducted research is devoted to improving the technology of soybean cultivation in order to maximize the use of the genetic potential of the Titan variety and increase productivity



© Зюзько Л.Г., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe. The main attention was paid to optimizing the mineral nutrition of plants, due to the bacterization of seeds with a bacterial preparation and the use of microfertilizers in foliar feeding. Experimental studies were carried out in 2024–2026 at the experimental field of the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry of Vinnytsia National University. The effect of combined use of pre-sowing treatment of seeds with bacterial preparations and two foliar feedings with microfertilizers under different sowing methods was studied. The article presents the results of research on the influence of technological methods of cultivation on the growth and development of soybeans of the Titan variety in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe. The aim of the work was to substantiate the effectiveness of the combined application of the sowing method, pre-sowing inoculation of seeds with bacterial preparations and foliar feeding with micronutrient fertilizers on the formation of plant height during the growing season of the crop. Experimental studies were conducted in 2024–2026 at the experimental field of the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry. It was found that the dynamics of soybean plant height significantly depended on the studied factors and their interaction. At the initial stages of development (BBCH 12–32), no significant differences between the variants were observed, however, in the phase of intensive growth and formation of generative organs (BBCH 34–59) the difference between the variants increased significantly. It was proved that the wide-row sowing method contributed to the formation of a greater plant height compared to the continuous row method, which is associated with better lighting conditions and a decrease in intraspecific competition. It was established that pre-sowing inoculation of seeds with bacterial preparations had a positive effect on plant growth, which was manifested in an increase in their height at all stages of ontogenesis. It was proven that the most effective was the combination of inoculation with foliar feeding with the microfertilizer Rhizo Boron + Molybdenum, especially with a double application in the phases of VVSN 12–32 and VVSN 34–59. It was established that the maximum plant height indicators were formed with the complex use of the wide-row sowing method, bacterial inoculation and double foliar feeding, where the height of plants in the phase of full ripeness reached 89.8 cm. It was proven that the use of microfertilizers contributes to the activation of growth processes, the enhancement of symbiotic nitrogen fixation and the formation of a more powerful vegetative apparatus of plants. The results obtained confirm the feasibility of improving the technology of soybean cultivation by combining agrotechnical and biological methods, which ensures increased growth intensity and creates the prerequisites for the formation of a consistently high crop productivity in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe.

Key words: soybean, variety, bacterial preparations, mineral nutrition, microelements, sowing methods, critical periods.

Постановка проблеми. В умовах сучасного землеробства особливої актуальності набуває підвищення ефективності використання елементів живлення рослинами, зокрема за вирощування стратегічно важливих культур, таких як соя [1]. У зоні Лісостепу правобережного, що характеризується значною варіабельністю ґрунтово-кліматичних умов, питання оптимізації живлення рослин є одним із ключових чинників формування стабільної та високої врожайності [2]. Соя, як високобілкова зернобобова культура, має підвищені вимоги до забезпечення мікроелементами, які відіграють важливу роль у процесах фотосинтезу, азотфіксації, ферментативної активності та формування генеративних органів [3]. Водночас традиційне внесення добрив у ґрунт не завжди забезпечує повне засвоєння мікроелементів через їх фіксацію або несприятливі погодні умови. У цьому контексті позакореневе підживлення виступає ефективним інструментом оперативного регулювання мінерального живлення рослин [4]. Застосування мікродобрив у позакореновому підживленні дозволяє підвищити коефіцієнт використання елементів живлення, покращити фізіолого-біохімічні процеси в рослинах та підвищити їх стійкість до абіотичних стресів. Проте ефективність таких заходів значною мірою залежить від видового складу мікродобрив, строків і норм їх внесення, а також специфіки ґрунтово-кліматичних умов регіону.

У зв'язку з цим, дослідження особливостей використання мікродобрив у системі позакоренового підживлення сої в умовах Лісостепу правобережного

є важливим науковим і практичним завданням, спрямованим на обґрунтування ефективних агротехнологічних прийомів вирощування культури та підвищення її продуктивності. Такі технології передбачають оптимізацію використання природних ресурсів, зниження антропогенного навантаження на довкілля, підвищення продуктивності та якості зернової продукції при одночасному забезпеченні високих рівнів екологічної безпеки [5]. Зокрема, акцент робиться на застосуванні маловитратних і ресурсозберігаючих рішень, використанні біологічних методів відновлення родючості ґрунту, підборі адаптованих гібридів, стійких до кліматичних змін та урбанізаційних факторів [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних наукових досліджень свідчить, що проблема оптимізації мінерального живлення сої, зокрема за рахунок застосування мікродобрив у позакореновому підживленні, є предметом активного вивчення вітчизняних і зарубіжних учених [1-6]. Значна увага приділяється вивченню впливу мікроелементів на фізіолого-біохімічні процеси, ріст, розвиток і формування врожайності культури [2]. За результатами досліджень встановлено, що позакореневе підживлення сої мікродобривами є ефективним агротехнічним заходом, який забезпечує підвищення продуктивності рослин [3]. Зокрема, доведено позитивний вплив обробок у критичні фази розвитку (4-5 трійчастих листків та початок цвітіння) на формування елементів структури врожаю та підвищення врожайності насіння [4]. Це пояснюється більш повним і швидким засвоєнням елементів живлення через листову поверхню.

Дослідження також показують, що навіть за умов внесення мінеральних добрив у ґрунт рослини не завжди повністю забезпечуються необхідними мікроелементами через вплив погодних чинників або процеси фіксації елементів у ґрунті [7]. У таких випадках позакореневе підживлення виступає ефективним способом оперативного коригування живлення рослин упродовж вегетації [8].

Окремі наукові роботи акцентують увагу на ролі мікроелементів у підвищенні симбіотичної активності сої, зокрема у формуванні бульбочкових бактерій та інтенсивності азотфіксації, що безпосередньо впливає на врожайність культури [6]. Крім того, встановлено, що застосування мікродобрив сприяє активізації фотосинтетичної діяльності, ферментативних процесів і підвищенню стійкості рослин до стресових умов [8, 9]. Разом із тим, результати досліджень свідчать, що ефективність позакоренового підживлення значною мірою залежить від складу мікродобрив, строків їх застосування, норм витрати та конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування [10].

Незважаючи на значну кількість наукових праць, питання оптимізації застосування мікродобрив у посівах сої в умовах Лісостепу правобережного потребує подальшого вивчення, що й зумовлює актуальність проведення відповідних досліджень.

Мета дослідження. Метою дослідження є встановлення особливостей впливу мікродобрив, застосованих у системі позакоренового підживлення, на ріст, розвиток і формування продуктивності сої в умовах Лісостепу Правобережного, а також обґрунтування оптимальних строків, норм і способів їх внесення для підвищення врожайності та якості насіння культури.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення таких основних завдань: визначення впливу різних видів мікродобрив на ріст і розвиток рослин сої; оцінку ефективності позакоренового підживлення у критичні фази вегетації культури в умовах Лісостепу правобережного.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили упродовж 2024–2026 років на дослідному полі кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету. Об'єктом дослідження був сорт сої Титан. Дослідження були спрямовані на вивчення впливу комбінованого застосування передпосівної обробки насіння бактеріальними препаратами та позакоренових підживлень мікродобривами за різних способів сівби. Дослід закладали за трифакторною схемою з варіацією таких факторів. Фактор А – спосіб сівби сої: А₁ – суцільний рядковий із міжряддям 15 см; А₂ – широкорядний із міжряддям 45 см. Фактор В – передпосівна обробка насіння: В₁ – без обробки (контроль); В₂ – обробка насіння бактеріальним препаратом Ризоактив концентрат (2 л/т); В₃ – обробка насіння бактеріальним препаратом Біонорма Антистрес (2 л/т). Фактор С – система мікроудобрення: С₁ – без застосування мікродобрив (контроль); С₂ – позакореневе підживлення у фазі BBCH 12–32 мікродобривом Ризо Бор + Молібден (1 л/га); С₃ – позакореневе підживлення у фазі BBCH 34–59 мікродобривом Ризо Бор + Молібден (1 л/га); С₄ – дворазове внесення мікродобрива: перше – у фазі BBCH 12–32 (1 л/га), друге – у фазі BBCH 34–59 (1 л/га).

Передпосівну обробку насіння здійснювали відповідно до схеми дослідження шляхом інокуляції бактеріальними препаратами у визначених нормах. Сівбу проводили згідно з варіантами дослідження з дотриманням відповідної ширини міжрядь. Позакореневе підживлення виконували методом обприскування рослин у відповідні фази розвитку згідно з міжнародною шкалою BBCH.

Агротехніка вирощування сої відповідає зональним рекомендаціям для умов Лісостепу правобережного. Упродовж вегетації здійснювали фенологічні спостереження, визначали біометричні показники рослин, елементи структури врожаю та рівень урожайності. Отримані результати обробляли методами дисперсійного аналізу з метою встановлення достовірності впливу досліджуваних факторів та їх взаємодії на продуктивність сої.

Виклад основного матеріалу досліджень. Висота рослин сої є одним із важливих морфологічних показників, що характеризує інтенсивність ростових процесів і значною мірою визначає формування продуктивності культури [11]. У проведених дослідженнях встановлено, що динаміка наростання висоти рослин залежала від досліджуваних факторів – способу сівби, передпосівної обробки насіння та системи позакоренового підживлення мікродобривами початкових етапів органогенезу (фази BBCH 12–32) істотної різниці у висоті рослин між варіантами дослідження не спостерігалось, що пояснюється переважним впливом ґрунтово-кліматичних умов та біологічних особливостей сорту (Табл. 1).

Проте вже у фазі інтенсивного росту (BBCH 34–59) відмічено тенденцію до підвищення висоти рослин за умов застосування бактеріальних препаратів та позакоренових підживлень. Найвищі показники висоти рослин формувалися у варіантах із комбінованим застосуванням передпосівної інокуляції насіння та дворазового позакоренового підживлення мікродобривом.

Це пов'язано з активізацією фізіолого-біохімічних процесів, зокрема посиленням азотфіксації та покращенням забезпечення рослин мікроелементами, такими як бор і молібден, які відіграють важливу роль у ростових процесах.

Щодо впливу способу сівби, то за широкорядного розміщення рослин (45 см) спостерігалася тенденція до формування більшої висоти порівняно із суцільним рядковим способом (15 см), що можна пояснити кращим освітленням і меншою конкуренцією між рослинами за елементи живлення та вологу. У цілому,

динаміка росту рослин сої впродовж вегетації свідчить про позитивний вплив досліджуваних агротехнічних заходів на формування надземної маси, що є важливою передумовою підвищення рівня врожайності культури в умовах Лісостепу Правобережного.

Таблиця 1
Висота рослин сої сорту Титан залежно від технологічних прийомів вирощування (середнє за 2024–2025 рр.)

Фактор А (спосіб сівби)	Фактор В (передпосівна обробка насіння)	Фактор С (система мікроудобрень)	ВВСН 12–32	ВВСН 34–59	Повна стиглість
А ₁ (15 см)	А ₁ В ₁	А ₁ В ₁ С ₁ (контроль)	18,5	52,3	75,2
		А ₁ В ₁ С ₂	18,5	53,4	76,4
		А ₁ В ₁ С ₃	18,5	53,4	76,7
		А ₁ В ₁ С ₄	18,5	53,4	78,4
	А ₁ В ₂	А ₁ В ₂ С ₁	19,8	55,6	80,5
		А ₁ В ₂ С ₂	19,8	56,2	81,0
		А ₁ В ₂ С ₃	19,8	56,2	81,6
		А ₁ В ₂ С ₄	19,8	56,2	82,7
	А ₁ В ₃	А ₁ В ₃ С ₁	19,0	53,9	78,1
		А ₁ В ₃ С ₂	19,0	54,6	78,5
		А ₁ В ₃ С ₃	19,0	54,6	78,9
		А ₁ В ₃ С ₄	19,0	54,6	80,5
А ₂ (45 см)	А ₂ В ₁	А ₂ В ₁ С ₁	19,2	54,1	80,3
		А ₂ В ₁ С ₂	19,2	55,6	81,2
		А ₂ В ₁ С ₃	19,2	55,6	81,4
		А ₂ В ₁ С ₄	19,2	55,6	82,0
	А ₂ В ₂	А ₂ В ₂ С ₁	21,0	57,8	83,2
		А ₂ В ₂ С ₂	21,8	60,5	83,7
		А ₂ В ₂ С ₃	21,8	60,5	83,9
		А ₂ В ₂ С ₄	21,8	60,5	85,5
	А ₂ В ₃	А ₂ В ₃ С ₁	20,2	58,6	86,7
		А ₂ В ₃ С ₂	21,0	60,8	87,7
		А ₂ В ₃ С ₃	21,0	60,8	87,9
		А ₂ В ₃ С ₄	21,0	60,8	89,8

Примітка: Варіанти фактора А (спосіб сівби сої): А₁ – суцільний рядковий спосіб сівби (15 см); А₂ – широкорядний спосіб сівби (45 см). Варіанти фактора В (передпосівна обробка насіння): В₁ – без обробки (контроль); В₂ – обробка насіння бактеріальним препаратом Ризоактив концентрат (2 л/т); В₃ – обробка насіння бактеріальним препаратом Біонорма Антистрес (2 л/т). Варіанти фактора С (система мікроудобрень): С₁ – без мікроудобрів (контроль); С₂ – позакореневе підживлення у фазі ВВСН 12–32 мікроудобривом Ризо Бор + Молібден (1 л/га); С₃ – позакореневе підживлення у фазі ВВСН 34–59 мікроудобривом Ризо Бор + Молібден (1 л/га); С₄ – дворазове внесення мікроудобрива Ризо Бор + Молібден: перше – у фазі ВВСН 12–32 (1 л/га), друге – у фазі ВВСН 34–59 (1 л/га).

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Аналіз даних свідчить, що висота рослин сої сорту Титан упродовж вегетації істотно залежала від поєднання досліджуваних агротехнічних чинників – способу сівби, передпосівної обробки насіння та системи мікроудобрення.

На початковому етапі розвитку рослин (ВВСН 12–32) варіабельність показника висоти була незначною і перебувала в межах 18,5–21,8 см. При цьому вплив мікродобрив (фактор С) у цю фазу практично не проявлявся, що підтверджується однаковими значеннями в межах варіантів із однаковими рівнями факторів А і В. Водночас певна тенденція до збільшення висоти рослин відмічена за використання широкорядного способу сівби (А₂) та інокуляції насіння бактеріальними препаратами, зокрема у варіанті А₂В₂, де показник досягав 21,0–21,8 см. У фазі інтенсивного росту (ВВСН 34–59) вплив досліджуваних факторів стає більш вираженим. Висота рослин зростала до 52,3–60,8 см залежно від варіанта досліджу.

Встановлено чітку закономірність підвищення цього показника за застосування бактеріальних препаратів (В₂, В₃), що зумовлено активізацією симбіотичної азотфіксації. Крім того, позакореневе підживлення мікродобривом сприяли додатковому приросту висоти, особливо у варіантах із широкорядним способом сівби. Максимальні значення (60,5–60,8 см) сформувалися у варіантах А₂В₂С₂–С₄ та А₂В₃С₂–С₄. Найбільш суттєві відмінності між варіантами досліджу зафіксовано у фазі повної стиглості, де висота рослин змінювалася в широкому діапазоні – від 75,2 до 89,8 см. Встановлено, що як передпосівна інокуляція насіння, так і позакореневе підживлення мікродобривом мали стабільно позитивний вплив на цей показник. Зокрема, у варіантах без обробки насіння (В₁) приріст висоти від застосування мікродобрив був відносно незначним (на 1,2–3,2 см), тоді як за використання бактеріальних препаратів ефект був більш вираженим. Найвищі рослини сформувалися за комплексного поєднання досліджуваних факторів – широкорядного способу сівби (А₂), обробки насіння препаратом Біонорма Антистрес (В₃) та дворазового позакореневого підживлення мікродобривом (С₄), де висота досягала 89,8 см. Близькі за значеннями результати отримано також у варіанті А₂В₂С₄ (85,5 см), що свідчить про високу ефективність інокуляції насіння у поєднанні з мікроживленням. Загалом результати досліджень підтверджують, що оптимізація просторового розміщення рослин, використання бактеріальних препаратів і систематичне застосування мікродобрив у позакореневому підживленні забезпечують інтенсифікацію ростових процесів сої та формування більш потужного надземного габітусу, що є важливою передумовою підвищення її продуктивності в умовах Лісостепу правобережного.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що формування висоти рослин сої сорту Титан істотно залежить від комплексу технологічних прийомів вирощування, зокрема способу сівби, передпосівної обробки насіння бактеріальними препаратами та системи позакореневого підживлення мікродобривами. Доведено, що на початкових етапах росту (ВВСН 12–32) вплив досліджуваних факторів був незначним, однак у фазі інтенсивного росту та формування генеративних органів (ВВСН 34–59) їх дія суттєво посилювалася. Встановлено, що широкорядний спосіб сівби (45 см) забезпечував формування вищих рослин порівняно із суцільним рядковим способом (15 см), що пов'язано з оптимізацією світлового режиму та зменшенням конкуренції між рослинами. Доведено позитивний вплив передпосівної інокуляції насіння бактеріальними препаратами Ризоактив концентрат та Біонорма Антистрес, що сприяло активізації симбіотичної азотфіксації та покращенню ростових процесів. Найбільш ефективним виявилося їх поєднання з позакореневим підживленням мікродобривом Ризо Бор + Молібден. Встановлено, що позакореневе підживлення суттєво підвищувало висоту рослин, особливо за дворазового внесення у фази ВВСН 12–32 та ВВСН 34–59. Максимальні

показники висоти рослин (до 89,8 см у фазі повної стиглості) сформувалися за комплексного застосування широкорядного способу сівби, бактеріальної інокуляції та дворазового внесення мікродобрива. Доведено, що комплексне поєднання агротехнічних і біологічних прийомів забезпечує більш інтенсивний ріст рослин сої, формування потужного вегетативного апарату та створює передумови для підвищення продуктивності культури. Отримані результати мають практичне значення для вдосконалення технології вирощування сої в умовах Лісостепу правобережного та можуть бути використані у виробничих умовах для підвищення ефективності виробництва зерна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гамаюнова В.В., Хоненко Л.Г., Бакланова Т.В. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 2 (87). С. 89–101. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-102-110>
2. Палапа Н.В., Дем'янюк О.С., Нагорнюк О.М. Продовольча безпека України: стан та актуальні питання сьогодення. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 34–45. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263314>.
3. Панцирева Г.В. Розробка біоорганічної технології вирощування сільськогосподарських культур за використання біодобрив, позакоренових підживлень та фізіологічно-активних речовин. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 101-106. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.17>
4. Didur I., Lutkovska S., Pantsyрева H. European prospects for the development of crop production technologies in Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2025. Vol. 11, Issue 3. P. 353-360. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-3-353-360>
5. Дідур І.М., Панцирева Г.В., Голованюк А.Б., Ковальчук В.М. Дослідження сортової технології вирощування сої в умовах змін клімату. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9, С. 150-158. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.15>
6. Didur I., Zelenchuk N., Mostovenko V., Zyuzko L., Holovaniuk A., Televatyuk B. Agroecological justification of elements of biologized soybean growing technologies. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2025. Vol. 15, Issue 4. P. 403-410. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees15.449>
7. Didur I., Pantsyрева H. Prospects for the development of seed production in Ukraine taking into account economic and environmental efficiency. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2025. Vol. 11, Issue 2. P. 191-196. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-2-191-196>
8. Мазур О. В. Адаптивна цінність сортів сої за різних умов вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 4 (27). С. 74–92. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-4-7>
9. Лі Жуйцзе, Дудка А.А. Сортові особливості формування продуктивності сої за застосування регуляторів росту з антистресовою дією в умовах лівобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник* 2024. № 138. С. 88-95. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.11>
10. Івасик М.В., Бахмат М.І. Підвищення продуктивності зерна сої в умовах Поділля. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2022, Випуск 2 (37). С. 51-57. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-8>
11. Didur I., Pantsyрева H., Kupchuk I., Volynets Y. Formation of yield and quality of chickpea seed products under climate change. *Modern Phytomorphology*. 2024. Vol. 18. P. 170-173. DOI: 10.5281/zenodo.200121

Дата першого надходження статті до видання: 13.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.854.78

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.16>

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS ANNUS L.*) ТА ЇХ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ КІЛЬКІСНИХ І ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВРОЖАЮ

Каламбет В.В. – аспірант кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0004-1430-6147

Гангур В.В. – д.с.-г.н., с.н.с.,
завідувач кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-5619-492X

Встановлено, що соняшник став лідируючою сільськогосподарською культурою, обійшовши за площею посіву (понад 5 млн га) пшеницю озиму, що зумовлено його високою рентабельністю та стабільним попитом на ринку. Визначено регіональну специфіку вирощування культури, зокрема не зважаючи на розширення зони сприятливої для вирощування на північ та захід, основними регіонами ще і досі залишаються Степ і південний Лісостеп, що пояснюється сприятливим кліматом та логістичною близькістю до портів. Окрему увагу приділено трансформації Державного реєстру сортів рослин у 2025 р., де відзначено різке скорочення кількості зареєстрованих гібридів (на 40 %) через зростання державних зборів. Проаналізовано структуру ринку насіння, де домінують гібриди іноземної (переважно французької) та вітчизняної селекції. Приведено класифікацію гібридів за напрямом використання (лінолеві – 86 %, високоолеїнові, кондитерські та нові фуражні форми) та за технологіями гербіцидного захисту від бур'янів (класична, Sumo, Clearfield, Clearfield Plus, A.I.R.). У статті детально розглянуто проблему вовчка соняшникового (*Orobancha cithara*) та ефективність генетичної стійкості й хімічного контролю його наявності у посівах. Висвітлено переваги та недоліки сучасних виробничих систем захисту від бур'янів, зокрема відсутність післядії у технології ExpressSun проти фітотоксичного впливу імідазоліонів у системі Clearfield. Науково обгрунтовано біологічні особливості культури, а саме температурні оптимуми для проростання насіння (20–24°C), вимоги до суми активних температур та вологозабезпечення у критичні фази розвитку (зірочка–цвітіння). Поряд з цим відзначено ефективність застосування мінеральних добрив, зокрема схеми $N_{32}P_{32}K_{32}$ із позакореневим підживленням, що забезпечує приріст урожайності на 8,6–13,3 %, однак потребує енергетичного та економічного обгрунтування.

Ключові слова: соняшник, гібрид, рентабельність, гербіцидна технологія, вовчок соняшниковий, урожайність, мінеральне живлення, група стиглості.

Kalambet V.V., Hanhur V.V. Biological characteristics of sunflower hybrids (helianthus annus l.) and their role in the formation of quantitative and qualitative harvest indicators

The article presents a comprehensive analysis of the biological characteristics and the current state of sunflower cultivation in Ukraine. It has been established that sunflower has become the leading agricultural crop, surpassing winter wheat in terms of sown area (over 5 million hectares). This trend is driven by its high profitability (approximately 30%) and the stable demand for sunflower seeds and processed products. The regional specifics of sunflower cultivation have been identified. Despite the expansion of the favorable growing zone to the north and west, the main production areas still remain the Steppe and the southern Forest-Steppe zones. This is explained by favorable climatic conditions and logistical proximity to seaports. Particular attention is paid to the transformation of the State Register of Plant Varieties in 2025,



© Каламбет В.В., Гангур В.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

which recorded a sharp decline (by 40%) in the number of registered hybrids due to an increase in state fees. The structure of the seed market has also been analyzed, revealing the dominance of hybrids of foreign (primarily French) and domestic breeding. A classification of hybrids is provided according to their end use (linoleic – 86%, high-oleic, confectionery, and new forage types) as well as according to herbicide-based weed control technologies (conventional, Sumo, Clearfield, Clearfield Plus, and A.I.R.). The article also thoroughly examines the issue of sunflower broomrape (*Orobanche cumana*) and evaluates the effectiveness of genetic resistance and chemical control methods in managing its presence in sunflower crops. The advantages and disadvantages of modern production-based weed control systems are highlighted, in particular the absence of carryover in the ExpressSun technology against the potential phytotoxic effects of imidazolinones in the Clearfield system. The biological characteristics of the crop are scientifically substantiated, including optimal temperatures for seed germination (20–24°C), requirements for accumulated active temperatures, and adequate moisture supply during critical growth stages (from the star stage to flowering). In addition, the effectiveness of mineral fertilizer application has been demonstrated, particularly the $N_{32}P_{32}K_{32}$ scheme combined with foliar feeding, which ensures a yield increase of 8.6–13.3%. However, this approach requires thorough energy and economic justification. Based on the analysis of 113 genotypes, a direct correlation between the hybrid maturity group and its yield or oil content has been disproven, indicating that the adaptability of a specific genotype plays a more significant role than the duration of the growing season.

Key words: sunflower, hybrid, profitability, herbicide technology, sunflower broomrape, yield, mineral nutrition, maturity group.

Актуальність теми дослідження. Згідно даних Державної служби статистики України за 2023–2025 рр., найбільш поширеною сільськогосподарською культурою в країні став соняшник, обігнавши за площею посіву, основну продовольчу культуру – пшеницю (рис. 1). За останні десять років площі його посіву знаходилися у межах п'яти млн га [1].

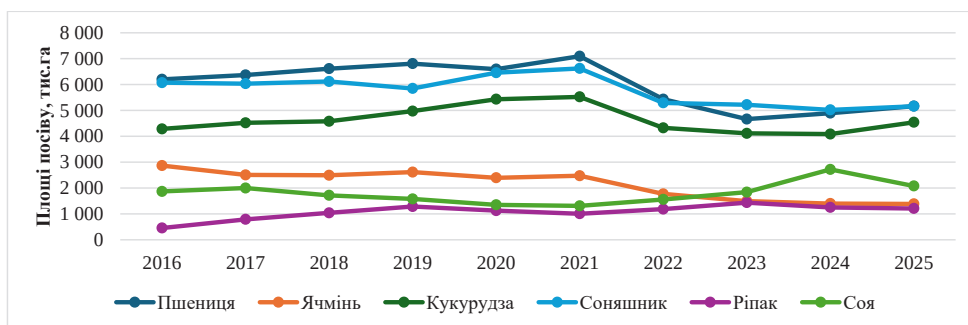


Рис. 1. Динаміка площ посіву соняшнику у порівнянні з основними польовими культурами в Україні, 2016–2025 рр. (Державна служба статистики)

Причиною цього є його висока рентабельність відносно інших культур – на рівні 30 % у 2024 р. [2] і зростаючий тренд на ціну соняшникової олії [3]. Поряд із цим відбувається чисельність досвічених фахівців, які добре володіють особливостями технології вирощування культури, запроваджуються нові гібриди з високою біологічною адаптацією до умов вирощування. Це все сприяє зростанню привабливості соняшника як культури, що забезпечує стабільний прибуток українським агровиробникам. Тому актуальним є розширення і поглиблення тематики наукових досліджень, щодо удосконалення, адаптації технології вирощування

соняшнику до регіональних ґрунтово-кліматичних умов, що забезпечить належну реалізацію потенціалу продуктивності сучасних гібридів соняшнику.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Варто відзначити, що за останні три роки спостерігається тенденція до збільшення посівних площ соняшнику в північній та західній частинах України, однак основними регіонами вирощування соняшнику залишаються зона Степу та південного Лісостепу (рис. 2). Наприклад, тільки в Дніпропетровській та Кіровоградській областях разом сіється понад 26 % всього українського соняшнику [1].

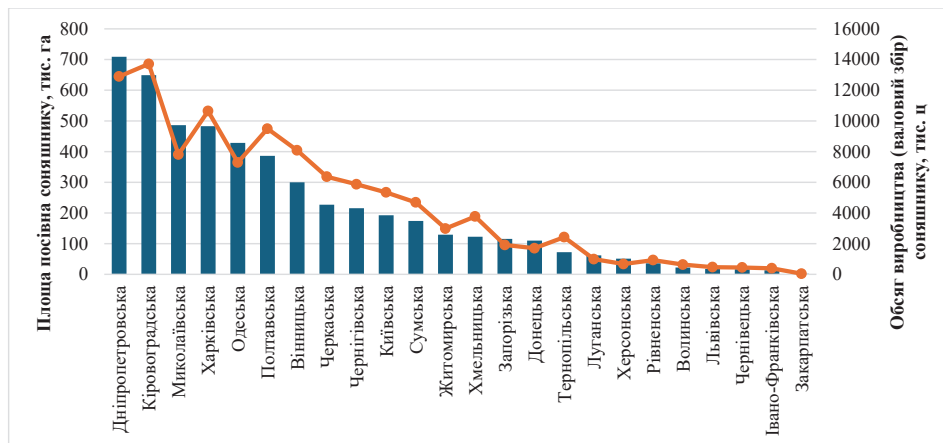


Рис. 2. Площі посіву та обсяги виробництва соняшнику в розрізі областей України в 2024 р. (Державна служба статистики)

Основними чинниками такого регіонального розподілу площі із вирощування соняшнику насамперед є більш сприятливі кліматичні умови Півдня країни та дешевша логістика до чорноморських портів і південних кордонів. Не дивлячись на великі втрати врожаю від посухи у 2025 р., соняшник залишається основною ярою культурою Степу.

В середньому щороку до Державного реєстру сортів рослин України заносяться близько 80 нових гібридів і практично така ж їх кількість виключається з нього. В 2025 р., кількість виключених з реєстру гібридів соняшнику різко збільшилася (понад 400) [4], а число зареєстрованих гібридів і сортів зменшилося орієнтовно на 40 %. Основною причиною цього є різке зростання розміру державних зборів за підтримку сортів в реєстрі та скасування пільг для державних селекційних установ на їх оплату. Це серйозно вплине на доступність багатьох традиційних гібридів для невеликих виробників, що орієнтуються на недорогий посівний матеріал, а зменшення пропозиції насіння соняшнику може призвести до збільшення його ринкової ціни.

Класифікація гібридів соняшнику. Станом на листопад 2025 р., в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні знаходився 681 гібрид і декілька сортів соняшнику [4]. Даний факт вказує на значну перевагу гібридів над сортами у врожайності та олійності насіння. Якщо говорити про товарне виробництво, то фактично, йдеться тільки про домінування гібридів у посівах соняшнику.

За напрямом використання біля 86 % всіх зареєстрованих гібридів є лінолевими, частка високо олійнових становить 11–12 %. Дуже невелика кількість кондитерського соняшнику – лише 6–7 гібридів. Хоча товарне насіння високоолійнових гібридів соняшнику має додаткову премію від закупівельників, більшість виробників надають їм перевагу через відсутність вимоги до просторової ізоляції полів за їх вирощування. Впродовж останніх років на ринку почав з'являтися новий напрямок використання соняшнику – фуражний. Такі гібриди вирізняються підвищеним вмістом білка та клітковини за одночасного зниження олійності, призначені переважно для потреб птахівництва.

Враховуючи велику частку культури соняшнику в польових сівозмінах, природно, що в ґрунті відбувається транслокація та накопичення насіння бур'янів різних біологічних груп, які легко досягають економічного порогу шкідливості. Тому напрямок гербіцидного захисту соняшнику набув актуальності та мав широкий розвиток. Селекційні та хімічні компанії в колаборації почали створювати гібриди соняшнику з генетичною стійкістю до певних груп хімічних речовин. Звідси маємо ще одну класифікацію гібридів – **за технологією гербіцидного захисту**: класичні гібриди, Sumo – гібриди стійкі до діючої речовини групи сульфонілсечовин, Clearfield, Clearfield Plus – гібриди стійкі до групи імідазолінонів, A.I.R. – гібриди стійкі до двох груп (сульфонілсечовини+імідазолінони). На сьогодні в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні як класичні ідентифікується близько 36 % гібридів, стійких до імідазолінонів біля 32 %, стійких до сульфонілсечовин 26 %, стійких до двох груп менше 1 % (3 гібриди) [4]. Кожна з цих видів гербіцидної технології має свої переваги та недоліки і, загалом, спрощує виробництво насіння соняшнику за певних умов. Ціна насіння класичних гібридів соняшнику зазвичай є нижчою ніж насіння гібридів з генетичною стійкістю до гербіцидів. Варто відзначити, що за вирощування класичних гібридів соняшнику боротьба з бур'янами обмежена – це механічне знищення за проведення агротехнічних заходів або застосування ґрунтових гербіцидів, що менш ефективно та дорожче в умовах високого тиску бур'янів і все частіших посух, оскільки ефективність дії ґрунтових гербіцидів в значній мірі залежить від наявності вологи в посівному шарі ґрунту. Високу ефективність виробничої системи Clearfield та Clearfield Plus (гібриди стійкі до імідазолінонів+ІМІ-гербіцид) проти паразитуючого бур'яну Вовчка соняшникового (*Orobanche cumana*) вже було практично доведено на товарних посівах соняшнику. Тому кількість зареєстрованих гібридів у Держреєстрі під дану технологію зростала. Крім ефективного контролю Вовчка соняшникового ця система добре контролює і широкий спектр інших бур'янів, мало залежить від погодних умов та наявності вологи в ґрунті, здешевлює виробництво насіння соняшнику. Водночас вже виявлено явища, що доводять існування негативної післядії ІМІ-гербіцидів (д.р. імазапир, імазамокс) на наступні культури у сівозміні [5, с. 30–40]. Фітотоксичний вплив гербіцидів системи Clearfield та Clearfield Plus у сівозміні дещо стримав поширення стійких до них гібридів соняшнику. Тому останніми роками почали широко використовувати генетично стійкі гібриди до групи сульфонілсечовин – система ExpressSun. Доцільність частого використання таких продуктів – це відносна дешевизна технології, висока ефективність, відсутність післядії гербіцидів (д.р. трибенурон-метил, тифенсульфурон-метил). Із недоліків можна виділити низьку чутливість Вовчка соняшникового до гербіцидів даної системи і це стримує поширення таких гібридів у зонах масового поширення у посівах цієї рослини-паразиту (Південь, Схід). Деякі дослідження

доводять вищу урожайність певних гібридів стійких до групи сульфонілсечовин в порівнянні з гібридами стійких до імідазолінонів. Існує ще один клас гібридів соняшнику, який ще не набув широкого застосування, – це система A.I.R., яка поєднує в собі дві попередні – одночасну генетичну стійкість гібриду до сульфонілсечовин та імідазолінонів. Використання даних гербіцидів на адаптованих гібридах забезпечує найширший контроль бур'янів.

Поряд з цим варто відзначити, що культивування соняшнику призначеного під певні гербіцидні технології спричинює одну із істотних проблем – це контроль падалиці таких гібридів, що вимагає додаткових витрат на захист наступної після соняшнику культури. Тому, незважаючи на зростаючий тренд до використання генетично стійких гібридів соняшнику до хімічних сполук, в майбутньому є місце і класичним гібридам, які будуть доречними за посилення екологізації сільськогосподарського виробництва.

Кожна насіннева компанія, ведучи селекційний процес, враховує фітосанітарний стан середовища, в якому буде існувати гібрид соняшнику. Особливо важливим є генетична стійкість гібриду до Вовчка соняшникового, зважаючи на стрімке поширення даного паразитуючого бур'яну та його шкодочинність в агробіоценозах [6, с. 138–139]. На насінневому ринку сформувався ще один поділ всіх гібридів – **щодо стійкості до рас Вовчка соняшникового** (раси A, B, C, D, E, F, G). За системи виробництва класичних гібридів соняшнику, де ефективність препаратів ґрунтової дії для захисту посівів від бур'янів залежить від вологості ґрунту та його температури, важливою є стійкість до всіх відомих рас Вовчка соняшникового – від першої до сьомої (A–G). Для гібридів під гербіцидні технології стійкість до більшої кількості рас залишається важливою, але не такою критичною. Тому зараз на ринку можна зустріти гібриди стійкі до імідазолінонів, що мають стійкість тільки до п'ятої раси вовчку включно (A–E). Загалом серед комерціалізованих гібридів соняшнику для товарного виробництва насіння немає гібридів із стійкістю нижче раси E.

Гібриди соняшнику також поділяються **за рекомендованою зоною вирощування**, яка вказана у Державному реєстрі [4]. Так, біля 63 % гібридів рекомендовано для вирощування у зоні Степу і Лісостепу, 17 % – у Лісостепу, 8 % – у Степу і 4 % – у всіх агрокліматичних зонах.

Ринок соняшнику України є одним із ключових в світі для селекційних і насінневих компаній. Тому присутня велика кількість вітчизняних та іноземних підприємств, що займаються селекцією, виробництвом насіння та постачають його на ринок. Найбільші з них: Lidea (83 зареєстровані гібриди), Syngenta (78 гібридів), Limagrain (64 гібриди), Mas seeds (59 гібридів), Corteva (42 гібриди), RAGT (38 гібридів), ТОВ «ВНІС» (25 гібридів), Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України (17 гібридів).

За походженням країни заявника гібриду в Україні найбільше французьких (277 шт.) та українських (206 шт.) гібридів соняшнику, наступними за кількістю йдуть гібриди з Швейцарії (66 шт.), Румунії (16 шт.), Сербії (15 шт.) та Німеччини (15 шт.).

Біологічні особливості гібридів соняшнику. До біологічних особливостей соняшнику як польової культури можна віднести морфологічну будову, період вегетації, реакцію на живлення та умови вирощування (температура, волога, світло, площа живлення), опірність хворобам і шкідникам, урожайність, якість продукції [7, с. 359–364].

Соняшник однорічний (*Helianthus annuus* L.) добре пристосований до умов різкого континентального клімату та має добру посухостійкість. Сходи соняшнику можуть витримувати короткочасне зниження температури до мінус 8°C. Оптимум температур для проростання насіння знаходиться в межах 20–24°C але насіння може прорости вже за температури 4–6°C. З'явлення сходів залежить від температури ґрунту і, зазвичай, відбувається через 6–28 діб. В процесі росту і розвитку рослин вимоги до температурного режиму підвищуються і у фазу цвітіння оптимальною температурою для культури є 25–27°C [8, с. 37–58]. Соняшник може адаптуватися до підвищених температур, що робить цю культуру цінною в умовах постійного глобального потепління. Навіть за високих сезонних температур та низького гідротермічного коефіцієнту ця культура формує помірні врожаї. Для соняшнику не є критичними загальна сума температур і опадів за період вегетації, а наявність їх в певні фази розвитку [9, с. 48–53]. Сума активних температур, що необхідна для розвитку рослин становить: для ранньостиглих гібридів соняшнику – від 2000°C, для середньостиглих – від 2150°C [9, с. 48–53]. Враховуючи те, що соняшник рослина короткого світлового дня, то в південніших регіонах його досягання відбуватиметься швидше.

Транспіраційний коефіцієнт соняшнику становить 470–700. Аналіз результатів досліджень свідчить, що для активного проростання насіння соняшнику необхідно у 8–16 разів більше води від маси насінини. При чому як менша так більша кількість води буде шкідливою для розвитку проростків [10, с. 608]. Соняшник найбільше споживає води від фази зірочка-цвітіння – до 60 % від всього споживання за вегетацію, найменше у фазу дозрівання – 17 %.

Вимогливість соняшнику до мінерального живлення. В дослідженнях, проведених в умовах Лівобережного Лісостепу України виявлено, що приріст урожайності на удобрених ділянках був на рівні 8,6–13,3 % порівняно з ділянками без добрив. Водночас різниця в урожайності насіння між гібридами, що досліджували становила від 4,1 до 7,6 % в розрізі всіх варіантів удобрення. Також спостерігали підвищення вмісту олії в насінні соняшнику від застосування мінеральних добрив [11, с. 55]. Різні за стиглістю гібриди можуть дещо по-різному реагувати на мінеральний фон [12, с. 482]. Це підтверджується результатами досліджень Полтавської ДСГДС ім. М. І. Вавилова, де у ранньо- та середньостиглого гібридів соняшнику збільшувалася площа листової поверхні із підвищенням дози мінеральних добрив, а у середньораннього гібриду зупинялася на певному рівні живлення [13, с. 7–8]. Згідно результатів дворічних досліджень одержаних в зоні Лівобережного Лісостепу України найоптимальнішою системою удобрення для ранньостиглого, середньораннього та середньостиглого гібридів соняшнику виявився варіант із внесенням мінеральних добрив в дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$ плюс позакореневе підживлення посівів карбамідом (10 кг/га) у фазу 5–6 пар листків. Ця система удобрення сприяла формуванню найбільшої листової поверхні, діаметр кошика та масу 1000 насінин. Також на цьому варіанті удобрення було одержано максимальний приріст урожайності насіння та збір олії з одного гектара у всіх дослідних гібридів [14, с. 54–55].

При застосування мінеральних добрив слід зважати на збільшення витрат сукупної енергії. Хоча підвищення дози мінеральних добрив переважно прямо пропорційне збільшенню урожайності соняшнику, але цей приріст не завжди є економічно обґрунтованим. Результати досліджень свідчать, що навіть високий

рівень урожайності не завжди окупляє енергетичні витрати на застосування добрив [15, с. 17].

Дослідження хорватських науковців свідчать про залежність рівня урожайності соняшнику від площі живлення рослин та біологічних особливостей гібриду [16, с. 3446]. Вони відзначають, що ранньостиглий гібрид соняшнику поступався за продуктивністю середньостиглому гібриду як за урожайністю насіння, так і за збором олії з одного гектара. Встановлено, що морфологічні ознаки такі як висота рослин, діаметр кошику, діаметр стебла, маса 1000 насінин та натура насіння гібридів, які вивчали, проявлялися по-різному за неоднакової площі живлення. Одні гібриди були більш чутливими до зміни площі живлення, інші – істотно не реагували. Єдиною ознакою, що не варіювала у разі зміни площі живлення за всіма гібридами – це кількість листків на рослині.

Важливою біологічною особливістю гібридів соняшнику є тривалість періоду від появи сходів до цвітіння. За результатами дворічного вивчення 28 різних гібридів соняшнику в умовах Лівобережної України не було встановлено чіткого впливу групи стиглості гібриду на біологічну урожайність. Дослідники відмічають тільки той факт, що найменшу висоту рослин переважно формували гібриди ранньостиглої та середньоранньої груп та констатують, що ця особливість зумовлена менш тривалим періодом вегетації [17, с. 63]. Загалом ця ознака характерна для багатьох рослин і, зокрема, для деяких видів родини Айстрових [18, с. 752]. Гіпотезу про відсутність зв'язку між групою стиглості гібридів та урожайністю було підтверджено в дослідях проведених в умовах західного Лісостепу України [19, с. 68]. В польовому скринінгу 113 різних генотипів соняшнику, де досліджували зв'язок між продуктивністю рослин та морфологічними ознаками, також не було встановлено кореляції між групою стиглості та урожайністю і вмістом олії в насінні соняшнику [20, с. 30].

Також лабораторними тестами не підтверджено зв'язок між групою стиглості та холодостійкістю гібридів соняшнику. В цьому ж досліді не спостерігали кореляції між польовою холодостійкістю та врожайністю насіння. Середньостиглі гібриди формують найбільшу площу листової поверхні порівняно з середньоранніми та ранньостиглими. Максимальний показник листової поверхні соняшник набуває у фазу цвітіння незалежно від групи стиглості і гібриду [21, с. 19].

Висновки. Враховуючи значну роль соняшнику для економіки та продовольчої безпеки всього світу продовжується активна експериментальна робота із цієї культурою. Перманентні зміни клімату, створення нових гібридів спонукають до розширення і поглиблення наукових досліджень та розробки інноваційних технологічних рішень. В Україні площі соняшнику є найбільшими в розрізі основних польових культур. Відзначено збільшення реєстрації та використання на виробництві гербіцидостійких гібридів порівняно з класичними гібридами. Щороку реєструється біля 80 нових гібридів соняшнику, які потребують вивчення та адаптації до конкретних умов вирощування. Результати останніх досліджень вказують на слабку залежність продуктивності соняшнику від його групи стиглості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Державна служба статистики. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур. URL: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/ploshchi-valovi-zbory-ta-urozhaynist-silskohospodarskykh-kultur-0> (дата звернення: 30.10.2025).
2. Онлайн-ресурс AgroPortal.ua: URL: <https://agroportal.ua/publishing/analitika/chogo-chekati-agrariyam-u-2025-roci> (дата звернення: 30.10.2025).

3. Онлайн-ресурс Trading Economics: URL: Sunflower Oil – Price – Chart – Historical Data – News (дата звернення: 30.10.2025).
4. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reystir-sortiv-roslin> (дата звернення: 10.11.2025).
5. Борзих О., Сергієнко В., Сторчоус І. Дослідження післядії гербіцидів на основні сільськогосподарські культури. *Вісник аграрної науки*. 2022. Т. 100. № 4. С. 30–40. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202204-04>
6. Шевченко С., Вельчев К., Бабаханов І. Особливості поширення вовчка соняшникового (*Orobanche Cuscuta* Wallr.) у короткоротаційних сівоzmінах соняшника. *Сучасні технології агропромислового виробництва* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Кропивницький, 14-15 листопада 2024 р.). Кропивницький: ЦНТУ, 2024. С. 138–139.
7. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво: підручник. За ред. О. І. Зінченка. Київ, 2001. 591 с.
8. Орлов О.І. Соняшник: біологія, вирощування, боротьба із хворобами і шкідниками. Київ, 2013. 624 с.
9. Одинець С. І. Вплив варіювання кліматичних факторів на показники продуктивності гібридів соняшника. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2025. № 38. С. 48–58. doi: 10.36710/IOC-2025-38-05
10. Haj Sghaier A., Khaeim H., Tarnawa A., Kovács G. P., Gyuricza C., Kende Z. Germination and Seedling Development Responses of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds to Temperature and Different Levels of Water Availability. *Agriculture*. 2023. Vol. 13(3). P. 608. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030608>
11. Гангур В. В., Космінський О. О., Лень О. І., Тоцький В. М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 50–56. doi: 10.31210/visnyk2022.02.05
12. Horablagha M. N., Buzna C., Sala F. Productivity of some sunflower hybrids-comparative analysis. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*. 2024. Vol. 24(1). P. 475–484.
13. Гангур В. В., Космінський О. О. Формування фотосинтетично-активної поверхні рослин гібридів соняшнику залежно від норм добрив. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(2). С. 5–9. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.01>
14. Тоцький В. М., Гангур В. В., Оніпко В. В., Міщенко О. В., Космінський О. О., Поляков І. А., Мотрич Р. Ю. Вплив системи удобрення на біометричні, продуктивні та якісні показники гібридів соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(3). С. 52–57. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.10>
15. Гангур В. В., Космінський О. О. Біоенергетична оцінка ефективності різних рівнів мінерального живлення у технології вирощування соняшнику. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27(1). С. 13–18. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.02>
16. Markulj Kulundžić A., 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(22). P. 3446. <https://doi.org/10.3390/plants14223446>
17. Чуйко Д. В., Кириченко В. В., Білик В. В. Agrobiological Evaluation of Sunflower Hybrids in Eastern Ukraine. *Селекція і насінництво*. 2025. № 127. С. 56-67. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2025.333766>
18. Segrestin J., Navas M.-L. and Garnier E. Reproductive phenology as a dimension of the phenotypic space in 139 plant species from the Mediterranean. *New Phytol*. 2020. № 225. С. 740-753. <https://doi.org/10.1111/nph.16165>
19. Багай Т., Лихочвор В. Урожайність соняшнику (*helianthus annuus*) залежно від гібрида в умовах Західного Лісостепу України. *Вісник Львівського національ-*

ного університету природокористування. *Серія Агрономія*. 2022. № 26. С. 67–71. <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.067>

20. Гарбар Л. А., Ванджура М. В. Біометричні параметри асимілюючої поверхні рослин соняшнику. *Аграрні інновації*. 2025. № 31. С. 29-34. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.5>

21. Sharma Y., Kaila V. Deciphering Trait Interrelationships in Sunflower (*Helianthus annuus* L.): A Multivariate Approach to Optimise Seed Yield and Oil Quality. *Journal of Scientific Research and Reports*. 2025. Vol. 31. P. 17-29. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i83346>

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 635.781:631.526.3:631.559](477.4)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.17>

СОРТОВІ ВІДМІННОСТІ ТА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ПЕТРУШКИ ЛИСТКОВОЇ (*PETROSELINUM CRISPUM*) У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Кецкало В.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри овочівництва,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-9137-6470**Щетина С.В.** – д.с.-г.н.,

професор кафедри овочівництва,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0001-8504-2944

Зважаючи на тенденції сучасного овочівництва, особливу увагу приділяють сортовим особливостям культур, оскільки від генетичних характеристик конкретного сорту залежить формування продуктивності, ефективне використання живлення та стійкість до стресових чинників. Тому ефективне використання потенціалу культури потребує комплексного вивчення сортових відмінностей, здатності рослин формувати масу листків і їхню якість, а також рівня врожайності під конкретними агротехнічними умовами. У цьому контексті дослідження сортових особливостей листкової петрушки набуває особливої актуальності. У статті наведено результати досліджень щодо впливу сортових особливостей на формування врожайності петрушки листкової (*Petroselinum crispum*) в умовах правобережного Лісостепу України. Дослідження проводили впродовж 2022–2025 рр. на дослідному полі Уманського національного університету. Об'єктом дослідження були сорти закордонної селекції: Аргон (контроль), Гіганте д'Італія, Катінка, Піоне, Топіт, Фрісе Верт Фонсе. Встановлено, що врожайність петрушки листкової значною мірою залежить від сортових особливостей та погодних умов років вирощування. Найвищі показники врожайності отримано у сортів Фрісе Верт Фонсе (10,1 кг/м²) та Топіт (10,2 кг/м²), які достовірно перевищили контроль на 11–12%. Сорт Аргон сформував середній рівень врожайності – 9,1 кг/м². Менші показники відмічено у сортів Гіганте д'Італія (7,8 кг/м²), Піоне (6,4 кг/м²) та Катінка (5,0 кг/м²). Доведено, що більш продуктивні сорти характеризуються вищою стабільністю врожайності та меншою реакцією на несприятливі погодні умови. Встановлено, що коливання врожайності за роками досліджень становило до 20–25% залежно від гідротермічних умов. За результатами досліджень виділено сорти Топіт і Фрісе Верт Фонсе як найбільш перспективні для вирощування в умовах правобережного Лісостепу України, які забезпечують високий рівень продуктивності та стабільність формування врожаю.

Ключові слова: петрушка листкова, *Petroselinum crispum*, сорт, адаптивність, продуктивність, урожайність.

Ketskalov V.V., Shchetyna S.V. Varieties and yield formation of leaf parsley (*Petroselinum crispum*) in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

The article presents the results of a comprehensive study of biological characteristics, growth dynamics and yield formation of leaf parsley (*Petroselinum crispum*) of foreign origin under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The research was conducted during 2022–2025 at the experimental field of Uman National University. The study included six varieties: Argon (control), Gigante d'Italia, Katinka, Pion, Topit and Frisé Vert Foncé. The methodology involved phenological observations, biometric measurements and yield accounting according



© Кецкало В.В., Щетина С.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

to standard research methods in vegetable production. It was established that the duration of interphase periods varied slightly depending on varietal characteristics. The earliest emergence and faster development were observed in *Gigante d'Italia*, while the longest vegetation period was typical for *Pion*. All varieties were characterized by low variability of phenological traits, indicating high uniformity of development under the given conditions. Significant differences in productivity and yield among the studied varieties were revealed. The highest productivity per plant was recorded in *Topit* (255 g) and *Frisé Vert Foncé* (253 g), exceeding the control by more than 11%. These varieties also formed the highest total yield, 10.2 and 10.1 kg/m², respectively, with stable performance across all harvest periods. In contrast, *Katinka*, *Pion* and *Gigante d'Italia* showed significantly lower yields, indicating reduced adaptive potential. Yield formation was strongly influenced by weather conditions. The most favorable year ensured maximum realization of the genetic potential, while stress conditions led to yield reduction and leveling of varietal differences. Yield variability reached 20–25% depending on hydrothermal conditions. *Topit* and *Frisé Vert Foncé* were identified as the most productive and stable varieties, recommended for cultivation under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: flat parsley, *Petroselinum crispum*, variety, adaptability, productivity, yield.

Постановка проблеми. Петрушка листовка (*Petroselinum crispum*) є пряно-ароматичною овочевою культурою, цінність якої визначається також адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов. Водночас ефективне використання потенціалу культури потребує комплексного вивчення сортових відмінностей, здатності рослин формувати масу листків і їхню якість, а також рівня врожайності під конкретними агротехнічними умовами. Формування врожайності петрушки листової є багатофакторним процесом, який залежить від взаємодії генетичних особливостей рослини, кліматичних умов, типу ґрунту та агротехнічних заходів. У цьому контексті дослідження сортових особливостей культури набуває особливої актуальності, оскільки дозволяє виділити генотипи, які забезпечують високий рівень врожайності, якість продукції та стабільність формування маси листків у різних роках вирощування. Тому метою даного дослідження було визначення впливу сортових відмінностей на формування продуктивності петрушки листової закордонних сортів у правобережному Лісостепу України, а також виявлення більш перспективних для впровадження в інтенсивні технології вирощування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світовій літературі останніх років систематично розглядаються аспекти впливу генотипу, агротехнічної підтримки та екологічних умов на продуктивність листових овочевих культур, зокрема петрушки. Встановлено, що структурно-морфологічні ознаки сорту (площа розетки листків, розмір листових пластинок і темпи наростання вегетативної маси) прямо корелюють із урожайністю листової маси, що дозволяє прогнозувати потенціал продуктивності генотипів на ранніх фазах розвитку [1, с. 805]. У сучасних дослідженнях значна увага приділяється сортовим відмінностям, які проявляються у морфологічних і біологічних особливостях рослин [2, с. 10].

За результатами досліджень, проведених в установах НААН, підтверджено, що формування врожайності петрушки значною мірою залежить від сортових особливостей, зокрема інтенсивності наростання листової маси, площі листової поверхні та структури розетки. Основні напрями селекції базуються на методології створення нових генотипів зі збільшеною основних селективних адаптивних ознак, облиственістю, урожайністю, товарністю, ранньостиглістю, вмісту біохімічних речовин, низьким вмістом нітратів, холодо-, хворобо- та жаростійкістю, придатністю для конвеєрного вирощування [3, с. 189].

Важливим чинником реалізації потенціалу сортів є агротехніка вирощування. Зокрема, оптимальна густота стояння рослин і строки сівби забезпечують ефективне використання площі живлення та ресурсів середовища [4, с. 6]. Дослідження

українських учених свідчать, що порушення цих параметрів призводить до зниження врожайності навіть у високопродуктивних сортів.

Значний вплив на формування врожаю має рівень мінерального живлення. Зокрема, азотне живлення визначає інтенсивність ростових процесів і накопичення листової маси [5, с. 256]. Встановлено, що оптимізація норм внесення добрив сприяє підвищенню продуктивності та якості продукції. Проте, варто контролювати хімічний склад продукції [6, с. 605]. В умовах Лісостепу України важливим обмежувальним фактором є водний режим. За недостатнього або нерівномірного зволоження знижується інтенсивність росту листків і загальна продуктивність культури [7, с. 35]. Окрему увагу приділяють якості продукції. Доведено, що сорти петрушки з високою врожайністю характеризуються підвищеним вмістом біологічно активних речовин, зокрема вітамінів і антиоксидантів [8, с. 3]. Це зумовлює їхню високу харчову та біологічну цінність [9, с. 815; 10, с. 957].

Аналіз літературних джерел свідчить, що формування врожайності петрушки листової є складним процесом, який визначається взаємодією сортових особливостей і факторів середовища. Оптимізація елементів технології вирощування з урахуванням біологічних властивостей сортів є основою підвищення продуктивності культури [11, с. 178; 12, с. 48]. Огляд літератури засвідчує, що попри значну кількість робіт із оцінювання окремих аспектів вирощування петрушки листової, комплексна оцінка сортових відмінностей закордонної селекції саме у врожайності листової маси в умовах правобережного Лісостепу України є недостатньо дослідженим напрямом.

Методика досліджень. Дослідження здійснювали впродовж 2022–2025 рр. на дослідному полі кафедри овочівництва Уманського національного університету. Згідно запланованої схеми досліджували у відкритому ґрунті сорти петрушки листової Аргон (Нідерланди, 2017, контроль), Гіганте д'Італія (Італія, 2021), Катінка (Нідерланди, 2021), Піоне (Нідерланди, 2020), Топіт (Нідерланди, 2021), Фрісе Верт Фонсе (Франція, 2021). Дослідження виконували відповідно до «Методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві». Схемою досліді передбачали проведення фенологічних спостережень, здійснення біометричних вимірювань і визначення показників урожайності [13]. Врожай збирали 3–4 рази залежно від інтенсивності наростання вегетативної маси сорту. Продуктивність і врожайність фіксували по кожному зрізу, також виокремлювали частку товарної та нетоварної продукції. Продукцію сортували згідно ДСТУ 6010:2008 «Петрушка молода свіжа. Технічні умови» (ІОБ УААН) [14, с. 6]. Результати роботи піддавали обробці статистичним методом.

Результати досліджень. Аналіз строків настання фенологічних фаз дає змогу визначити швидкостиглість сортів та їх адаптивний потенціал у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Так, впродовж 2022–2025 рр. встановлено, що тривалість міжфазних періодів у рослин варіювала в межах незначних, але статистично помітних відхилень. Найшвидше поява сходів спостерігалася у Гіганте д'Італія, тоді як у сорту Піоне цей показник був максимальним – 11 діб. Інші сорти, включаючи контрольний Аргон, формували сходи в середньому за 10 діб. Фаза 4–6 листків наставала найраніше у сортів Гіганте д'Італія та Топіт (21 доба), тоді як найпізніше – у сорту Піоне (23 доби). Аналогічна тенденція зберігалася і для фази активного росту розетки: мінімальні значення зафіксовано у сорту Гіганте д'Італія (38 діб), максимальні – у сорту Піоне (41 доба). Період до першого зрізу коливався в межах 58–61 доби. Найраніше господарську придатність формували сорти Гіганте д'Італія та Топіт (58 діб), тоді як сорт Піоне характеризувався

найдовшим періодом – 61 доба. Кінцевий зріз зеленої маси відбувався в інтервалі 108–111 діб. Найкоротший вегетаційний період відзначено у сорту Гіганте д'Італія (108 діб), а найдовший – у сорту Піоне (111 діб). Контрольний сорт Аргон займав проміжне положення.

Найбільша варіабельність відзначена для фази появи сходів ($V = 6,3\%$), що свідчить про більшу залежність цієї фази від генотипу та умов середовища. Найменша мінливість характерна для кінцевого зрізу ($V = 1,0\%$), що вказує на стабільність тривалості повного вегетаційного періоду. Усі досліджувані показники мають низький рівень варіації ($V < 10\%$), що свідчить про високу вирівняність сортів за фенологічним розвитком. Сорт Піоне стабільно характеризується найдовшими міжфазними періодами, тоді як Гіганте д'Італія – найшвидшим розвитком. Отже, отримані результати свідчать про наявність чітко вираженої сортової диференціації за темпами росту та розвитку петрушки листової. Найбільш перспективними з точки зору швидкості є сорти Гіганте д'Італія та Топіт, тоді як сорт Піоне доцільно віднести до пізньостиглої групи.

Порівняльний аналіз даних щодо продуктивності та врожайності сортів листової петрушки демонструє, що контрольний сорт Аргон має середню продуктивність 227 г/роsl. Дещо вищу продуктивність порівняно з контролем показали сорти Топіт – 255 г/роsl (+28 г/роsl) та Фрісе Верт Фонсе – 253 г/роsl (+26 г/роsl), що свідчить про їхню високу потенційну продуктивність. Нижчі показники спостерігали у сортів Гіганте д'Італія (195 г/роsl, -32 г/роsl), Піоне (160 г/роsl, -67 г/роsl) та Катінка (114 г/роsl, -113 г/роsl). Це вказує на значне відставання цих сортів від контрольного (табл. 1).

Таблиця 1

**Продуктивність та врожайність петрушки листової
(середнє за 2022–2025 рр.)**

Сорт	Продуктивність, г/роsl					Загальна врожайність, кг/м²					Відхилення від контролю	
	сумарний показник	збирання врожаю				загальна врожайність	збирання врожаю					
		перше	друге	третє	четверте		перше	друге	третє	четверте	кг/м²	%
Аргон (контроль)	227	68	72	52	35	9,1	2,7	2,9	2,1	1,4	0	0
Гіганте д'Італія	195	62	76	57	–	7,8	2,5	3,0	2,3	–	-1,3	-14
Катінка	114	36	50	28	–	5,0	1,6	2,2	1,2	–	-4,1	-45
Піоне	160	52	63	45	–	6,4	2,1	2,5	1,8	–	-2,7	-30
Топіт	255	78	75	62	40	10,2	3,1	3,0	2,5	1,6	+1,1	+12
Фрісе Верт Фонсе	253	86	95	72	–	10,1	3,4	3,8	2,9	–	+1,0	+11

Загальна врожайність листової маси у контрольного сорту Аргон становила 9,1 кг/м². Сорти Топіт (10,2 кг/м², +1,1 кг/м², +12,3%) та Фрісе Верт Фонсе (10,1 кг/м², +1,0 кг/м², +11,2%) перевищують контрольний сорт, що робить

їх перспективними для інтенсивного вирощування. Сорти Гіганте д'Італія (7,8 кг/м², -1,3 кг/м², -14,1%), Піоне (6,4 кг/м², -2,7 кг/м², -29,5%) та Катінка (5,0 кг/м², -4,1 кг/м², -44,8%) показали значно нижчу врожайність, особливо Катінка, що майже на 45% поступається контролю. Щодо врожайності по чергових збираннях, то контрольний сорт Аргон характеризується збалансованою динамікою: перше збирання – 2,7 кг/м², друге – 2,9 кг/м², третє – 2,1 кг/м², четверте – 1,4 кг/м². Сорти Топіт і Фрісе Верт Фонсе демонструють вищу продуктивність на всіх етапах збору порівняно з контролем: перше збирання – 3,1–3,4 кг/м², друге – 3,0–3,8 кг/м², третє – 2,5–2,9 кг/м². Сорти, які поступаються контролю, зокрема, Гіганте д'Італія, Піоне, Катінка, показують значне зниження продуктивності у кожному збиранні.

Отже, Топіт та Фрісе Верт Фонсе є суттєво продуктивнішими сортами із підвищеною сумарною продуктивністю і стабільним врожаєм по збираннях, ніж контрольний варіант сорт Аргон. Гіганте д'Італія, Піоне і Катінка відстають від контролю, зниження продуктивності коливається від 14% до 45%, що робить їх менш перспективними для інтенсивного вирощування. Контрольний сорт Аргон забезпечує середню продуктивність і стабільний рівень врожайності, що дозволяє його використовувати як базу для порівняння інших сортів у наукових дослідженнях. Звісно, що показники врожайності за роки досліджень змінювалися з урахуванням погодних коливань до 20–25% (табл. 2).

Таблиця 2

Врожайність петрушки листової, кг/м²

Сорт	Роки				Середнє значення
	2022	2023	2024	2025	
Аргон (контроль)	8,4	9,2	9,6	9,1	9,1
Гіганте д'Італія	7,1	7,9	8,3	7,9	7,8
Катінка	4,4	5,2	5,6	4,8	5,0
Піоне	5,8	6,5	6,9	6,4	6,4
Топіт	9,4	10,4	10,9	10,1	10,2
Фрісе Верт Фонсе	9,3	10,2	10,9	10,0	10,1
<i>НІР₀₅</i>	0,45	0,50	0,55	0,48	–

Так, 2022 рік був посушливий з нестабільними погодними умовами), тому відмічена нижча врожайність і мінімальні показники у всіх сортів. Різниця між сортами зменшується (стрес «вирівнює» генетичний потенціал). Умови 2023 року виявилися більш сприятливими, що помітно по зростанню врожайності у всіх сортів та починає чітко проявлятися сортова різниця. У 2024 році внаслідок оптимальних умов для рослин проявилася максимальна реалізація потенціалу сортів та найбільша різниця між варіантами. Внаслідок частково посушливих умов 2025 року спостерігали невелике зниження врожайності та стабільні сорти показують менше зниження врожайності.

Результати дослідження показали, що врожайність значною мірою залежить як від біологічних особливостей сорту, так і від погодних умов року. Встановлено чітку диференціацію досліджуваних сортів за рівнем продуктивності, що підтверджується стабільністю отриманих показників у всі роки дослідження. Встановлено достовірну перевагу сортів Топіт і Фрісе Верт Фонсе над контролем,

що підтверджується перевищенням НІР₀₅. Найменшу врожайність стабільно формував сорт Катінка, що свідчить про його низьку адаптивність до змінних умов середовища.

Висновки та пропозиції. Встановлено суттєвий вплив сортових особливостей на формування врожайності петрушки листової в умовах правобережного Лісостепу України. Виявлено чітку диференціацію сортів за рівнем продуктивності та стабільністю формування врожаю. Найвищу врожайність забезпечили сорти Топіт та Фрісе Верт Фонсе, які достовірно перевищили контрольний сорт Аргон на 11–12% в усі роки досліджень, що свідчить про високий рівень адаптивності та здатність ефективно реалізовувати генетичний потенціал у різних погодних умовах. Сорти Гіганте д'Італія, Піоне та Катінка поступалися контролю за рівнем врожайності відповідно на 14%, 29% та 45%. Найнижчі показники отримано у сорту Катінка, що свідчить про його низьку продуктивність та недостатню адаптивність до умов вирощування. Сорт Піоне характеризувався середньо-низьким рівнем врожайності, тоді як Гіганте д'Італія займав проміжне положення. При цьому більш продуктивні сорти (Топіт, Фрісе Верт Фонсе) відзначалися вищою стабільністю показників, тоді як менш продуктивні сильніше реагували на стресові фактори. Таким чином, для умов правобережного Лісостепу України найбільш перспективними є сорти Топіт і Фрісе Верт Фонсе, які забезпечують високий і стабільний рівень врожайності листової маси та можуть бути рекомендовані для інтенсивних технологій вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Jadczyk D., Bojko K., Wysocka G., Szymańska M. Yield and biological properties of leaf parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym. ex A. W. Hill). *Journal of Elementology*. 2019. Vol. 24, № 2. P. 803–815. DOI:10.5601/jelem.2018.23.4.1697
2. Науково-практичні підходи селекції і насінництва петрушки та пастернаку. Теорія і практика: моногр. / С.І. Корнієнко та ін. Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. 152 с.
3. Штепа Л.Ю., Горова Т.К. Вихідний матеріал для селекції на адаптивність петрушки кучерявої (*Petroselinum crispum*). *Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах*: зб. матеріалів наук.-практ. конф. Інституту овочівництва і баштанництва НААН. Харків, 2018. С. 189–190.
4. Кононученко В.В. Зелені овочеві культури: навч.-практ. вид. Київ : Аграрна освіта, 2010. 200 с.
5. Petropoulos S.A., Olympios C.M., Passam H.C. The effect of nitrogen fertilization on plant growth and the nitrate content of leaves and roots of parsley in the Mediterranean region. *Scientia Horticulturae*. 2008. Vol. 118(3). P. 255–259. DOI:10.1016/j.scienta.2008.05.038
6. Franciscato L.M.S.dos S., Mendes S.S., Frederico C., Gonçalves J.E., Faria M.G.I., Gazim Z.C., Ruiz S.P. Parsley (*Petroselinum crispum*): chemical composition and antibacterial activity of essential oil from organic against foodborne pathogens. *Australian Journal of Crop Science*. 2022. Vol. 16, No. 5. P. 605–611. <https://doi.org/10.21475/ajcs.22.16.05.p3585>
7. Балашова Г.С. Вплив водного режиму на продуктивність овочевих культур. *Зрошуване землеробство*. 2017. Вип. 68. С. 34–38.
8. Marín I., Sayas-Barberá E., Viuda-Martos M., Navarro C., Sendra E. Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Essential Oils from Organic Fennel, Parsley, and Lavender from Spain. *Foods*. 2016. Vol. 5(1):18. <https://doi.org/10.3390/foods5010018>

9. Farzaei M.H., Abbasabadi Z., Shams Ardekani M.R., Rahimi R., Farzaei F. Parsley: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities. *Journal of Traditional Chinese Medicine*. 2013. Vol. 33, No. 6. P. 815–26. [https://doi.org/10.1016/s0254-6272\(14\)60018-2](https://doi.org/10.1016/s0254-6272(14)60018-2)
10. Bahramsoltani R., Ahmadian R., Daglia M., Rahimi R. Petroselinum crispum (Mill.) Fuss (Parsley): An Updated Review of the Traditional Uses, Phytochemistry, and Pharmacology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2024. Vol. 72, No. 2. P. 956–972. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c06429>
11. Кецкало В.В. Підвищення ефективності виробництва петрушки городньої за рахунок оновлення сортименту. *Scientific bases of agriculture, development of ways of its effective development: collective monograph* / Gryshchenko V., Bilokur D. etc. International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 2022. P. 172–179. DOI 10.46299/ISG.2022.MONO.AGRO.1
12. Кецкало В.В., Тернавський А.Г., Поліщук Т.В. Значення сорту в агротехнології петрушки городньої. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 99. С. 47–58. DOI 10.31395/2415-8240-2021-99-1-47-58
13. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві: навч. посіб. Харків: Основа, 2001. 369 с.
14. ДСТУ 6010:2008. Петрушка молода свіжа. Технічні умови. [Чинний від 01.01.2010]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 10 с. URL: <https://ukrmts.com/docsdbs/10381.html> (дата звернення: 07.04.2026)

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 631.8:633.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.18>

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ПОСІВІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

Киричок О.О. – аспірант кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0003-3917-9714

Представлено результати досліджень щодо вивчення впливу рівнів мінерального удобрення та систем захисту на формування врожайності та якісних показників зерна ячменю ярого. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2024–2025 рр. на дослідному полі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М.І. Вавилова.

Встановлено, що ключовим чинником інтенсифікації продукційного процесу в технології вирощування ячменю ярого є збалансоване живлення. Внесення мінімальної дози $N_{20}P_{20}K_{20}$ сприяло збільшенню урожайності зерна культури на 25,7 % відносно контролю. Збільшення дози добрив до $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{40}P_{40}K_{40}$ дозволило підвищити врожайність, відповідно, на 40,8 та 55,9 %. Виявлено, що прикореневе підживлення посівів ячменю ярого у фазу куціння (N_{30}) забезпечило одержання приросту урожайності в межах 0,05–0,08 т/га.

Доведено, що перехід від мінімального до комплексного захисту посівів сприяє підвищенню продуктивності посівів ячменю на 14,3–18,9 %. Найбільш ефективним було поєднання максимальної норми добрив ($N_{40}P_{40}K_{40} + N_{30}$) із позакореневим підживленням мікродобривом Ярило «Супер азот», що забезпечило збільшення врожайності у 2,2 раза (приріст 2,39 т/га) порівняно з базовою технологією.

Оцінка якісних параметрів підтвердила позитивний вплив інтенсифікації технології вирощування за рахунок збільшення доз мінеральних добрив, впровадження комплексної системи захисту посівів та проведення позакорневих підживлень фізіологічно активними речовинами на білковість зерна. Максимальний вміст білка зафіксовано на фоні сумісного застосування високих норм мінеральних добрив та препарату Ярило «Супер азот», що на 1,8 % перевищило контрольний показник. Використання гумату калію також сприяло покращенню якості зерна, забезпечивши підвищення вмісту білка на 0,2–0,4 % відносно базової схеми.

Ключові слова: ячмінь ярий, врожайність, мінеральні добрива, система захисту, гумат калію, мікродобрива, білковість.

Kyrychok O.O. Influence of Mineral Nutrition and Crop Protection System on Spring Barley Yield

The results of studies exploring the effect of mineral fertilizer application rates and protection systems on the yield and quality characteristics of spring barley are presented. The experimental studies were conducted in 2024–2025 at the experimental field of the Poltava State Agricultural Research Station named after M.I. Vavilov. It has been established that balanced nutrition is a key factor in intensifying the production process in spring barley cultivation. The application of $N_{20}P_{20}K_{20}$ increased the grain yield by 25,7% compared to the control. Increasing the fertilizer dose to $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{40}P_{40}K_{40}$ resulted in yield increases of 40,8% and 55,9%, respectively. It was found that root feeding of spring barley crops during the tillering stage (N_{30}) resulted in a yield increase of 0,05–0,08 t/ha. It has been established that the transition from minimal to comprehensive crop protection contributes to a 14,3–18,9% increase in barley yields. The most effective approach was combining the maximum fertilizer rate ($N_{40}P_{40}K_{40} + N_{30}$) with foliar application of the Yarylo “Super Nitrogen” micronutrient fertilizer, which resulted in a 2,2-fold



© Киричок О.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

increase in yield (an increase of 2,39 t/ha) compared to the basic technology. An analysis of quality parameters confirmed the positive impact of intensified cultivation practices achieved through increased application rates of mineral fertilizers, the introduction of a comprehensive crop protection system, and the application of foliar fertilizers containing physiologically active substances on protein content in the grains. The highest protein content was recorded when high doses of mineral fertilizers were applied in combination with the Yarylo "Super Azot" fertilizer, exceeding the control value by 1.8%. The use of potassium humate also contributed to improved grain quality, resulting in a 0,2–0,4% increase in protein content compared to the basic scheme.

Key words: spring barley, yield, mineral fertilizers, protection system, potassium humate, micronutrients, protein content.

Постановка проблеми. Стратегічним вектором агропромислового комплексу України традиційно залишається виробництво зерна, яке визначає рівень продовольчої безпеки та формує експортний потенціал держави. Водночас впродовж останнього десятиліття в структурі виробництва фуражного та продовольчого зерна спостерігається зменшення частки ячменю ярого [1, с. 38; 2, с. 285].

Посилення конкуренції на світовому ринку зерна призвело до зміни пріоритетів щодо вирощування сільськогосподарських культур та трансформації структури посівних площ. Сільськогосподарські підприємства надають перевагу вирощуванню більш рентабельних та високоліквідних культур, таких як кукурудза, пшениця та соя, що є однією з причин скорочення посівних площ під ячменем [3, с. 42]. Сучасний асортимент сортів ячменю ярого представлений переважно інтенсивними формами, які мають високий генетичний потенціал продуктивності, проте вимагають максимального врахування їх біологічних особливостей та чіткого управління всіма процесами вирощування [4, с. 246]. Попри значний агрокліматичний потенціал, середня врожайність культури в Україні істотно поступається показникам країн Західної Європи. У зв'язку з цим, удосконалення технологій вирощування має бути зосереджене на максимальній реалізації генетичного потенціалу продуктивності сортів інтенсивного типу. Ключовим елементом технології у цьому контексті є оптимізація системи живлення.

Застосування добрив є найбільш швидкодіючим прийомом підвищення продуктивності ячменю, проте досягнення максимальних показників урожайності можливе лише за умови формування раціонального балансу елементів живлення відповідно до біологічних вимог культури [5, с. 129; 6].

Отже, у зв'язку з цим виникає необхідність наукового обґрунтування системи живлення та захисту посівів з метою стабілізації продуктивності ячменю ярого, мінімізації негативного впливу біотичних і абіотичних чинників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фізіологічною особливістю ячменю ярого є поєднання значного виносу макроелементів із відносно слабким розвитком кореневої системи, основна маса якої розміщена в 20–30 см шарі ґрунту. Це зумовлює підвищену вимогливість культури до наявності у ґрунті легкодоступних форм елементів живлення, що реалізовується через впровадження науково обґрунтованої системи удобрення [7, с. 124].

Дослідженнями встановлено, що використання мінеральних добрив сприяє покращенню морфометричних параметрів рослин ячменю ярого, а також позитивно впливає на підвищення їхньої продуктивності, зокрема врожайність зерна може збільшуватися на 0,7–1,0 т/га, а за сприятливих умов – до 1,4 т/га [8, с. 78].

В умовах центральної частини Лісостепу України відзначено підвищення врожайності зерна у різних сортів ячменю на рівні 0,76–1,20 т/га за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ [9, с. 224.]. Водночас науковці зауважують,

що у разі розміщення ячменю ярого після культур, які використовують з ґрунту значну кількість елементів живлення, доцільно вносити під основний обробіток ґрунту фосфорні та калійні добрива ($P_{60-90}K_{60-90}$), додаючи мінеральний азот (N_{60-90}) у підживлення.

Додатковим агротехнічним заходом поліпшення умов мінерального живлення рослин ячменю ярого, є підживлення посівів азотними добривами у фазі найбільшої потреби посівів у цьому макроелементі [10, с. 60; 11, с. 27]. Результати польових експериментів свідчать, що позакореневе підживлення посівів культури азотними добривами забезпечує підвищення врожайності зерна на 11–23 % порівняно з внесенням елементу живлення у допосівний період. На думку науковців, на ґрунтах із достатнім рівнем забезпеченості елементами живлення оптимальна доза азоту для підживлення посівів ячменю становить N_{30-45} .

В інших досліджах відзначено, що сорт ячменю ярого Святомихайлівський формував найвищу врожайність зерна (3,86 т/га) за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ під передпосівну культивуацію та підживлення рослин у фазі повних сходів аміачною селітрою у дозі N_{60} прикореневим способом проведення. Це на 1,33 т/га, або 52,3 % більше порівняно із варіантом без добрив. Ефективним було також прикореневе підживлення посівів культури у дозі N_{45} на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$, яке забезпечило підвищення врожайності зерна відносно контролю на 1,11 т/га, або 43,9 % [12, с. 311].

Водночас важливим чинником оптимізації живлення рослин є застосування регуляторів росту та мікродобрив. За використання регулятору росту **Сизам-Нано** для позакореневого підживлення на фоні різних систем удобрення та захисту посівів урожайність ячменю зростала до 3,05–3,99 т/га, або перевищувала контроль на 52–117 % [13, с. 260].

За даними досліджень одержаних в умовах Полтавської області застосування регуляторів росту забезпечує формування врожайності зерна на рівні 5,26–5,54 т/га, тоді як на варіантах без їх використання цей показник зменшується 18,1–20,9 % [14, с. 148].

За результатами досліджень одержаних в умовах Лісостепу України впродовж 2021–2023 рр., спостерігали підвищення урожайності зерна ячменю ярого сорту Спітфаєр на 1,01 т/га (36,9%) відносно контролю у разі позакореневого підживлення посівів стимулятором Вегестим на фоні передпосівної обробки насіння цим же препаратом [15, с. 157].

Тому актуальність дослідження зумовлена необхідністю розробки збалансованих схем застосування макро- й мікродобрив із регуляторами росту рослин, які враховують біологічні особливості ячменю ярого та біокліматичний потенціал зони вирощування для досягнення стабільно високої врожайності та якості зерна культури.

Постановка завдання. Метою досліджень було з'ясувати вплив різних рівнів удобрення, підживлення та систем захисту посівів на врожайність та якість зерна ячменю ярого.

Польову частину експерименту було проведено на дослідному полі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М.І. Вавилова ІС і АПВ НААН України впродовж 2024–2025 рр. Земельний масив представлений чорноземом типовим малогумусним (за механічним складом – важкий суглинок). Вміст гумусу в шарі ґрунту 0–30 см становить 4,9 %. Орний шару ґрунту характеризується наступними агрохімічними параметрами: вміст азоту, що легко гідролізується (за Тюрінім та Коновою) дорівнює 127 мг/кг;

рухомого фосфору (за Чириковим) – 130 мг/кг, обмінного калію (за Масловою) – 183 мг/кг ґрунту; Рн – 6,7.

Дослід закладено за наступною схемою: чинник А – удобрення (контроль (без добрив); $N_{20}P_{20}K_{20}$; $N_{20}P_{20}K_{20}+N_{30}$ (BBCH 21–29); $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}$ (BBCH 21–29); $N_{40}P_{40}K_{40}$; $N_{40}P_{40}K_{40}+N_{30}$ (BBCH 21–29)); чинник В – системи захисту посівів (мінімальна (протруювання насіння); комплексна (внесення пестицидів з урахуванням ЕПШ)); чинник С – позакореневе підживлення гуміновим стимулятором Гумат калію (1,0 л/га) та мікродобривом Ярило «Супер азот» (5 л/га) у фазу вихід у трубку (BBCH 30–31). Посівна площа ділянки – 100 м², а облікова – 80,0 м². Повторність досліді триразова. Розміщення варіантів і повторень – рандомізоване.

Ячмінь ярий розміщували у сівозміні після сої. Набір та послідовність елементів технології із вирощування культури загальноприйнятий для зони, за винятком чинників, що вивчали. Мінеральні добрива використовували у формі нітроамофоски (NPK: 15-15-15), аміачної селітри (N 34,4 %). Система захисту ячменю ярого передбачала застосування таких препаратів: фунгіцидний протруйник насіння Бастіон (дифеноконазол 30 г/л + ципроконазол 6,25 г/л) – 1,0 л/т; гербіцид – Гренадер максі (трибенурон-метил 562,5 г/кг + тифенсульфурон-метил 187,5 г/кг) – 35 г/га; інсектицид – Атрікс (альфа-циперметрин, 100 г/л) – 150 мл/га; фунгіцид – Полігард Максі (тебуконазол, 430 г/л) – 0,5 л/га. В досліді висівали сорт ячменю ярого Таманго, який створено науковцями Селекційно-генетичного інституту – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Сівбу культури проводили звичайним рядковим способом із шириною міжрядь 0,15 м. Норма висіву становила 5,0 млн. шт./га схожих насінин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз урожайності ячменю ярого свідчить про чітку тенденцію до її збільшення за впливу різних рівнів удобрення та системи захисту рослин (рис. 1). Так, за результатами досліджень виявлено, що внесення мінімальної дози мінеральних добрив $N_{20}P_{20}K_{20}$ забезпечило одержання істотного приросту врожайності ячменю ярого відносно контролю, який становив 0,53 т/га або 25,7 %.

Збільшення дози мінеральних добрив до $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{40}P_{40}K_{40}$ дозволило підвищити урожайність культури, відповідно, на 1,0 і 1,2 т/га (40,8 і 55,9 %) порівняно із варіантом без добрив. Прикореневе підживлення посівів у фазу кушіння аміачною селітрою у дозі N_{30} забезпечило одержання приросту врожайності в межах 0,05–0,08 т/га (1,5–2,6 %) залежно від основного фону удобрення. Найвищу врожайність зерна ячменю ярого спостерігали за максимальної схеми живлення ($N_{40}P_{40}K_{40} + N_{30}$), де продуктивність культури зросла на 58,2–63,0% порівняно з контролем, залежно від системи захисту посівів.

Перехід від мінімального захисту до комплексної схеми забезпечив статистично достовірний приріст врожайності на рівні 0,37–0,58 т/га (або 14,3–18,9 %), що значно перевищує показник НР для фактора А (0,24). Це свідчить про ключову роль фітосанітарного контролю за станом посівів впродовж періоду вегетації у реалізації генетичного потенціалу продуктивності сучасних сортів ячменю ярого. Проведення позакореневого підживлення посівів культури гуматом калію забезпечило додатковий приріст урожайності відносно базової комплексної схеми у межах 0,28–0,43 т/га. Водночас використання препарату Ярило «Супер азот» виявилось більш ефективним за впливом на продуктивність ячменю ярого, що сприяло підвищенню урожайності зерна на 0,28–0,63 т/га або 11,4–18,2 % порівняно із стандартною комплексною системою.

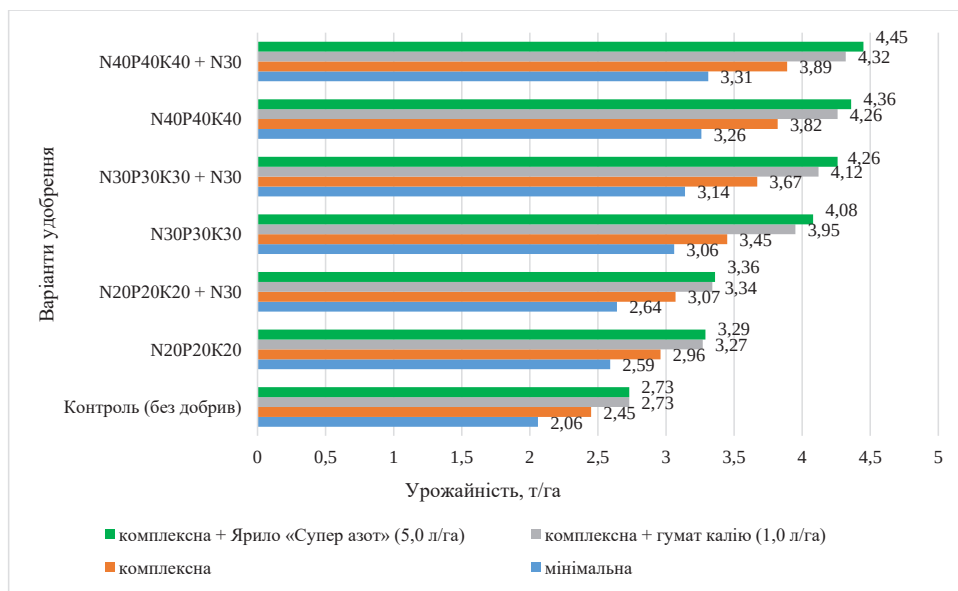


Рис. 1. Урожайність ячменю ярого залежно від удобрення та системи захисту посівів, т/га (середнє за 2024–2025 рр.) ($HP_{0,95}$: A – 0,24; B – 0,20; AB – 0,46 т/га)

Статистичний аналіз експериментальних даних підтверджує наявність синергічного ефекту від поєднання максимального рівня удобрення та комплексної системи захисту посівів. Встановлено, що максимальний рівень врожайності було сформовано за поєднання мінеральних добрив у дозі $N_{40}P_{40}K_{40} + N_{30}$ та позакореневого підживлення посівів препаратом Ярило «Супер азот» у фазу вихід у трубку (ВВСН 30–31). У цьому варіанті приріст урожайності відносно фону без внесення мінеральних добрив та за проведення мінімального захисту посівів становив 2,39 т/га, що еквівалентно збільшенню продуктивності майже у 2,2 раза.

Результати досліджень свідчать, що вміст білку в зерні ячменю ярого істотно змінюється за підвищення рівня фону мінерального живлення та оптимізації системи захисту посівів. Слід зазначити, що водночас спостерігається стійка тенденція до збільшення числових значень показника із поступовим підвищенням доз мінеральних добрив та впровадження стимуляторів росту та мікродобрив (рис. 2).

Оцінюючи роль мінерального живлення на формування білковості зерна ячменю ярого, слід відзначити, що порівняно з варіантом без добрив, внесення мінімальної доз азотно-фосфорно-калійних добрив ($N_{20}P_{20}K_{20}$) забезпечило збільшення вмісту білку на 0,1–0,5 %. Найбільш ефективним за впливом на накопичення азотистих речовин у зерні виявилось застосування максимальної норми мінерального добрива в поєднанні з підживленням ($N_{40}P_{40}K_{40} + N_{30}$). Це сприяло підвищенню вмісту білка на 1,1–1,4 % відносно контрольного фону, що підтверджує ключову роль азоту в синтезі білкових сполук. Варіанти з прикореневим підживленням посівів азотними добривами вирізнялися більш високим вмістом білка порівняно з одноразовим основним внесенням аналогічних доз, що свідчить про вищу ефективність добрив за їх внесення у пізніші фази вегетації.

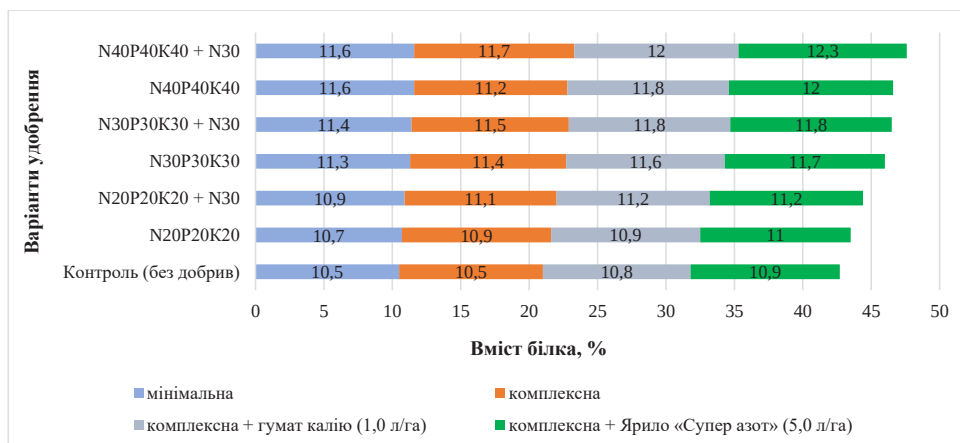


Рис. 2. Вплив удобрення та системи захисту посівів на вміст білку в зерні ячменю ярого, % (середнє за 2024–2025 рр.)

Порівняльний аналіз систем захисту свідчить, що мінімальна поступається комплексній за всіма рівнями удобрення. Перехід до комплексного захисту посівів сприяє покращенню якісних характеристик зерна ячменю ярого, що можна пояснити зменшенням стресового впливу шкідливих організмів і кращою реалізацією потенціалу живлення. Ще більш виражений позитивний вплив на формування білковості зерна є поєднання комплексного захисту з використанням біологічно активних речовин. Так, одержані результати досліджень свідчать, що застосування гумату калію забезпечило підвищення вмісту білку в середньому на 0,2–0,4 % порівняно з базовою комплексною системою захисту. Аналогічна, але більш виражена тенденція спостерігається за використання для позакореневого підживлення посівів ячменю ярого мікродобрива Ярило «Супер азот». Його використання сприяло збільшенню вмісту білку на 0,3–0,7 % відносно мінімального захисту на відповідних фонах живлення. Максимальне значення вмісту білку в досліді сформувалося за поєднання максимальної дози мінеральних добрив ($N_{40}P_{40}K_{40} + N_{30}$) та підживлення препаратом Ярило «Супер азот», що на 1,8 % перевищило показник контролю.

Таким чином, сумісне застосування високих норм мінеральних добрив із сучасними препаратами для позакореневого підживлення сприяє створенню оптимальних умов для активізації азотного обміну, що зумовлює формування зерна ячменю ярого з підвищеними якісними параметрами.

Висновки. Встановлено, що для формування врожайності ячменю ярого на рівні 4,3–4,5 т/га в умовах Лівобережного Лісостепу доцільно впроваджувати технологію, що базується на внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$ із обов'язковим азотним підживленням N_{30} у фазу кушіння та комплексній системі захисту, яка доповнюється застосуванням стимуляторів росту (гумат калію 1,0 л/га) і мікродобрив (типу Ярило «Супер азот» 5,0 л/га).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

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

2. Паламарчук В. Д. Морфологічні особливості та урожайність ячменю ярого залежно від системи удобрення. *Зернові культури*. 2023. Том 7. № 2. С. 285–292. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0288>
3. Гангур В.В., Лень О.І., Оніпко В.В., Гангур М.В., Миколенко Х.В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів та урожайність ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(4). С. 41–46.
4. Попов С. І., Кузьменко Н. В., Гутянський Р. А., Глибокий О. М., Михайлов І. А. Морфологічні особливості та урожайність сортів ячменю ярого пивоварного напрямку використання залежно від умов вирощування. *Зернові культури*. 2024. Том 8. № 2. С. 246–255. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0336>
5. Гангур В.В., Лень О.І., Гангур М.В. Вплив мінімалізації обробітку ґрунту на вологозабезпечення та продуктивність ячменю ярого в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 128–134. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.15>
6. Романюк В. І. Порівняльна оцінка конкурентоспроможності технологій вирощування ячменю ярого на зерно в умовах правобережного Лісостепу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 2 (78).
7. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця: ФОП Рогальська І. О., 2017. 588 с.
8. Зубець М. В., Ситник В. П., Безуглий М. Д. та ін. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. Київ: Аграрна наука, 2010. 986 с.
9. Демидов О. А., Гудзенко В. М. Урожайність нових сортів ячменю ярого залежно від норми висіву та внесення мінеральних добрив. *Миронівський вісник*. 2015. № 1. С. 215–225.
10. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Вплив підживлення азотними добривами на елементи структури урожаю та продуктивність ячменю ярого. *Аграрні інновації*. 2023. № 20. С. 56–61.
11. Козелець Г., Іщенко В, Гайденко О. Ефективність підживлення посівів ячменю ярого макро- та мікродобривами за вирощування після різних попередників. *Агробізнес сьогодні*. 2024. № 11–12 (522–523). С. 26–27.
12. Гирка А. Д., Сидоренко Ю. Я., Бочевар О. В., Алексєєв Я. В., Ільєнко О. В. Ефективність застосування мінеральних добрив за різних способів і норм їх внесення у технології вирощування ячменю ярого. *Зернові культури*. 2025. Том 9. № 2. С. 304–312. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0392>
13. Vinyukov O.O., Gyrka A.D., Korobova O.M, Bondareva O.B., Chuhrii H.A. Agrotechnical methods of increasing drought resistance of spring barley. *Revista de la Universidad del Zulia*. 2022. 13 (37). P. 244–261.
14. Горобець М.В., Писаренко П.В., Чайка Т.О., Міщенко О.В. Наукові підходи щодо екологізації технології вирощування ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 4. С. 142–149. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.17>
15. Панчишин В. З., Мойсієнко В. В., Сладковська Т. А., Перепелиця Л. О., Корево Н. І. продуктивність ячменю ярого (*hordeum vulgare* L.) залежно від сорту та позакореневого підживлення в умовах Лісостепу України. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 148–158.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.854.78 : 631. 81

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.19>

ГОСПОДАРСЬКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ НОРМ РОБОЧОГО РОЗЧИНУ ТА ДОЗ ГЕРБІЦИДУ ПРИ ВНЕСЕНІ АГРОДРОНОМ

Козечко В.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-3843-3093

Шевченко С.М. – д.с.-г.н.,

професор кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-1666-3672

Якубенко Ю.Л. – к.е.н., доцент,

т.в.о. зав. кафедри маркетингу,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0001-5409-4792

Іванченко О.М. – д.філос. з агрономії,

Товариство з обмеженою відповідальністю «Агрос+» Дніпровського району

Дніпропетровської області

orcid.org/0009-0003-0235-1496

У роботі представлено результати комплексних досліджень впливу норм робочих розчинів та доз гербіциду Експрес Голд на формування біометричних показників, водоспоживання, рівень забур'яненості, елементи структури врожаю, урожайності та економічну ефективність вирощування соняшнику в умовах Степу України. Дослідження виконано протягом 2024–2025 рр. у варіантах, що поєднували чотири норми робочого розчину (7, 10, 13 і 16 л/га) та три дози гербіциду (20, 30 і 40 г/га), що дозволило встановити закономірності взаємодії цих технологічних чинників.

Дослідження встановило суттєвий вплив гербіцидного контролю на забур'яненість посівів. До внесення препаратів щільність бур'янів сягала 35 шт./м², формуючи значну біомасу. Найвища ефективність контролювання бур'янів через 25 днів після обробки зафіксована у варіанті 13 л/га + 30 г/га, де кількість дводольних бур'янів зменшувалася до 10–12 шт./м² із повним пригніченням точки росту та відсутністю відновлення. Підвищення норми робочої рідини понад 13 л/га не забезпечувало додаткового поліпшення контролю.

Встановлено чітку залежність між ефективністю контролювання бур'янів та елементами структури врожаю. Збільшення діаметра кошика до 18,6 см, озерненості до 15,3 см та виходу насіння до 84% спостерігалось у варіантах із підвищеною ефективністю гербіцидної дії. Маса 1000 насінин за оптимальних поєднань зростала до 66 г, що на 10 г перевищувало контроль.

Урожайність насіння соняшнику коливалася в межах 2,03–2,51 т/га залежно від рівня гербіцидного навантаження. Найвищу продуктивність забезпечувало поєднання 13 л/га робочого розчину та 30 г/га гербіциду, що підвищувало врожайність на 23,6% порівняно з контролем. Застосування норм понад 13 л/га не давало додаткових переваг. Достовірність отриманих відмінностей підтверджено статистичною обробкою за НІР₀₅.

Економічні розрахунки показали, що оптимізація гербіцидного захисту суттєво впливала на економічну віддачу технології. Максимальний умовно чистий прибуток (понад



20 тис. грн/га) та найвищий рівень рентабельності (86,5%) отримано у варіанті 13 л/га + 30 г/га. Збільшення норми робочого розчину понад цей рівень знижувало економічну ефективність через зростання витрат без відповідного приросту врожаю.

Отримані результати дозволяють рекомендувати для умов Степу України оптимальне поєднання норми робочого розчину 13 л/га та дози гербіциду 30 г/га, яке забезпечує найбільш ефективний контроль бур'янів, сприяє формуванню потужного фотосинтетичного апарату, зниженню водоспоживання, підвищенню продуктивності посівів та максимальній економічній віддачі технології.

Ключові слова: соняшник, гербіцид Експрес Голд, норма робочого розчину, доза гербіциду, агродрон.

Kozzechko V.I., Sevchenko S.M., Yakubenko Yu.L., Ivanchenko O.M. Efficiency of different rates of working solution and herbicide doses when applied by agricultural drone

The study presents the results of comprehensive research aimed at assessing the effects of different working solution volumes and herbicide Express Gold application rates on the formation of biometric parameters, water consumption, weed infestation dynamics, yield structure, seed productivity, and economic performance of sunflower cultivation under the conditions of the Ukrainian Steppe. The experiment was conducted during 2024–2025 and included treatment combinations comprising four working solution rates (7, 10, 13, and 16 L/ha) and three herbicide doses (20, 30, and 40 g/ha), which enabled identification of technological interactions between these factors.

The study demonstrated a pronounced decrease in weed density following herbicide application. Before treatment, weed infestation reached 35 plants/m² with substantial biomass accumulation. The highest weed control efficiency was observed 25 days after treatment in the variant 13 L/ha + 30 g/ha, where the number of dicot weeds declined to 10–12 plants/m², accompanied by full apical growth suppression and absence of regrowth. Increasing solution rates beyond 13 L/ha did not improve control effectiveness.

A strong relationship was identified between weed control efficiency and yield structure. Increased head diameter (up to 18.6 cm), higher seed set (up to 15.3 cm), and seed fill ratio (up to 84%) were recorded under the most efficient herbicide treatments. Thousand-seed weight reached 66 g in optimal variants, exceeding the control by 10 g.

Seed yield varied within 2.03–2.51 t/ha depending on herbicide application level. The highest productivity was achieved with the combination of 13 L/ha working solution and 30 g/ha herbicide, resulting in a 23.6% yield increase relative to the control. Application volumes over 13 L/ha did not provide additional benefits. Significant differences were confirmed using statistical analysis at LSD_{0.05}.

Economic evaluation showed that optimizing herbicide use had a substantial impact on production efficiency. The highest conditional net profit (over 20 thousand UAH/ha) and maximum profitability level (86.5%) were obtained at the rate combination 13 L/ha + 30 g/ha. Increasing the working solution volume beyond this threshold reduced economic efficiency due to higher costs and no corresponding yield gain.

The findings indicate that, under the conditions of the Ukrainian Steppe, the optimal technological combination is 13 L/ha of working solution together with 30 g/ha of Express Gold, which ensures the most effective weed suppression, promotes development of a strong photosynthetic apparatus, reduces water consumption, increases crop productivity, and maximizes economic return.

Key words: sunflower, Express Gold herbicide, working solution rate, herbicide dose, agricultural drone.

Постановка проблеми. У сучасних технологіях вирощування соняшника важливе місце посідає застосування гербіцидів на основі трибенурон-метилу (зокрема препаратів типу Експрес Голд), ефективність яких значною мірою залежить від норми робочого розчину. Оптимізація об'єму води та дози діючої речовини при застосуванні агродрону дозволяє одночасно підвищити якість покриття бур'янів, зменшити виробничі витрати та енергоємність технології. Проте відсутність єдиних рекомендацій щодо раціонального поєднання цих факторів в умовах Степу України актуалізує проведення наукових досліджень з метою підвищення ефективності контролювання бур'янів і стабілізації продуктивності соняшника.

У численних працях українських і зарубіжних дослідників висвітлено вплив забур'яненості на ріст та розвиток сояшника, критичні періоди конкурентної взаємодії рослин та біологічну ефективність різних гербіцидів. Доведено, що ефективність гербіцидів залежить не лише від діючої речовини, а й від рівномірності покриття поверхні бур'янів, розміру крапель, кількості робочого розчину та погодних умов під час внесення. Проте комплексні дослідження, що поєднують вивчення норм робочого розчину, доз гербіцидів внесенні агродроном, біометричних показників сояшника та економічної ефективності технології, залишаються недостатньо систематизованими для умов Південно-Східного Степу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній системі точного землеробства агродрони розглядаються як один із найбільш перспективних інструментів для диференційованого та локального внесення засобів захисту рослин, зокрема гербіцидів. Науковий інтерес до цієї технології пов'язаний із необхідністю зменшення пестицидного навантаження, скорочення витрат робочого часу, підвищення оперативності обробок і зниження ущільнення ґрунту, яке виникає під час використання наземних обприскувачів. У літературі агродрони найчастіше розглядаються не лише як засіб для суцільного обприскування, а як елемент інтегрованої системи моніторингу бур'янів, картування поля та точкового внесення гербіцидів у місцях фактичного забур'янення. За даними сучасних оглядів, використання безпілотних літальних апаратів у захисті рослин активно переходить від етапу спостереження й аерофотозйомки до практичного застосування для внесення рідких препаратів, включаючи гербіциди [1-4].

У працях, присвячених точному контролю бур'янів, підкреслюється, що агродрони мають особливе значення в умовах, коли традиційна техніка не може ефективно працювати через перезволоження ґрунту, складний рельєф, високорослі культури або необхідність швидкого реагування на появу бур'янів. У дослідженнях також зазначається, що дрони є зручними для обробки країв полів, локальних осередків бур'янів, схилів, заболочених місць і ділянок, де застосування штангової техніки є економічно або технічно недоцільним [5-7].

Важливим напрямом досліджень є порівняння ефективності гербіцидного обробітку за допомогою агродронів і традиційних способів внесення. У дослідженнях з вирощування рису прямого висіву зазначено, що ручне або ранцеве внесення гербіцидів часто супроводжується нерівномірністю покриття, високими трудовими витратами та ризиками для оператора, тоді як застосування БПЛА дозволяє зменшити витрати праці, енергії та часу. Водночас результати окремих досліджень свідчать, що ефективність гербіцидів при внесенні дронами може бути порівняною з традиційними способами за умови правильного вибору норми робочої рідини, висоти польоту, швидкості руху та типу розпилювачів [3, 8].

В наукових джерелах займає питання норми виливу робочої рідини. Для агродронів характерне застосування значно нижчих норм води порівняно з традиційними штанговими обприскувачами, що зменшує потребу в підвезенні води та підвищує продуктивність робіт. Проте низький об'єм робочої рідини водночас ускладнює забезпечення рівномірного покриття листової поверхні бур'янів, особливо за використання контактних гербіцидів, для яких якість покриття має критичне значення. У дослідженнях щодо оптимізації об'єму робочої рідини під час внесення гербіцидів дронами зазначено, що системні гербіциди можуть демонструвати стабільну ефективність навіть за знижених норм виливу, тоді як для препаратів контактної дії необхідне точніше налаштування режиму обприскування [9-10].

Перевагою агродронів у гербіцидному захисті є висока оперативність. У періоди, коли погодні умови створюють короткі «вікна» для обробки, дрони можуть швидко виходити в поле без потреби у важкій техніці. Це важливо для гербіцидів, ефективність яких значною мірою залежить від фази розвитку бур'янів і культури.

Разом із перевагами дослідники відзначають низку обмежень. До них належать відносно невелика місткість баків, потреба в частому заправленні, залежність від акумуляторів, необхідність кваліфікованого оператора, регуляторні обмеження, ризик нерівномірного покриття та складність стандартизації режимів обприскування для різних культур і препаратів [11].

Узагальнення літературних джерел свідчить, що застосування агродронів для внесення гербіцидів є перспективним напрямом розвитку точного землеробства, однак ця технологія ще потребує подальшого наукового обґрунтування для різних ґрунтово-кліматичних зон, культур, типів гербіцидів і фаз розвитку бур'янів. Найбільш перспективним вважається не просте заміщення традиційного обприскувача дроном, а використання агродронів у системі диференційованого захисту посівів, коли рішення про внесення препарату ґрунтується на даних моніторингу, картуванні забур'яненості та точному дозуванні. Для умов України актуальними залишаються дослідження ефективності дронowego внесення гербіцидів у посівах зернових, кукурудзи, соняшнику, ріпаку та зернобобових культур, а також визначення оптимальних норм виліву, доз гербіцидів.

Матеріали і методи досліджень. Польові досліді проводили на виробничому полі ТОВ «Агресс+» Дніпровського району Дніпропетровської області протягом 2024–2025 років.

У виробничих умовах був закладений та проведено дослід з вивчення ефективності застосування агродрону при внесенні гербіциду Експрес Голд різними нормами робочого розчину та дози гербіциду за наступною схемою (табл. 1):

Таблиця 1

Схема досліді

Норма робочого розчину, л/га, (А)	Доза гербіциду, г/га (В)
Контроль	-
7	20
	30
	40
10	20
	30
	40
13	20
	30
	40
16	20
	30
	40

Дослідні ділянки розташовані систематично з трьома повтореннями. Кожна ділянка мала посівну площу 0,5 га (50×100 м) та облікову площу 0,24 га (30×80 м). Сукупна площа, відведена під проведення дослідження, становила 6,0 га.

Технологічні прийоми вирощування соняшнику в господарстві були адаптовані до умов північної частини Степової зони України та ґрунтувалися на вимогах інтенсивної технології, прийнятої для регіону. Культура розміщувалася у п'ятипільній зерно-просапній сівозміні, де попередником виступала кукурудза. Восени проводили оранку оборотним плугом Lemken Diamant 11, заглиблюючи робочі органи в ґрунт на глибину 26–28 см.

Ранньовесняний період передбачав мінімальне порушення ґрунту: після сходження снігу поверхневий шар розпушували бороною «Соломія». Подальша підготовка передбачала передпосівний обробіток комплексним агрегатом Компактомат, який вирівнював рельєф поля та створював дрібногрудочкувату структуру ґрунту на глибину 5–7 см.

Посів соняшнику здійснювали високоточним посівним комплексом Horsch Maestro, що гарантує стабільність розміщення насінин та рівномірну густоту майбутнього стеблостою. Норма висіву становила 55 тис. насінин/га, гібрид Суомі, а глибина заробки 5–6 см. Ширина міжрядь – 70 см. Одночасно з висівом у рядок вносили стартове мінеральне добриво у нормі $N_{20}P_{20}$.

Усі обліки, спостереження та визначення елементів структури врожаю проводили відповідно до чинних методичних рекомендацій для польових дослідів. Урожайність оцінювали методом суцільного збирання облікових ділянок із подальшим перерахунком на стандартну вологість насіння.

Результати досліджень. Фітосанітарний стан посівів соняшника перед внесенням гербіцидів у різні за забезпеченням вологою роки та відображають видовий склад, чисельність і загальну масу бур'янів, що формують конкуренцію культурі на початкових етапах органогенезу. У 2024 році, який відзначався кращими умовами зволоження, загальна забур'яненість була значно вищою порівняно з 2025 роком. Домінантним видом залишалася амброзія полинолиста. Її чисельність сягала 27 шт./м², що суттєво підсилювало загальний тиск бур'янової рослинності на посіви. Поряд із амброзією значну частку у структурі бур'янів становили мишій сизий та лобода біла, чисельність яких становила відповідно 21 та 12 шт./м², тоді як берізка польова зустрічалася меншою кількістю – 8 шт./м², проте її морфологічні особливості забезпечували істотну частку у формуванні загальної біомаси. Сумарна маса бур'янів у сирому стані у 2024 році складала 16,24 г/м², а в повітряно-сухому – 3,93 г/м².

2025 рік характеризувався дефіцитом опадів, що істотно скоротило як чисельність бур'янів, так і їх біомасу. Амброзія полинолиста, хоча й залишалася основним видом у складі бур'янового угруповання, знизилася своєю чисельністю до 16 шт./м², що на 40 % менше порівняно з попереднім роком. Лобода біла та мишій сизий мали відповідно 5 та 12 шт./м², що демонструє їх високу чутливість до водного дефіциту. Осот польовий, попри незначну кількість рослин, формував суттєвий внесок у масу бур'янів завдяки добре розвиненій кореневій системі. Загальна маса бур'янів у сирому стані в 2025 році знизилася до 10,36 г/м², а суха маса – до 2,13 г/м², що підтверджує значний вплив погодних умов на формування бур'янової біомаси.

Через 25 діб після обробки у контрольному варіанті (табл. 2), де обробка не проводилася, спостерігалася активне вегетування бур'янів, що зумовлювало значне затримання росту і розвитку культурних рослин. Кількість дводольних бур'янів досягала 35 шт./м², а загальний стан засмічення характеризувався високою конкуренцією за світло, вологу та поживні речовини.

Застосування робочого розчину 7 л/га у поєднанні з дозами гербіциду 20–40 г спричинило пригнічення бур'янів, проте дія була недостатньою для забезпечення

повного контролю. Кількість бур'янів знижувалася до 18–15 шт./м², але зберігалися ознаки активного відновлення рослин. У варіантах із підвищеною дозою (30 і 40 г) спостерігалися ознаки більш глибокого ураження, включаючи деформацію листової пластинки.

Таблиця 2

Вплив норм робочого розчину, доз гербіцидів на забур'яненість посівів соняшника через 25 діб після внесення засобів захисту (середнє за 2024–2025 рр.)

Норма робочого розчину, л/га	Доза гербіциду	Кількість дводольних бур'янів, шт./1м ²	Стан бур'янів
Контроль		35	рослини бур'янів активно вегетують, у соняшника затримується ріст і розвиток
7	20	18	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення
	30	16	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення
	40	15	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення, бур'яни з 2 парами листків загинули
10	20	16	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення
	30	14	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення
	40	12	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення, бур'яни з 2 парами листків загинули
13	20	14	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення
	30	12	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення, бур'яни з 2 парами листків загинули
	40	12	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення, бур'яни з 2 парами листків загинули
16	20	14	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення
	30	14	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення, бур'яни з 2 парами листків загинули
	40	12	ріст призупинено, точка росту ушкоджена та має світліше забарвлення, бур'яни з 2 парами листків загинули

Найбільш виражений гербіцидний ефект фіксувався у варіантах із нормою робочого розчину 13 л/га, де кількість бур'янів становила лише 14–10 шт./м². Саме при дозі 30 г спостерігалось максимальне пригнічення, включаючи скручування пагонів, повне відмирання точки росту та формування некротичних на листках. У цьому варіанті бур'яни втрачали здатність до відновлення, що підтверджує оптимальне поєднання норми робочого розчину і дози препарату. Варіант з нормою 40 г також демонстрував високу ефективність, проте з огляду на схожий результат зі зменшеною дозою, його використання може бути економічно недоцільним.

Внесення 16 л/га робочого розчину не призвело до відчутного збільшення ефективності порівняно з 13 л/га. Кількість бур'янів становила 14–12 шт./м², а симптоми ураження не відрізнялися суттєво. Це може свідчити про досягнення межі ефективності, після якої додаткове збільшення об'єму робочої рідини не забезпечує покращення дії препарату. Практично ідентичні результати підтверджують недоцільність застосування підвищеної норми, оскільки вона не підвищує рівень контролю дводольних бур'янів, але збільшує витрати.

У середньому по роках спостерігається виразна тенденція до зростання маси насіння за рахунок оптимізації параметрів обробки посівів, хоча варіабельність показника між роками зумовлена різними гідротермічними умовами, зокрема менш сприятливими умовами 2025 р., що відобразилося у нижчих значеннях маси насіння у всіх варіантах (табл. 3).

Контрольний варіант характеризувався найнижчою масою 1000 насінин (57 г), що свідчить про істотний негативний вплив конкуренції бур'янів на формування виповненості насіння. Застосування мінімальної норми робочого розчину 7 л/га з дозами гербіциду 20–40 г підвищувало масу насіння до 58–61 г, що демонструє ефективність базового рівня гербіцидного захисту. Проте його дія була недостатньою для забезпечення максимальної реалізації біологічного потенціалу культури, оскільки збільшення норми робочого розчину до 10 л/га сприяло більш істотному приросту показника, зокрема за дози 30 г значення досягало 63 г, що на 7 г перевищувало контроль.

Таблиця 3

**Маса 1000 насінин соняшника
залежно від досліджуваних факторів і варіантів, г**

Норма робочого розчину, л/га (А)	Доза гербіциду, (В)	Роки			
		2024	2025	середня	+/- до контролю
Контроль		60	53	57	-
7	20	62	55	59	2
	30	64	57	61	4
	40	61	54	58	1
10	20	65	57	61	5
	30	67	59	63	7
	40	64	56	60	4
13	20	68	60	64	8
	30	70	62	66	10
	40	67	59	63	7
16	20	68	60	64	8
	30	69	61	65	9
	40	66	58	62	6

Найвищі показники маси 1000 насінин зафіксовано у варіантах із нормою робочого розчину 13 л/га, де середнє значення коливалося в межах 64–66 г залежно від дози. Застосування 30 г гербіциду забезпечило найбільший приріст показника: маса насіння досягла 66 г, що на 10 г вище контролю.

Підвищення норми робочого розчину до 16 л/га не забезпечило додаткового істотного приросту маси насіння. Показники варіювали у межах 62–64 г, що є на рівні результатів варіантів із нормою 13 л/га або навіть дещо нижче.

У контрольному варіанті, де гербіцидний захист не проводили, середня врожайність становила 2,03 т/га (табл. 4).

Таблиця 4

Урожайність насіння соняшнику залежно від досліджуваних факторів і варіантів, т/га

Норма робочого розчину, л/га (А)	Доза гербіциду, (В)	Роки		Середня	± до контролю
		2024	2025		
Контроль		2,32	1,74	2,03	-
7	20	2,45	1,82	2,14	+0,11
	30	2,53	1,90	2,22	+0,19
	40	2,56	1,92	2,24	+0,21
10	20	2,61	1,95	2,28	+0,25
	30	2,72	2,03	2,38	+0,35
	40	2,75	2,05	2,40	+0,37
13	20	2,78	2,06	2,42	+0,39
	30	2,87	2,15	2,51	+0,48
	40	2,85	2,12	2,49	+0,46
16	20	2,80	2,04	2,42	+0,39
	30	2,86	2,13	2,50	+0,47
	40	2,83	2,10	2,47	+0,44
НІР ₀₅ , т/га,	для норм р.р.	0,10	0,12		
	для доз гербіциду	0,12	0,14		

По мірі зростання норми робочого розчину від 7 до 13 л/га відбувалося систематичне підвищення врожайності, що свідчить про більш рівномірне змочування поверхні бур'янів і покращення проникнення діючої речовини у їх тканини. Так, середні показники для 7 л/га становили 2,14–2,24 т/га, тоді як при нормі 10 л/га – 2,28–2,40 т/га. Найвищі значення зафіксовано у варіантах з нормою робочого розчину 13 л/га, де врожайність досягала 2,42–2,51 т/га залежно від дози препарату. Саме варіант 13 л/га + 30 г гербіциду забезпечив максимальний результат – 2,51 т/га, що на 0,48 т/га (23,6%) перевищувало контроль.

Застосування 16 л/га не покращувало врожайність порівняно з нормою 13 л/га. Середні значення знаходилися в межах 2,42–2,50 т/га.

Порівняння даних за роками підтвердило, що 2025 рік був менш сприятливим для формування продуктивності – через дефіцит опадів і підвищений температурний фон врожайність знизилася на 15–22% порівняно з 2024 роком. Проте

тенденція впливу факторів залишалася стабільною: найкращі результати забезпечували варіанти 10–13 л/га робочого розчину та дози гербіциду 30–40 г/га.

Результати економічного аналізу свідчать, що рівень урожайності сояшника істотно залежав від поєднання норми робочого розчину та дози гербіциду (табл. 5).

Мінімальна доза гербіциду за норми робочого розчину 7 л/га забезпечувала підвищення врожайності до 2,14 т/га порівняно з контрольним – 2,03 т/га. Цей ефект посилювався із зростанням доз препарату та досягав найбільшого значення за внесення 30–40 г/га.

Суттєве зростання економічних показників спостерігалось при переході від норми робочого розчину 7 до 10 л/га. За внесення 30 г/га препарату врожайність підвищувалася до 2,38 т/га, що забезпечувало вагоме збільшення вартості валової продукції (42364 грн/га) та чистого прибутку (18171 грн/га). Рентабельність за таких умов досягала 78,0 %, що значно перевищувало як контрольний варіант, так і всі попередні комбінації факторів.

Найвищі економічні показники фіксувалися при нормі робочого розчину 13 л/га та дозі гербіциду 30 г/га. Урожайність за таких умов досягала 2,51 т/га, вартість валової продукції становила 44768 грн/га, а умовний чистий прибуток – понад 20724 грн/га. Рентабельність перевищувала 86 %, що вказує на винятково високу результативність поєднання цих факторів.

Таблиця 5

**Економічна ефективність застосування різних доз гербіцидів,
норм робочих розчинів**

Норма робочого розчину, л/га	Доза гербіциду	Урожайність насіння, т/га	Реалізаційна ціна, грн/т	Витрати на препарати, внесення, воду, грн/га	Виробничі витрати всього, грн/га	Вартість валової продукції, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Відхилення +/- відсоткових пунктів
Контроль		2,03	17800	–	23678	36134	12456	52,6	
7	20	2,14	17800	318	23996	38092	14096	58,7	6,1
	30	2,22	17800	371	24049	39516	15467	64,3	11,7
	40	2,24	17800	426	24104	39872	15768	65,4	12,8
10	20	2,28	17800	318	23899	40584	16685	69,8	17,2
	30	2,38	17800	371	23952	42364	18412	76,9	24,3
	40	2,40	17800	426	24005	42720	18715	78,0	25,4
13	20	2,42	17800	318	23909	43076	19167	80,2	27,6
	30	2,51	17800	371	23954	44678	20724	86,5	33,9
	40	2,49	17800	426	24007	44322	20315	84,6	32,0
16	20	2,42	17800	318	23911	43076	19165	80,2	27,5
	30	2,50	17800	371	23965	44500	20535	85,7	33,1
	40	2,47	17800	426	24018	43966	19948	83,1	30,4

Норми робочого розчину 16 л/га демонстрували тенденцію до вирівнювання показників відносно варіантів із внесенням 13 л/га. Хоча за деякими дозами гербіциду врожайність досягала 2,50–2,47 т/га, економічні показники не мали істотної переваги над варіантами з нормою 13 л/га. Вартість валової продукції та чистий прибуток були дещо нижчими, а рентабельність коливалася в межах 73–80 %.

Висновки. Оптимальним технологічним рішенням для умов Степу України є внесення робочого розчину у нормі 13 л/га у поєднанні з дозою гербіциду 30 г/га, що забезпечує максимальну ефективність контролювання бур'янів, підвищує продуктивність агроценозу та гарантує найвищі економічні показники.

Підвищення норм робочого розчину до 7–10 л/га покращувало ефективність застосованого гербіциду, сприяло збільшенню площі листової поверхні, висоти рослин, маси 1000 насінин та частки озерненості кошика. Проте дія цих норм була недостатньою для повної реалізації потенціалу культури.

Перевищення норми робочого розчину до 16 л/га не дало додаткових агрономічних чи економічних переваг, що свідчить про досягнення технологічної та економічної межі ефективності при 13 л/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Nobre F. L. L., Santos R. F., Herrera J. L., Araújo A. L., Johann J. A., Gurgacz F., Siqueira J. A. C., Prior M. Use of drones in herbicide spot spraying: a systematic review. *Advances in Weed Science*. 2023. Vol. 41. Article e020230014. DOI: 10.51694/AdvWeedSci/2023;41:00028.
2. Paul R. A. I., Palanisamy M. A., Peramaiyan P., Kumar V., Bagavathiannan M., Gurjar B., Vijayakumar S., Djanaguiraman M., Pazhanivelan S., Ramasamy K. Spray volume optimization with UAV-based herbicide application for effective droplet deposition and weed control in direct-seeded rice. *Frontiers in Agronomy*. 2024. Vol. 6. Article 1491842. DOI: 10.3389/fagro.2024.1491842.
3. Козечко В.І., Іванченко О.М. Ефективність застосування мікродобрив в посівах соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 136. ч 1. С. 192–201.
4. Pranaswi D., Jagtap M. P., Shinde G. U., Khatri N., Shetty S., Pare S. Analyzing the synergistic impact of UAV-based technology and knapsack sprayer on weed management, yield-contributing traits, and yield in wheat (*Triticum aestivum* L.) for enhanced agricultural operations. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2024. Vol. 219. Article 108796. DOI: 10.1016/j.compag.2024.108796.
5. Meesaragandla S., Jagtap M. P., Khatri N., Madan H., Vadduri A. A. Herbicide spraying and weed identification using drone technology in modern farms: A comprehensive review. *Results in Engineering*. 2024. Vol. 21. Article 101870. DOI: 10.1016/j.rineng.2024.101870.
6. Chen Y., Qi H. L., Li G. Z., Lan Y. B. Weed control effect of unmanned aerial vehicle (UAV) application in wheat field. *International Journal of Precision Agricultural Aviation*. 2019. Vol. 2, No. 2. P. 25–31. DOI: 10.33440/j.ijpaa.20190202.45.
7. Козечко В.І., Іванченко О.М. Вплив різних доз гербіцидів і норм внесення робочої рідини на посівах соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. С. 136–146.
8. Hunter J. E. III, Gannon T. W., Richardson R. J., Yelverton F. H., Leon R. G. Coverage and drift potential associated with nozzle and speed selection for herbicide applications using an unmanned aerial sprayer. *Weed Technology*. 2020. Vol. 34, Issue 2. DOI: 10.1017/wet.2019.101.
9. Hunter J. E. III, Gannon T. W., Richardson R. J., Yelverton F. H., Leon R. G. Integration of remote-weed mapping and an autonomous spraying unmanned aerial vehicle for site-specific weed management. *Pest Management Science*. 2020. Vol. 76, Issue 4. P. 1386–1392. DOI: 10.1002/ps.5651.

10. Che Ruzlan K. A., Bakar S. A., Che Manan C. A. H., Mohd Noor M. K. A., Abd Latif M. R. B., Zainal Abidin C. M. R., Jusoh M., Ahmad Hamdani M. S. Weed control efficiency of unmanned aerial vehicle spray in replanting oil palm plantation areas. *Weed Science*. 2025. Vol. 73. Article e37. DOI: 10.1017/wsc.2024.91.

11. Volodymyr Kozechko, Olha Ivanchenko. Express Gold herbicide effectiveness based on application methods in sunflower crops. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2025. Vol. 29, No. 1. С. 20–29.

Дата першого надходження статті до видання: 29.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 635.21:551.583

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.20>

FAO І СТАЛИЙ РОЗВИТОК КАРТОПЛЯРСТВА: МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ДЛЯ АГРАРНОГО МАРКЕТИНГУ

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

Фурдига М.М. – к.с.-г.н., с.н.с.,

директор,

Інститут картоплярства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-9398-0487

Ключевич М.М. – д.с.-г.н., професор,

завідувач кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка»

orcid.org/0000-0003-2711-2566

Можарівська І.А. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка»

orcid.org/0000-0003-0564-4457

У статті досліджено роль Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO) у формуванні стратегій сталого розвитку картоплярства та їх значення для аграрного маркетингу. Проведено аналіз міжнародних статистичних даних, програм розвитку та наукових публікацій, щодо глобального виробництва картоплі. Встановлено, що картопля є однією з ключових культур світової продовольчої системи та інструментом забезпечення продовольчої безпеки. Обґрунтовано значення міжнародного досвіду FAO для формування маркетингових стратегій розвитку галузі в Україні. Серед ключових глобальних проблем розвитку картоплярства: нерівномірність продуктивності між країнами; дефіцит якісного насіннєвого матеріалу; кліматичні ризики; недостатня інтеграція науки і бізнесу; нестабільність логістичних систем. Наприклад, дослідження щодо ринку насіннєвої картоплі в Україні показало, що розвиток галузі стримується залежністю від імпортного посадкового матеріалу та потребує кластерної моделі інноваційного партнерства науки й бізнесу.

Продовольча та сільськогосподарська організація Об'єднаних Націй (FAO) є ключовим міжнародним інституційним гравцем, що формує політику сталого розвитку сільського господарства. У контексті картоплярства FAO розроблено низку рекомендацій і методичних посібників, спрямованих на підвищення ефективності та сталості виробництва: технічний посібник FAO, у якому визначено принципи належної сільськогосподарської практики (Good Agricultural Practices, GAP) для картоплі, включно з оптимізацією використання ресурсів, контролем шкідників і хвороб, збереженням ґрунтового потенціалу, а також заходами щодо зниження втрат після збирання врожаю. Саме такі підходи не лише сприяють стійкості агросистем, але й підвищують якість продукції та її ринкову привабливість.

У своїх рекомендаціях FAO підкреслює, що стале виробництво має поєднувати економічну ефективність, екологічну безпеку та соціальну справедливість – три основні виміри сталого розвитку, що корелюють із маркетинговими стратегіями виробників, які прагнуть виходу на національні та міжнародні ринки.

Ключові слова: аграрний маркетинг, картоплярство, овочеві культури, врожайність, стратегічне управління, сталий розвиток.



© Кравченко Н.В., Фурдига М.М., Ключевич М.М., Можарівська І.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Kravchenko N.V., Furdyga M.M., Kliuchevych M.M., Mozharivska I.A. *FAO and sustainable potato development: international experience for agricultural marketing*

The article examines the role of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in the formation of strategies for the sustainable development of potato growing and their significance for agricultural marketing. An analysis of international statistical data, development programs and scientific publications on global potato production is conducted. It is established that potatoes are one of the key crops of the world food system and a tool for ensuring food security. The importance of the international experience of FAO for the formation of marketing strategies for the development of the industry in Ukraine is substantiated. Among the key global problems of potato growing are: uneven productivity between countries; shortage of high-quality seed material; climate risks; insufficient integration of science and business; instability of logistics systems. For example, a study on the seed potato market in Ukraine showed that the development of the industry is constrained by dependence on imported planting material and requires a cluster model of innovative science-business partnership

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) is a key international institutional player shaping the policy of sustainable agricultural development. In the context of potato growing, FAO has developed a number of recommendations and methodological manuals aimed at increasing the efficiency and sustainability of production: the FAO technical manual, which defines the principles of Good Agricultural Practices (GAP) for potatoes, including optimizing resource use, controlling pests and diseases, preserving soil potential, as well as measures to reduce post-harvest losses. It is such approaches that not only contribute to the sustainability of agricultural systems, but also increase the quality of products and their market attractiveness.

In its recommendations, FAO emphasizes that sustainable production should combine economic efficiency, environmental safety and social justice – three main dimensions of sustainable development, which correlate with the marketing strategies of producers seeking to enter national and international markets.

Key words: agricultural marketing, potato growing, vegetable crops, yield, strategic management, sustainable development.

Мета проаналізувати роль FAO у забезпеченні сталого розвитку картоплярства та визначити можливості використання міжнародного досвіду для формування ефективних стратегій аграрного маркетингу, проаналізувати статистичні дані FAO щодо світового виробництва картоплі, вивчити міжнародні програми розвитку галузі, дослідити наукові публікації щодо сталого виробництва, визначити маркетингові імплікації для національного агросектору [1, 5-6].

Матеріал та методика досліджень. Картоплярство і Цілі сталого розвитку (SDGs). FAO прямо пов'язує вирощування овочевих культур, зокрема картоплі, із досягненням Цілей сталого розвитку ООН (SDGs) [2-3]. Ключові напрями взаємодії картоплярства зі стратегіями SDG включають:

- **SDG 2 – Ліквідація голоду:** картопля є високоврожайною і енергоефективною культурою, що забезпечує значну частину калорій для людського харчування у багатьох регіонах світу. Її харчова цінність робить її важливою для забезпечення продовольчої безпеки.

- **SDG 12 – Відповідальне виробництво і споживання:** застосування концепції GAP і систем контролю якості дозволяє зменшувати втрати та підвищувати ефективність використання ресурсів.

- **SDG 8 – Гідна праця і економічне зростання:** розвиток картоплярства створює робочі місця, стимулює інновації та сприяє посиленню ринкових позицій дрібних і середніх сільськогосподарських підприємств.

- **SDG 13 – Боротьба зі зміною клімату:** адаптація технологій вирощування картоплі до мінливих кліматичних умов, використання сортів, стійких до стресових факторів, сприяє мінімізації негативного впливу на клімат.

• **SDG 17 – Партнерство заради сталого розвитку:** FAO сприяє міжнародній співпраці між урядами, науковими установами, громадськими організаціями та приватним сектором для обміну досвідом та ресурсами [4, 7].

Результати досліджень. FAO, як стратегічний партнер України у зоні військових дій

У відповідь на агресію Російської Федерації з 2022 року FAO розгорнула низку ініціатив для підтримки українських фермерів, включно з виробниками картоплі. Основні напрямки підтримки:

- **Надання посівного матеріалу, включно з насіннєвою картоплею,** для відновлення виробничого потенціалу домогосподарств та фермерських господарств;
- **Технічна допомога та консультативні послуги** щодо впровадження GAP, покращення систем зберігання, ефективного використання ресурсів;
- **Програми з подолання післявоєнних ризиків** у сільському господарстві, спрямовані на відновлення логістичних ланцюгів, безпечного доступу до торгівлі та ринків збуту;
- **Підтримка сертифікаційних ініціатив** для виходу української продукції на міжнародні ринки, зокрема Organic та GlobalG.A.P.

FAO здійснює координацію з іншими міжнародними донорами (USAID, UNDP, GIZ), щоб надати комплексну підтримку для аграрного сектору України – від виробництва до доступу до ринку [8-11].

Головні виклики сталого розвитку та виробничі ризики

У своїх аналітичних матеріалах FAO виділяє такі ключові фактори, що перешкоджають сталому розвитку картоплярства:

- **Втрати орних земель та забруднення ґрунтів** у регіонах з активними бойовими діями;
- **Скорочення площ під картоплею** унаслідок втрат техніки, насіннєвого матеріалу та складнощів із логістикою;
- **Обмежений доступ до якісної післязбиральної обробки та зберігання,** що призводить до зростання втрат продукції;
- **Порушення звичних каналів збуту та експортних ланцюгів,** що вимагає перебудови маркетингових стратегій.

Ці виклики вимагають від українських виробників адаптивних підходів, інтеграції маркетингових інструментів із принципами сталого розвитку, що підсилює конкурентоспроможність продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках [33-35].

Використання FAOSTAT у аналізі сталого розвитку

FAOSTAT – це глобальна статистична платформа FAO, яка надає детальні дані з різних аспектів аграрного виробництва, включно з картоплею. Аналітичні дані FAOSTAT дозволяють: *відстежувати динаміку виробництва, площ та врожайності картоплі у різних країнах світу; порівнювати структуру виробництва за регіонами; оцінювати вплив зовнішніх факторів (клімат, конфлікти, економічні зміни) на стабільність виробництва* [9-12].

Ця платформа є важливою для побудови таблиць і графіків у наукових розділах, що базуються на кількісному аналізі трендів (табл. 1).

Ці дані демонструють концентрацію виробництва в країнах Азії та Євразії. Водночас FAO підкреслює, що найшвидше зростання виробництва відбувається саме в Азії та Африці, тоді як у Європі та Північній Америці воно скорочується (рис. 1).

Таблиця 1

Світове виробництво картоплі (2022 р.)

Показник	Значення
Світове виробництво	≈375 млн т
Зібрана площа	17,8 млн га
Кількість країн-виробників	≈140

Джерело: FAOSTAT

Top 10 potato producers, 2024

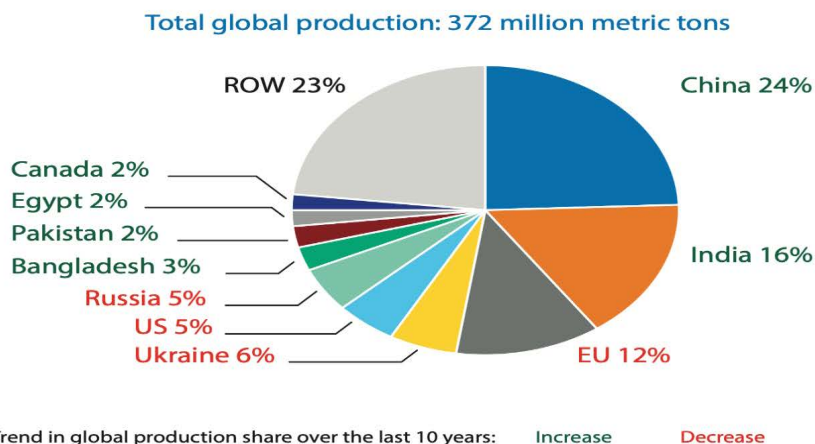


Рис. 1. Лідери виробництва картоплі 2024 р.

(<https://kurkul.com/spetsproekty/1783-10-naybilshih-virobnikov-kartopli-u-sviti>)

Глобальні тенденції сталого розвитку картоплярства

FAO виділяє кілька стратегічних напрямів розвитку галузі:

✓ Інтенсифікація виробництва

Підвищення врожайності без розширення площ – ключовий принцип сталого розвитку. Світове виробництво картоплі вже зростало навіть за умов зменшення площ вирощування, що свідчить про ефективність інноваційних технологій.

✓ Генетичні інновації

FAO наголошує на необхідності розвитку систем виробництва вірус-вільного насіння та скорочення селекційних циклів.

✓ Екологічна ефективність

Картопля має відносно низький рівень викидів парникових газів порівняно з іншими культурами і потребує менше природних ресурсів, що робить її перспективною культурою для кліматично адаптивного землеробства [13-15, 29-31].

Міжнародні програми FAO: практичний досвід. Відомий проєкт «Відновлення та розвиток сектору картоплярства у відповідь на пандемію COVID-19» Узбекистані (2021–2023). FAO разом із Міністерством сільського господарства реалізували програму відновлення сектору картоплі після пандемії. Ця програма спрямовувана на забезпечення продовольчої безпеки. Ініціатива вартістю \$195 тис.

Основа на впровадженні інноваційних технологій, забезпеченні фермерів якісним насінням та підвищенні врожайності культури; покращення якості продукції; розвиток сталих технологій виробництва. Це демонструє ефективність міжнародної співпраці у розвитку галузі [14-17].

Аналіз наукових публікацій. Наукові дослідження підкреслюють, що сталий розвиток картоплярства є важливим інструментом боротьби з голодом і недоїданням [23-25, 32]. FAO разом із партнерами координує міжнародні зусилля щодо сталого інтенсифікаційного виробництва культур. Також науковці відзначають важливість точного аграрного аналізу даних продуктивності культур, оскільки помилки вимірювання можуть спотворювати оцінки ефективності аграрної політики [26-28]. Отже, на основі аналізу матеріалів FAO можна виділити маркетингові принципи розвитку галузі (табл. 2):

Таблиця 2

Маркетингові принципи розвитку картоплярства

Напрямок	Маркетингове значення
Інновації	формує конкурентні переваги
Сертифіковане насіння	підвищує довіру споживачів
Кластери	оптимізують ланцюги збуту

Дані FAOSTAT	дають основу для прогнозування попиту

За прогнозами міжнародних експертів, світове виробництво картоплі може досягти 750 млн т до 2030 року, що означає значне зростання глобального попиту на цю культуру [19-22].

Висновки. Отже, FAO відіграє ключову роль у формуванні глобальної політики розвитку картоплярства. Картопля є стратегічною культурою світової продовольчої безпеки. Інновації, селекція та цифрові технології - основні драйвери сталого виробництва. Міжнародний досвід FAO може бути використаний для модернізації аграрного маркетингу в Україні. Розвиток кластерних моделей і систем сертифікації насіння є критичними для підвищення конкурентоспроможності галузі.

Практичні рекомендації. Для України доцільно: створювати регіональні картоплярські кластери; впроваджувати цифрові системи моніторингу виробництва; розвивати ринок сертифікованого насіння; інтегрувати міжнародні стандарти FAO у маркетингові стратегії.

Інтеграція принципів FAO у маркетингові стратегії картоплярства

На основі матеріалів FAO можна виділити такі маркетингові підходи, які сприяють сталому розвитку картоплярства:

1. **Агрономічно обґрунтовані практики виробництва** – впровадження GAP знижує витрати, підвищує якість і, як наслідок, ринкову цінність продукції.
2. **Сертифікація та брендування** – відповідність міжнародним стандартам (Organic, GlobalG.A.P.) відкриває доступ до преміальних ринків;
3. **Кооперація виробників** – об'єднання фермерів для спільного просування, доступу до маркетингових каналів, використання кооперативної інфраструктури;
4. **Цифрові платформи для маркетингу та збуту** – автоматизовані системи адміністрування збуту, маркетингові CRM, онлайн-маркетплейси.

Ці інструменти виникли не лише як відповідь на глобальні виклики, але і як результат системних рекомендацій FAO щодо забезпечення сталості та ефективності аграрних ринків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. FAO. FAOSTAT. Food and Agriculture Statistics. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (дата звернення: 22.02.2026).
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023. Rome: FAO, 2023. URL: <https://foodtank.com/join> (дата звернення: 22.02.2026).
3. Litaladio N. та ін. Sustainable potato production: guidelines for developing countries. Rome: FAO, 2009. 94 p. URL: <https://www.fao.org/4/i1127e/i1127e.pdf> (дата звернення: 22.02.2026).
4. Prakash A., Litaladio N. Strengthening potato value chains: technical and policy options for developing countries. Rome: FAO, 2010. 150 p. URL: <https://www.fao.org/4/i1710e/i1710e.pdf> (дата звернення: 22.02.2026).
5. FAO, UNIDO. Developing sustainable food value chains: practical guidance for systems-based analysis and design. Rome: Vienna : FAO, UNIDO, 2024. URL: <https://www.unido.org> (дата звернення: 22.02.2026).
6. FAO. Improving farmers' access to quality seed potato: sub-regional workshop proceedings. Rome : FAO, 2015. URL: <https://openknowledge.fao.org> (дата звернення: 22.02.2026).
7. FAO. Sustainable potato production system developed in Uzbekistan 21.07.2023. URL: <https://www.fao.org/europe/news/detail/sustainable-potato-production-system-developed-in-uzbekistan/en> (дата звернення: 22.02.2026).
8. FAO. International Year of the Potato 2008: New light on a hidden treasure. Rome: FAO, 2009. URL: <https://www.fao.org/4/i0500e/i0500e.pdf> (дата звернення: 22.02.2026).
9. FAO. Seeds toolkit. Rome : FAO. URL: <https://openknowledge.fao.org> (дата звернення: 22.02.2026).
10. FAO. Quality declared seed system. Rome: FAO, 2006. 245 p. URL: <https://www.fao.org/4/a0503e/a0503e00.pdf> (дата звернення: 22.02.2026).
11. FAO. Quality declared planting material: protocols and standards for vegetatively propagated crops. Rome: FAO, 2010. URL: <https://www.fao.org/4/i1195e/i1195e00.pdf> (дата звернення: 22.02.2026).
12. Eurostat. The EU potato sector – statistics on production, prices and trade. Luxembourg: Eurostat. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/The_EU_potato_sector_-_statistics_on_production%2C_prices_and_trade (дата звернення: 22.02.2026).
13. Eurostat. EU potato production: downward trend but uptick in 2023. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240808-1> (дата звернення: 22.02.2026).
14. Devaux A., Goffart J.-P., Kromann P. et al. The potato of the future: opportunities and challenges in sustainable agri-food systems. *Potato Research*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09501-4>.
15. Devaux A. et al. The potato of the future: opportunities and challenges in sustainable agri-food systems. *Plants*. 2021. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8302968/> (дата звернення: 22.02.2026).
16. Morugán-Coronado A. et al. Fostering sustainable potato production. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14122762>.
17. Sustainable potato farming in Shandong Province, China. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1369817>.

18. Xie H. et al. Rotation reshapes sustainable potato production. *Resources, Environment and Sustainability*. 2025. Vol. 21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2025.100247>.
19. Kifle S. W. et al. Smallholder potato producers' market orientation. *Cogent Food & Agriculture*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2325712>.
20. Okello J. J. et al. Determinants of the use of certified seed potato. *Agriculture*. 2016. Vol. 6 (4). DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture6040055>.
21. International Potato Center. Analysis for developing a sustainable seed potato value chain. Lima : CIP, 2024. DOI: 10.4160/cip.
22. Scott G. J. et al. The rise of Asia as the centre of global potato production. 2015. URL: <https://cgspace.cgiar.org> (дата звернення: 22.02.2026).
23. Scott G. J. Booms, busts and emerging markets for potatoes in East and Central Africa. *Potato Research*. 2013.
24. Royal Tropical Institute. Innovation in seed potato systems in Eastern Africa. Amsterdam: KIT, 2018. URL: https://www.kit.nl/wp-content/uploads/2018/08/1989_Innovation-in-Seed-Potato.pdf (дата звернення: 22.02.2026).
25. Forbes G. A. et al. Potato seed systems. Springer, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_12.
26. FAO. Policies and strategies conducive to potato development. Rome : FAO. URL: <https://www.fao.org/4/i0200e/i0200e07.htm> (дата звернення: 22.02.2026).
27. The value chain and sustainable efficiency of industrial potatoes. 2024. URL: <https://journals.usamvcluj.ro/index.php/horticulture/article/view/14869/13371> (дата звернення: 22.02.2026).
28. Devaux A. et al. The potato of the future. *Potato Research*. 2021. Vol. 64. P. 681–720. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09501-4>.
29. Devaux A. et al. Correction to: The potato of the future. *Potato Research*. 2022. Vol. 65. P. 209–210. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09532-x>.
30. Podhaietskyi A. A., Kravchenko N. V., Kriuchko L. V. та ін. Simulation of nature of *Solanum* species towards late blight resistance. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8 (1). P. 324–334. DOI: https://doi.org/10.15421/2018_218.
31. Подгаєцький А. А. та ін. Розмноження та оздоровлення насіннєвого матеріалу картоплі. Суми, 2019. 161 с.
32. Podgaetsky A., Gnitetsky M., Kravchenko N. Growth energy and similarity of hybrid potato seeds. *International independent scientific journal*. 2021. Vol. 1. № 25. P. 3–5.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION,
STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

УДК 636.39:631.11:338.43

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.21>

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ МАЛОГО КОЗІВНИЧОГО ГОСПОДАРСТВА

Аверчева Н.О. – к.е.н.,

доцент кафедри соціальних та поведінкових наук,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0003-4534-693X

Корбич Н.М. – к.с.-г.н.,

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

імені академіка В.Г. Пелиха,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-0266-8181

Кушнеренко В.Г. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри ветеринарії, гігієни та розведення тварин імені В.П. Коваленка,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0003-1220-2972

Концепція державної цільової програми визначає розвиток малого козівництва стратегічним пріоритетом для продовольчої безпеки та відновлення сільських територій, акцентує увагу на технологічній модернізації ферм та підтримці переробної інфраструктури. Основною метою є підвищення конкурентоспроможності галузі на внутрішньому та європейському ринках шляхом системної фінансової підтримки та впровадження інноваційних стандартів якості.

Метою статті є організаційно-економічне обґрунтування доцільності створення та ефективного функціонування козиної ферми з повним циклом виробництва. Передбачається організація сучасного багатофункціонального кооперативу з вирощування кіз молочних порід з подальшою переробкою продукції (молоко, сири, м'ясо) та її реалізацією на місцевому ринку. Основна мета – задоволення попиту населення на екологічно чисту продукцію, створення робочих місць у сільській місцевості, отримання стабільного прибутку та розвиток сільськогосподарської кооперації.



© Аверчева Н.О., Корбич Н.М., Кушнеренко В.Г., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

У цілому обсяги виробництва молока за п'ять років становлять 1710 ц. Під час розрахунку обсягів виробництва молока враховано, що тривалість лактації – 10 міс., середній надій за цей період 600 кг. Вихід сиру залежить від рівня і якості годівлі кіз, що впливає на якість молока. У плані його визначено у розрахунку 1,2 кг на 10 кг молока. На основі плану виробництва розраховано обсяги доходів, які від реалізації кіз на м'ясо становлять в цілому 2400,9 тис. грн, а від реалізації козиного сиру – 19978,7 тис. грн.

За період реалізації проєкту середній прибуток кооперативу від основної діяльності становитиме 1925 тис. грн, а рівень рентабельності – 9,4 %. На п'ятий рік планові показники прибутку перевищують 1700 тис. грн при рівні рентабельності 31,9 %.

Отже, позитивні ефекти від реалізації проєкту мають комплексний характер і справляють синергетичний ефект на розвиток не тільки основного виробництва, а й добробут сільських територій, навколишніх на соціально-культурне середовище.

Ключові слова: бізнес-планування, козівництво, організація, технологія, продукція, рентабельність.

Avercheva N.O., Korbych N.M., Kushnerenko V.H. Organizational and economic justification for establishing a small-scale goat farming enterprise

The concept of the state targeted program defines the development of small goat farming as a strategic priority for food security and the revitalization of rural areas, emphasizing the technological modernization of farms and support for processing infrastructure. The main goal is to increase the competitiveness of the industry in the domestic and European markets through systemic financial support and the implementation of innovative quality standards.

The aim of the work is to substantiate the feasibility of creating and efficiently operating a full-cycle goat farm. It envisions the organization of a modern multifunctional cooperative for raising dairy goat breeds, with subsequent processing of products (milk, cheeses, meat) and their sale on the local market. The main goal is to meet the population's demand for environmentally friendly products, create jobs in rural areas, generate stable profits, and develop agricultural cooperation.

In total, milk production volumes over five years amount to 1,710 centners. When calculating milk production volumes, it was taken into account that the lactation period is 10 months, with an average milk yield of 600 kg during this period. The cheese yield depends on the level and quality of goat feeding, which affects the quality of the milk. In the plan, it is determined at a rate of 1.2 kg per 10 kg of milk. Based on the production plan, revenue volumes were calculated, which from the sale of goats for meat total UAH 2,400.9 thousand, and from the sale of goat cheese – UAH 19,978.7 thousand.

During the project implementation period (five years), the cooperative's average profit from its core activities will be UAH 1,925 thousand, with a profitability level of 9.4%. In the fifth year, the planned profit indicators exceed UAH 1,700 thousand, with a profitability level of 31.9%.

Therefore, the positive effects of the project implementation are complex in nature and have a synergistic effect on the development of not only the main production but also the well-being of rural areas, as well as the environmental and socio-cultural environment.

Key words: business planning, goat farming, organization, technology, products, profitability.

Постанова проблеми. В Україні галузь козівництва не нова, однак, є прерогатива господарств населення, а у підприємствах не набула широкого розвитку. Водночас інтерес до цієї галузі поступово зростає: імпортується племінне поголів'я кіз, створюються нові фермерські господарства, а також активно популяризується здорове харчування на основі продуктів з козиного молока. Аналіз провідних вітчизняних наукових публікацій свідчить, що питання розвитку козівництва не набули активного поширення у практичній діяльності і недостатньо висвітлені в наукових дослідженнях [1, 2].

Галузь козівництва характеризується вищою собівартістю виробництва молока порівняно зі скотарством (приблизно у 2,5 рази), ціна реалізації козиного молока відповідно перевищує вартість коров'ячого у 3–5 разів. Це, разом із відносно низьким рівнем конкуренції, формує сприятливі передумови для розвитку козівництва як у малих фермерських господарствах, так і в сільськогосподарських

підприємствах. Крім економічної доцільності, козівництво має важливе соціальне значення, оскільки сприяє розвитку сільських територій та забезпечує зайнятість сільського населення. Конкурентні переваги козівництва обумовлені тим, що виробництво не вимагає значних початкових капіталовкладень, терміни окупності інвестицій менші, порівняно з молочним скотарством [3], що свідчить про можливість його ефективного розвитку і формування більш широкого сегменту ринку.

У світлі сучасних тенденцій розвитку галузі дане дослідження спрямоване на підвищення ролі козівництва у диверсифікації агробізнесу та вирішенні проблем рентабельності малих господарств, що є актуальним і підвищує науково-практичне значення публікації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Промисловий розвиток козівництва в Україні почав активізуватися після 2011 р. Зокрема, у сільськогосподарських підприємствах поголів'я кіз у період з 2001 по 2011 рік зросло лише на 2,6 тис. голів, тоді як до 2018 р. збільшення становило вже близько 8 тис. голів. Чисельність козоматок за цей період також зроста: відповідно на 1,1 та 4,7 тис. голів. Водночас в особистих селянських господарствах утримується, як правило, від 1 до 50 кіз. Однак точність цих показників є відносною, оскільки Державна служба статистики України не наводить окремих даних щодо поголів'я кіз, а значна частина тварин особистих господарств населення, взагалі не підлягає офіційному обліку [1].

До початку повномасштабного вторгнення галузь козівництва в Україні демонструвала тенденцію до швидкого розвитку. Проте у період війни відзначено значний спад, що зумовлено, зокрема, окупацією і припиненням діяльності фермерських господарств, скороченням поголів'я тварин. На початок 2025 р. чисельність кіз в Україні становила близько 250 тис. голів, що приблизно на 15 % менше порівняно з 2021 р. Відповідно скоротилися й обсяги виробництва козячого молока – з 200 т у 2019 р. до 151,8 т у 2023 р., або на 24,1 % [5].

Концепція державної цільової програми визначає розвиток малого козівництва стратегічним пріоритетом для продовольчої безпеки та відновлення сільських територій, акцентує увагу на технологічній модернізації ферм та підтримці переробної інфраструктури. Програма вбачає основну мету у підвищенні конкурентоспроможності галузі на внутрішньому та європейському ринках шляхом системної фінансової підтримки та впровадження інноваційних стандартів якості [6].

Постановка завдання. Метою статті є організаційно-економічне обґрунтування доцільності створення та ефективного функціонування козиної ферми з повним циклом виробництва. Для досягнення мети поставлено такі завдання: розробити модель обороту стада та виробничий план на 5 років; визначити обсяги виробництва молока, сиру та м'яса; здійснити прогнозування доходів, витрат та рентабельності; оцінити економічні, соціальні та екологічні ефекти від реалізації проєкту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Бізнес-планування обсягів виробництва продукції козівництва ґрунтується на технології утримання поголів'я та розрахунках показників обороту стада. Тому для цього необхідна взаємодія фахівців з технології виробництва продукції тваринництва та планово-економічних служб. Дослідження передбачає створення детальної 5-річної моделі розвитку козівництва у малих господарюючих суб'єктів аграрної сфери. Передбачається організація сучасного багатофункціонального кооперативу з вирощування кіз молочних порід з подальшою переробкою продукції (молоко, сири, м'ясо) та її реалізацією на місцевих ринках. Завдання кооперативу – задоволення попиту населення на

екологічно чисту продукцію, об'єднання дрібних виробників навколо ідеї захисту їх інтересів в складних умовах ринку; вирішення проблем зайнятості сільських територіальних громад; забезпечення стабільного рівня доходів і прибутків; активізація розвитку сільськогосподарської кооперації.

При розробці моделі використано методичні підходи Типового бізнес-плану створення та функціонування фермерського господарства (особистого селянського господарства), затверджений Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України у 2024 р., зокрема: формування обороту стада, розрахунок потреби в кормах, калькулювання витрат за статтями, визначення показників рентабельності [7, 8]. Технологічна модель господарства передбачає планування на основі нормативів: продуктивності кіз (надої молока від однієї козоматки, середньодобові прирости молодняку за віковими групами), відтворення і вибракування поголів'я. Що дозволяє оптимізувати структуру стада і досягти позитивних фінансових результатів.

Оборот стада передбачає планування руху поголів'я по кожній статеві-віковій групі протягом року. Структура стада при цьому формується відповідно до виробничого напрямку господарства. На основі таблиць по обороту стада визначають середньодобові прирости по статеві-вікових групах і обсяги валового виробництва, зокрема молока і загальних приростів (табл. 1).

За нашими розрахунками потенціал обороту стада дає можливості наростити поголів'я за п'ять років від 40 до 95 козоматок або у 2,37 рази. Загальне поголів'я зростає за цей період від 44 до 137 голів – у 3,11 рази. При розрахунках використані наступні нормативні показники продуктивності кіз: жива маса при народженні – 3,5 кг, жива маса цапів – 75 кг, жива маса козоматок – 55 кг. Термін відгодівлі молодняку до 6,5 місяців становить 195 днів.

Середньодобовий приріст у молочних порід (за звичайного вирощування) становить в 150–200 г/добу (у середньому – 175 г) до 3 міс, далі – 100–150 г/добу (у середньому 125 г). Таким чином, обсяги вирощування і реалізації приростів кіз (у живій масі) становлять у цілому за п'ять років 113,87 ц (табл. 1).

Таблиця 1

Виробничий план вирощування продукції козівництва

Показники	Роки						Всього
	перший	другий	третій	четвертий	п'ятий	шостий	
Кількість поголів'я кіз, усього, голів (на кінець року)	44	63	82	98	116	137	-
у тому числі козематки	40	40	59	66	80	95	-
Вирощено і реалізовано на забій (у живій масі), ц	-	12,48	13,23	25,59	28,38	34,19	113,87
Середній надій на одну козу, кг	-	6,00	4,07	5,36	4,95	5,05	-
Надій молока – всього, ц	-	240	240	354	396	480	1710
Вихід сиру, ц (у розрахунку 1,2 кг на 10 кг молока)	-	28,80	28,80	42,48	47,52	57,60	205,2

У перший рік реалізація молодняку на забій не передбачається, оскільки все поголів'я спрямовується на формування маточного стада та відтворення. У цілому обсяги виробництва молока за п'ять років становлять 1710 ц. Під час розрахунку обсягів виробництва молока враховано, що тривалість лактації – 10 міс., середній надій за цей період 600 кг. Коливання середньодобових надоїв по роках зумовлене зміною вікової структури стада: збільшення частки первісток у окремі періоди та вибракуванням малопродуктивних тварин.

Вихід сиру залежить від рівня і якості годівлі кіз, що впливає на якість молока. У плані його визначено у розрахунку 1,2 кг на 10 кг молока.

На основі плану виробництва розраховано обсяги доходів господарства. Важливою складовою дослідження при бізнес-плануванні є визначення ціни реалізації продукції. Оскільки ринкову ситуацію передбачити досить складно і визначити ціни на п'ятирічний період також, за основу прийнято середньорічні темпи інфляції на рівні 10 %. В цілому початкова ринкова ціна на м'ясо кіз становить близько 150 грн, а на тверді сири як продукт переробки молока – від 700 до 1127,35 грн за 1 кг. В даному аспекті бажано розробити декілька альтернативних варіантів плану реалізації продукції за мінімальними і максимальними цінами, враховуючи вплив конкуренції на ринку та зміни кон'юнктури. Сума виручки від реалізації кіз на м'ясо становить всього 2400,9 тис. грн, а від реалізації козиного сиру – 19978,7 тис. грн (табл. 2).

Таблиця 2

План реалізації продукції і доходів

Показники	Роки						Всього
	перший	другий	третій	четвертий	п'ятий	шостий	
Вирощено і реалізовано на забій (у живій масі), ц	-	12,48	13,23	25,59	28,38	34,19	113,87
Середня ціна реалізації, грн / ц	150	165	180	200	220	240	-
Виручка від реалізації м'яса, тис. грн	-	205,9	238,2	511,8	624,4	820,6	2400,9
Обсяги реалізації сиру, ц (у розрахунку 1,2 кг на 10 кг молока)	-	28,80	28,80	42,48	47,52	57,60	205,2
Середня ціна реалізації сиру, грн / ц	70000	77000	84700	93170	102490	112735	-
Виручка від реалізації сиру, тис. грн	-	2217,6	2439,4	3957,9	4870,3	6493,5	19978,7
Всього виручка від реалізації продукції, тис. грн	-	2423,5	2677,6	4469,7	5494,7	7314,1	22379,6

Загальна сума виручки від реалізації продукції козівництва за роки реалізації проекту становить 22379,6 тис. грн, а за роками постійно зростає – від 2423,5 до 7314,1 тис. грн.

Збут продукції кооператив планує здійснювати на місцевих ринках та через мережу інтернет на основі просування власного бренду. Основні ринки збуту

продукції – географічна область розміщення господарства, проте масштаб інтернет-торгівлі дозволяє охопити різні регіони України. Крім того, Кооператив планує відкрити власні торговельні точки в районному центрі та на території козиної ферми.

Структура кормового раціону є важливою складовою планування витрат виробництва і повинна відповідати науково обґрунтованим нормам годівлі. Кормова база ферми формується на основі різних видів кормів – грубих, зелених, концентрованих. Загальна вартість кормів відображена у таблиці 3.

План витрат передбачає їх групування за статтями калькуляції і ґрунтується на прогнозуванні цінової ситуації на ринку ресурсів і, в першу чергу, кормів. Крім того, враховано суму амортизаційних нарахувань, які залежать від вартості будівель і споруд, обладнання і устаткування. При цьому по термінах використання основних засобів прийняті вимоги за Податковим Кодексом України [7].

Таблиця 3

Вартість кормів, грн

Види кормів	Роки				
	перший	другий	третій	четвертий	п'ятий
Сіно	304843	336515	534797	656513	866767
Концентровані	154449	170326	271986	335194	443434
Зелена маса	124344	139416	220050	270600	354600
Силос	39683	44493	70100	120615	250560
Крейда	3421	3763	6038	7373	9740
Сіль	1283	1410	2280	2770	3647
Премікс	21935	24125	38364	46837	61239
Замінник молока	52195	57395	92340	115452	152880
Підстилка	6240	9460	12250	16011	20709
Всього, грн	708393	786903	1248205	1571365	2163576
Всього, тис. грн	708,4	786,9	1248,2	1571,4	2163,6

За період реалізації проєкту (п'ять років.) середній прибуток кооперативу від основної діяльності становитиме 1925 тис. грн, а рівень рентабельності – 9,4 %. На п'ятий рік планові показники прибутку перевищують 1700 тис. грн при рівні рентабельності 31,9 % (рис. 1).

Рівень рентабельності проєкту виходить із зони збитковості на третій рік і зростає від -19,9 до 31,9 % (рис. 2).

У якості прогнозування ефективності діяльності Кооперативу будуть досягнені наступні цілі (табл. 4).

Висновки і пропозиції. Розроблена модель розвитку галузі козівництва на основі створення кооперативу є економічно доцільною. Господарство досягає прибутковості на третьому році реалізації проєкту. Проте, слід враховувати фактори ризику, зумовлені нестабільною ціновою ситуацією, низьким рівнем платоспроможності населення, змінами у державній політиці підтримки кооперативів і фермерських господарств. Збільшення масштабів виробництва дає можливість підвищити прибутковість і рентабельність даного проєкту.

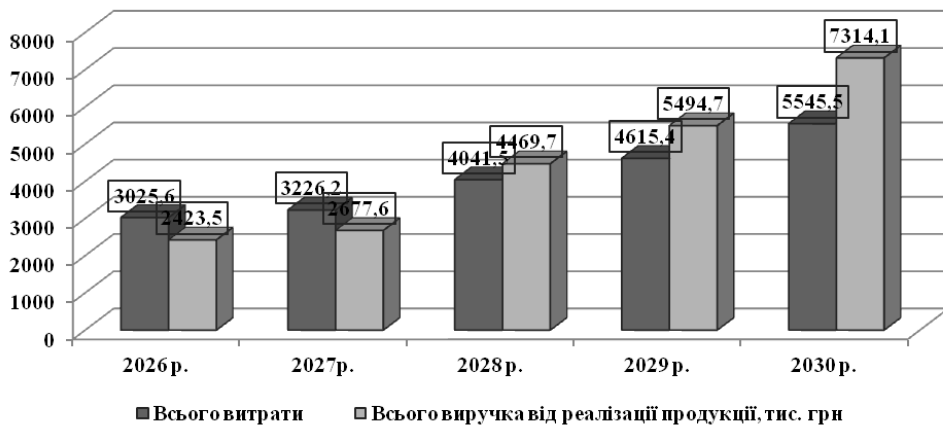


Рис. 1. Динаміка доходів і витрат за роками реалізації проєкту, тис. грн.

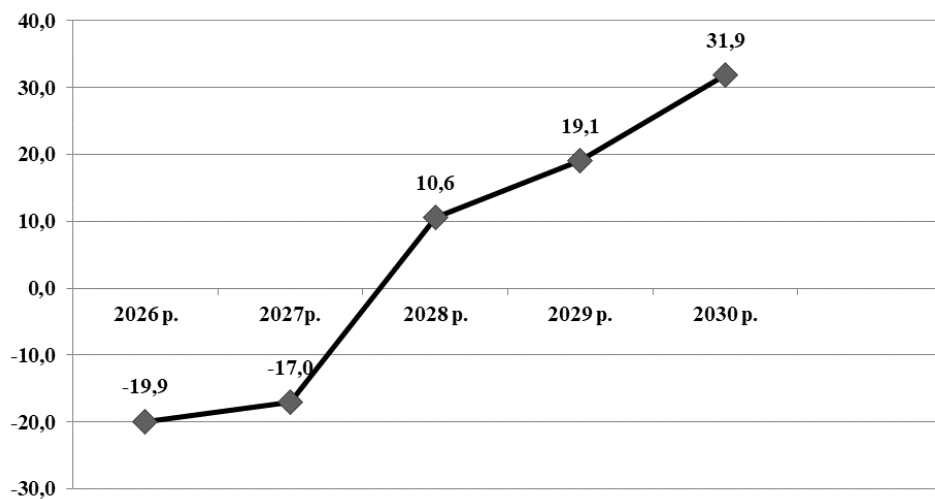


Рис. 2. Динаміка рівня рентабельності реалізації проєкту, %.

Інтеграція технологічних і фінансових параметрів у розрахунках надає можливості створити деталізований 5-річний фінансовий прогноз, який передбачає врахування ринкової ситуації, аналіз цін на ринку ресурсів і продуктів, попиту і рівня конкуренції.

Позитивні ефекти від реалізації проєкту мають комплексний характер і справляють синергетичний ефект на розвиток не тільки основного виробництва, а й добробут сільських територій, навколишнє на соціально-культурне середовище.

Таблиця 4

Напрями підвищення ефективності і цілі проєкту

Напрями	Цілі
Економічні	– досягнення стабільного прибутку від виробництва і реалізації продукції переробки козиного молока та м'яса кіз; – розширення ринків збуту та створення локального бренду якісної продукції козівництва; – підвищення ефективності використання ресурсів (землі, кормів, обладнання); – створення конкурентоспроможного господарства на основі кооперації; – оптимізація витрат і зниження собівартості продукції на основі впровадження сучасних технологій.
Соціальні	– залучення працівників і фахівців у сільській місцевості, створення 5–7 постійних робочих місць; – підвищення рівня доходів власників бізнесу, членів кооперативу і населення; – популяризація здорового харчування через натуральні продукти і сегментація ринку; – сприяння розвитку фермерської культури та кооперації; – забезпечення продовольчої безпеки регіону.
Екологічні	– використання екологічно чистих технологій у годівлі та догляді за тваринами; – раціональне використання природних ресурсів (природних пасовищ, кормових угідь); – переробка та утилізація відходів із мінімальним впливом на довкілля; – збереження біорізноманіття та підтримка екологічної рівноваги у сільській місцевості; – поступовий перехід на органічні стандарти виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Федорович Є.І., Салига Ю.Т., Федорович В.В., Мазур Н.П., Боднар П.В. Розвиток козівництва в Україні. *Вісник аграрної науки: тваринництво, ветеринарна медицина*, 2022, № 2 (827) с. 42-49.
2. Попова В.О., Кернасюк В.Ю., Федяєв В.А., Леппа А.Л. Моніторинг проблем та тенденцій розвитку галузі козівництва в Україні. *Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування*. 2019. Вип. 3. С. 168–176.
3. Ващенко П. А., Слинько В. Г., Шаферівський Б. С., Мироненко О. І., Фесенко О. Г. Роль козівництва у забезпеченні продовольчої безпеки в умовах кліматичних змін. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (3). С. 140–145.
4. Козівництво набирає популярності, але є проблеми. *AgroTimes*. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/kozivnyctvo-nabyraye-populyarnosti-ale-ye-problemy/> (дата звернення 15.03.2026).
5. Системна підтримка необхідна для розвитку козівництва в Україні. *Agroreview*. URL: <https://agoreview.com/en/newsen/livestock/system-support-necessary-for-the/> (дата звернення 15.03.2026).
6. Про схвалення Концепції Державної цільової економічної програми розвитку тваринництва на період до 2033 року. Розпорядження, Концепція: Кабінет Міністрів України [Чинний від 2025-01-31].
7. Групи основних засобів (класифікація основних засобів у податковому обліку, мінімальні строки амортизації згідно з ПКУ). *Buhoblik*. URL: <https://www.buhoblik.org.ua/nalogi/nalog-na-pribyl/1000-grupi-osnovnix-zasobiv.html> (дата звернення 15.03.2026).

8. Про затвердження форми типового бізнес-плану створення та функціонування фермерського господарства (особистого селянського господарства): Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 02 квітня 2024 року № 1049 / Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/re41901?an=1> (дата звернення 15.03.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 636.4.082.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.22>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СВИНЕЙ РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ

Балабанова І.О. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри технологій виробництва та переробки сільськогосподарської продукції імені академіка В.Г. Пелиха,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0001-7631-2455

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 наведено результати порівняльної оцінки продуктивності чистопорідних і гібридних свиней. Найвищим показником багатоплідності виділялись свиноматки фінального варіанту гібридизації ♀ (ЛН х П) х ♂Д (11,45 голови), перевага над чистопорідними матками породи ландрас склала +1,04 голова ($P < 0,05$). За даними оцінки на час відлучення на 21 день встановлено, що найбільше поросят зберіглося у гніздах свиноматок фінального варіанту гібридизації з участю трьох порід, вони вірогідно перевищували поросят породи ландрас на +1,54 голови ($P < 0,01$), гібридних ровесниць ♀ЛН х ♂П на +0,69 голови та середній рівень продуктивності по стаду на +1,29 голови ($P < 0,001$). Гібридні поросята із гнізд свиноматок ♀ (ЛН х П) х ♂Д (95,81%) виділялись найвищим рівнем збереженості у підсисний період, що перевищувало чистопорідних аналогів на +5,27%, двох порідних ровесників на +2,51% та середній рівень по стаду на +5,75%.

Найвищим рівнем материнських якостей виділялись свиноматки варіанту гібридизації ♀ (ЛН х П) х ♂Д (42,34 бали), які на +4,13 бали перевищували чистопорідних маток, на +1,38 бали маток варіанту ♀ЛН х ♂П та на +6,58 бали середній рівень продуктивності по стаду. Найвищі показники відхилень від продуктивності свиноматок породи ландрас отримано за ознакою кількості поросят на час відлучення у гніздах маток ♀ (ЛН х П) х ♂Д +16,37% і ♀ЛН х ♂П +9,03% та за ознакою маси гнізда на час відлучення +14,33% та +11,06% аналогічно.

Високі коефіцієнти кореляції встановлено між індексом материнських якостей та кількістю поросят на час відлучення (+0,973), масою гнізда на час відлучення (+0,924) і багатоплідністю (+0,902). Це підтверджує високу інформативність індексу материнських якостей як інтегрального показника відтворювальної цінності свиноматок. Проведений кореляційний аналіз може бути ефективним інструментом для прогнозування відтворювальних якостей свиноматок.

Найкращі результати відгодівельних якостей встановлено у гібридів фінального варіанту ♀ (ЛН х П) х ♂Д, які високовірогідно перевищували своїх чистопорідних ровесників за віком досягнення живої маси 100 кг на -16,3 дні ($P < 0,001$), за середньодобовими приростами – +118,33 г ($P < 0,001$) та витратами кормів на 1 кг приросту на -0,37 к. од. Отримані результати підтверджують ефективність використання гібридизації для підвищення продуктивних якостей свиней у господарстві з промисловою технологією.

Ключові слова: порода, гібридизація, свиноматка, багатоплідність, кореляція, відгодівельні якості.

Balabanova I.O., Pelikh N.L. Efficiency of raising pigs of different genotypes

The article presents the results of a comparative assessment of the productivity of purebred and hybrid pigs. The highest fertility rate was observed in sows of the final hybridization variant



© Балабанова І.О., Пелих Н.Л., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

♀(LN x P) x ♂D (11.45 heads), with an advantage over purebred Landrace sows of +1.04 heads ($P < 0.05$). According to the assessment at weaning on day 21, it was found that the largest number of piglets survived in the nests of sows of the final hybridization variant involving three breeds, reliably exceeding Landrace piglets by +1.54 heads ($P < 0.01$), hybrid peers ♀LN x ♂P hybrids of the same age by +0.69 heads and the average productivity of the herd by +1.29 heads ($P < 0.001$). Hybrid piglets from the nests of sows ♀(LN x P) x ♂D (95.81%) stood out with the highest survival rate during the suckling period, exceeding purebred counterparts by +5.27%, two-breed peers by +2.51%, and the average level for the herd by +5.75%.

The highest level of maternal qualities was observed in sows of the hybridization variant ♀(LN x P) x ♂D (42.34 points), which exceeded purebred sows by +4.13 points and sows of the variant ♀LN x ♂P, and by +6.58 points above the average productivity level for the herd. The highest indicators of deviations from the productivity of Landrace sows were obtained for the number of piglets at weaning in the nests of sows ♀(LN x P) x ♂D +16.37% and ♀LN x ♂P +9.03% and by the weight of the litter at weaning +14.33% and +11.06%, respectively.

High correlation coefficients were found between the maternal quality index and the number of piglets at weaning (+0.973), litter weight at weaning (+0.924), and prolificacy (+0.902). This confirms the high informative value of the maternal quality index as an integral indicator of the reproductive value of sows. The correlation analysis performed can be an effective tool for predicting the reproductive qualities of sows.

The best fattening qualities were found in the final hybrids ♀(LN x P) x ♂D, which significantly exceeded their purebred peers in terms of age at reaching a live weight of 100 kg by -16.3 days ($P < 0.001$), average daily gains by +118.33 g ($P < 0.001$) and feed consumption per 1 kg of gain by -0.37 feed units. The results confirm the effectiveness of hybridization in improving the productive qualities of pigs in farms using industrial technology.

Key words: breed, hybridization, sow, prolificacy, correlation, fattening qualities.

Актуальність теми дослідження. Свинарство є однією з ключових галузей тваринництва, що відіграє важливу роль у формуванні глобальної продовольчої безпеки та забезпеченні населення високоякісними білковими продуктами. Свинина належить до найбільш поширених видів м'яса у світі, а її виробництво посідає провідні позиції у структурі світового м'ясного балансу [8, 6]. За сучасними оцінками, виробництво свинини перевищує 118 млн т на рік і становить близько 36% загального обсягу виробництва м'яса у світі, що свідчить про значну роль галузі у забезпеченні продовольчих ресурсів людства.

У сучасних умовах розвиток галузі свинарства визначається низкою глобальних тенденцій, серед яких інтенсифікація виробництва, впровадження інноваційних технологій, підвищення генетичного потенціалу тварин, а також зростання вимог до біобезпеки та екологічної стійкості виробництва. Значний вплив на розвиток галузі мають також епізоотичні ризики (зокрема африканська чума свиней), зміни структури споживання м'яса та посилення конкуренції на світових агропродовольчих ринках. У зв'язку з цим підвищення ефективності виробництва свинини, удосконалення системи відтворення стада та реалізації генетичного потенціалу свиней залишаються пріоритетними напрямками наукових досліджень.

Постановка проблеми. Ефективний розвиток промислового свинарства не можливий без ефективного використання кращого вітчизняного та зарубіжного генофонду [5, 6, 8]. Традиційне чистопородне розведення не завжди забезпечує необхідний рівень продуктивності та рентабельності виробництва, що зумовлює активне впровадження науково обґрунтованих схем міжпородного схрещування та гібридизації. Практика свинарства переконливо доводить ефективність використання гібридизації як методу реалізації ефекту гетерозису, що проявляється у підвищенні багатоплідності, життєздатності молодняку, скоростиглості та м'ясних якостей тварин [1, 3, 5]. Досвід свідчить, що основу товарного виробництва становлять трьох порідні гібриди, отримані шляхом схрещування гібридних

свиноматок F1 (наприклад, велика біла × ландрас) із термінальними кнурами м'ясного напрямку продуктивності (дюрок, п'єрен, гемпшир). Така система дозволяє поєднати високі відтворювальні якості материнських форм із високою інтенсивністю росту та м'ясністю батьківських ліній [2, 4].

Сучасні виробничі вимоги передбачають отримання максимальної кількості поросят на свиноматку за рік, скорочення термінів відгодівлі, зниження витрат корму на 1 кг приросту та формування однорідних партій товарних тварин. Досягнення цих показників можливе лише за умови науково обґрунтованого підбору материнських і батьківських форм, формування ефективної структури гібридаційної піраміди та систематичної оцінки продуктивності різних генетичних поєднань [2, 5, 6, 7].

Отже, актуальною науково-практичною проблемою є обґрунтування та впровадження оптимальних схем гібридизації свиней, які забезпечують гарантований ефект гетерозису за відтворювальними, відгодівельними та м'ясними якостями з урахуванням умов конкретних господарств. Вирішення цього питання сприятиме підвищенню економічної ефективності виробництва свинини та зміцненню конкурентоспроможності галузі.

Методика досліджень. Дослідження проводили в умовах господарства з промисловою технологією виробництва свинини ТДВ «Колос» Кіровоградської області з урахуванням загально прийнятих зоотехнічних методик [9]. Було сформовано три дослідні групи – контрольна чистопорідні тварини породи ландрас (ЛН) та дві групи гібридизації варіантів ♀ЛН × ♂П і ♀(ЛН × П) × ♂Д. У задачу досліджень входило оцінка відтворювальних та відгодівельних якостей свиней різних генотипів. У господарстві створені усі оптимальні умови утримання та годівлі усіх технологічних груп свиней, що відповідали зоотехнічним нормам з урахуванням віку, живої маси і продуктивності. Свиноматки були аналогами за генотипом, віком та кількістю опоросів. Оцінку материнських якостей проводили за методикою М.Д. Березовського [9], що розраховується за формулою:

$$I = B + 2 * V + 0,35 * \sigma, \quad (1)$$

де В – багатоплідність, голів; V – великоплідність, кг; σ – середньодобовий приріст поросят у підсисний період, кг.

Результати досліджень. Отримані результати досліджень свідчать про наявність певних відмінностей у відтворювальних якостях свиноматок залежно від генотипу та варіантів їх поєднання (табл. 1).

Не встановлено суттєвої відмінності за тривалістю поросності свиноматок усіх досліджуваних груп. Найвищим показником багатоплідності виділялись свиноматки фінального варіанту гібридизації ♀(ЛН × П) × ♂Д (11,45 голови), перевага над чистопорідними матками склала +1,04 голова ($P < 0,05$). Свиноматки варіанту гібридизації ♀ЛН × ♂П за рівнем багатоплідності поступались гібридним ♀(ЛН × П) × ♂Д лише +0,45 голови, а чистопорідних переважали на +0,59 голови.

За даними оцінки на час відлучення на 21 день встановлено, що найбільше поросят зберіглося у гніздах свиноматок фінального варіанту гібридизації з участю трьох порід, вони вірогідно перевищували поросят породи ландрас на +1,54 голови ($P < 0,01$), двох порідних гібридних ровесниць на +0,69 голови та середній рівень продуктивності по стаду на +1,29 голови ($P < 0,001$).

Трьох порідні гібридні поросята із гнізд свиноматок ♀(ЛН × П) × ♂Д (95,81%) виділялись найвищим рівнем збереженості у підсисний період, що перевищує на +5,27% чистопорідних поросят, на +2,51% своїх двох порідних ровесників та на +5,75% середній рівень по стаду.

Таблиця 1

Відтворювальні якості свиноматок різних генотипів

Показники	Посидання		
	♀ЛН х ♂ЛН	♀ЛН х ♂П	♀ (ЛН х П) х ♂Д
Тривалість поросності, днів	113,18±0,76	114,21±0,67	113,80±0,77
Багатоплідність, гол	10,41±0,23	11,00±0,34	11,45±0,29*
Маса гнізда на час народження, кг	13,95±0,27	13,40±0,35	13,93±0,32
Великоплідність, кг	1,34±0,03	1,23±0,02*	1,22±0,03**
На час відлучення (21 день): кількість поросят, голів	9,41±0,21	10,26±0,40	10,95±0,26***
маса гнізда, кг	63,29±1,56	70,29±2,25**	72,36±1,82**
середня маса 1 голови, кг	6,73±0,10	6,89±0,08	6,61±0,09***
збереженість, %	90,57±1,51	93,30±2,15	95,81±1,10**
Індекс, бали	38,21±0,77	40,96±1,25	42,34±0,78**

Примітка: * $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$

Комплексну оцінку материнських якостей проводили за методикою М.Д. Березовського, яка враховує рівень багатоплідності, кількості поросят на час відлучення і середньодобовий приріст поросят у підсисний період. Отримані результати свідчать, що найвищим рівнем материнських якостей виділялись свиноматки ♀(ЛН х П) х ♂Д (42,34 бали), які на +4,13 бали перевищували чистопорідних маток, на +1,38 бали маток варіанту ♀ЛН х ♂П та на +6,58 бали середній рівень продуктивності по стаду.

Перевага усіх дослідних варіантів над середнім рівнем продуктивності по стаду найбільш значима за масою гнізда на час відлучення у діапазоні від +15,77% у чистопорідних свиноматок породи ландрас до 32,36% гібридних варіанту ♀(ЛН х П) х ♂Д, аналогічна закономірність встановлена і за рівнем живої маса 1 голови на час відлучення (рис. 1 а). Порівняння відхилень від продуктивності свиноматок породи ландрас свідчить, що найвищі показники отримано за кількістю поросят на час відлучення +16,37% (♀(ЛН х П) х ♂Д) та +9,03% (♀ЛН х ♂П), за масою гнізда на час відлучення +14,33% та +11,06% відповідно (рис. 1 б)

Отже, використання гібридизації варіантів ♀ЛН х ♂П та ♀(ЛН х П) х ♂Д у даному господарстві забезпечило прояв ефекту гетерозису у свиноматок за відтворювальними якостями та підвищення життєздатності і збереженості гібридних поросят у підсисний період.

За результатами проведених досліджень було встановлено наявність тісних та середніх кореляційних взаємозв'язків між основними відтворювальними ознаками свиноматок, що свідчить про їх взаємну обумовленість та комплексний характер формування материнської продуктивності (табл. 2).

Виявлено тісний позитивний кореляційний зв'язок між багатоплідністю (X_1) та кількістю поросят на час відлучення (X_4) (+0,827), а також масою гнізда на час відлучення (X_5) (+0,695). Це свідчить про те, що збільшення кількості поросят на час народження, за умов належної годівлі та утримання, обумовить формування гнізд на час відлучення із більшою кількістю поросят та живою масою.

Високі коефіцієнти кореляції встановлено між індексом материнських якостей (X_8) та кількістю поросят на час відлучення (X_4) (+0,973), масою гнізда на час відлучення (X_5) (+0,924) і багатоплідністю (X_1) (+0,902). Це підтверджує високу

інформативність індексу материнських якостей як інтегрального показника відтворювальної цінності свиноматок. Проведений кореляційний аналіз може бути ефективним інструментом для прогнозування відтворювальних якостей свиноматок.

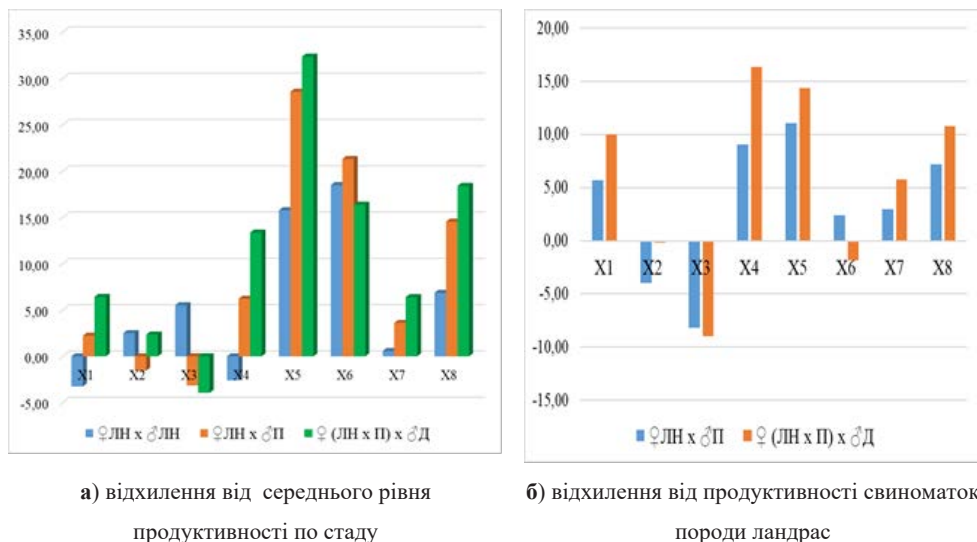


Рис. 1. Діаграма відхилень, %

Примітка: X1 – багатоплідність, гол; X2 – маса гнізда на час народження, кг; X3 – великоплідність, кг; X4 – кількість поросят на час відлучення, голів; X5 – маса гнізда на час відлучення, кг; X6 – середня маса 1 голови на час відлучення, кг; X7 – збереженість, %; X8 – індекс материнських якостей, бали.

Таблиця 2

Кореляційні взаємозв'язки відтворювальних якостей свиноматок

Ознаки	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
X ₁	1	+0,632	-0,564	+0,827	+0,695	-0,399	-0,040	+0,902
X ₂	+0,632	1	+0,279	+0,519	+0,526	-0,061	-0,040	+0,568
X ₃	-0,564	+0,279	1	-0,475	-0,307	+0,429	-0,003	-0,515
X ₄	+0,827	+0,519	-0,475	1	+0,905	-0,358	+0,526	+0,973
X ₅	+0,695	+0,526	-0,307	+0,905	1	+0,069	+0,558	+0,924
X ₆	-0,399	-0,061	+0,429	-0,358	+0,069	1	-0,037	-0,246
X ₇	-0,040	-0,040	-0,003	+0,526	+0,558	-0,037	1	+0,367
X ₈	+0,902	+0,568	-0,515	+0,973	+0,924	-0,246	+0,367	1

Примітка: X1 – багатоплідність, голів; X2 – маса гнізда на час опоросу, кг; X3 – великоплідність, кг; X4 – кількість поросят на час відлучення, голів; X5 – маса гнізда на час відлучення, кг; X6 – середня маса 1 голови на час відлучення, кг; X7 – збереженість, %; X8 – індекс материнських якостей, бали.

Оцінка відгодівельних якостей свиней різних генотипів свідчить про суттєвий вплив гібридизації на інтенсивність відгодівлі (табл. 3).

Таблиця 3

Відгодівельні якості свиней

Генотип	Вік досягнення живої маси 100 кг, днів	Середньодобовий приріст, г	Витрати кормів на 1 кг приросту, к.од.
♀ЛН х ♂ЛН	192,41±3,29	753,99±22,07	3,69
♀ЛН х ♂П	181,55±3,30**	830,11±26,53**	3,44
♀(ЛН х П) х ♂Д	176,13±2,22***	872,32±16,18***	3,32

У двох порідних гібридів ♀ЛН × ♂П спостерігалось вірогідне скорочення віку досягнення маси 100 кг на -10 днів ($P<0,01$), підвищення середньодобового приросту на +76,12 г ($P<0,001$) та зменшення витрат кормів на 1 кг приросту на -0,25 к. од.

Найкращі результати відгодівельних якостей встановлено у гібридів фінального варіанту ♀(ЛН × П) × ♂Д, які високовірогідно перевищували своїх чистопорідних ровесників за віком досягнення живої маси 100 кг на -16,3 дні ($P<0,001$), за середньодобовими приростами – +118,33 г ($P<0,001$) та витратами кормів на 1 кг приросту на -0,37 к. од.

Розрахунок економічної ефективності підтверджують доцільність використання гібридизації. Прибавка продукції на одну свиноматку за підсисний період розраховували через показник маси гнізда на час відлучення. Встановлено, що свиноматки варіанту гібридизації ♀ЛН х ♂П забезпечили прибавку продукції на одну свиноматку +11,22%, що у вартості додаткової продукції становило +319,05 грн, а варіант ♀(ЛН х П) х ♂Д відповідно +14,49% та +412,5 грн (рис. 2). Аналогічна закономірність встановлена і за рівнем середньодобового приросту.

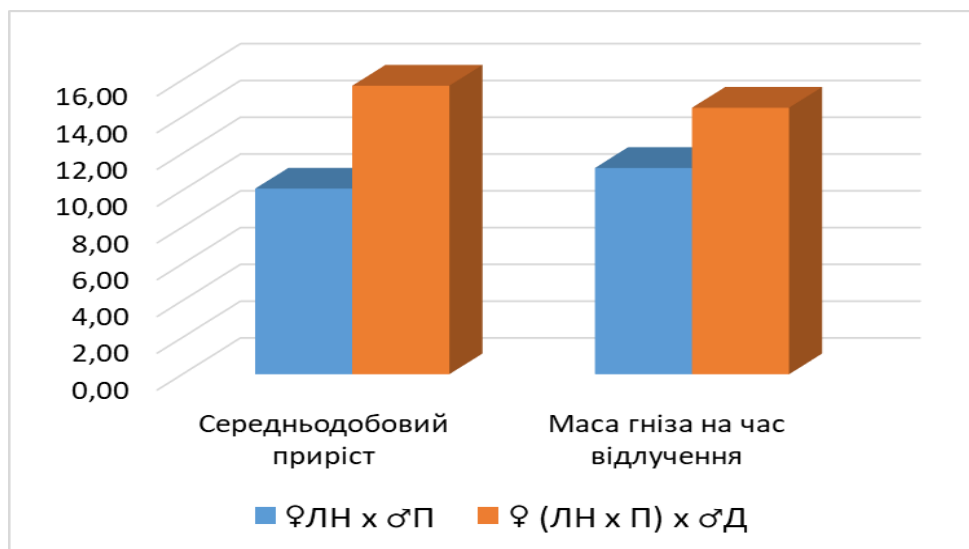


Рис. 2. Прибавка продукції, %

Використання таких поєднань порід сприяло підвищенню економічної ефективності виробництва свиней та може бути рекомендоване для впровадження у виробництво в аналогічних типах господарств.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отримані результати підтверджують ефективність використання гібридизації для підвищенні продуктивних якостей свиней у господарстві з промисловою технологією. Встановлено, що використання трьох порідної гібридизації ♀(ЛН × П) × ♂Д забезпечило більш високі показники відтворювальної здатності свиноматок і відгодівельних якостей свиней.

Перспективи подальших досліджень полягають у більш поглибленому вивченні продуктивних особливостей свиней різних генотипів, зокрема їх м'ясних якостей, показників забійної продуктивності, якості м'яса та економічної ефективності виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Березовський М.Д., Ващенко П.А., Вовк В.О. Відгодівельні та м'ясні якості гібридів від термінальних кнурів зарубіжної селекції. 2022. *Свинарство: міжвідомчий тематичний науковий збірник / Інститут свинарства і АПВ НААН*. Полтава, 2022. Вип. 77–78. С. 9–22
2. Біологічні основи застосування ефекту гетерозису за породно-лінійної гібридизації та промислового схрещування у свинарстві / В.П. Шапля та ін. *Свинарство і агропромислове виробництво: міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН*. Полтава, 2023. Вип. 2(80). С. 144-168.
3. Вощенко І.Б. Повод М.Г. Вплив породи та методів розведення свиней на їх відтворювальні якості та ріст поросят сисунів. *Міжвідомчий науковий збірник «Розведення і генетики тварин»*. 2024. Вип. 67. С. 46-63.
4. Пелих Н.Л. Ефективність відгодівлі свиней різних генотипів. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 122. 2021. С. 262-268.
5. Пелих Н.Л., Колеснікова К.Ю. Гібридизація у промисловому свинарстві. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 122. 2021. С. 269-275.
6. Підвищення продуктивності свиней за використання сучасного генофонду та інноваційних технологічних рішень: монографія / В.Я. Лихач та ін. Миколаїв: Іліон, 2022. 275 с
7. Прояв ефекту гетерозису за продуктивними ознаками свиней / Л.П. Гришина та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 4. С. 78-85.
8. Стан вітчизняного свинарства: проблеми та перспективи / Юрченко О.С. та ін. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 1 (42). С. 55–63.
9. Сучасні методики досліджень у свинарстві / В.П. Рибалко та ін. Полтава: ІС УААН, 2005. 228 с.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 636.087:637.52:004.738.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.23>

КАЛЬКУЛЯТОР РЕЦЕПТІВ КОРМІВ ДЛЯ РИБ – ПРАКТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ ГОДІВЛІ

Борщенко В.В. – д.с.-г.н., професор,
професор кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0002-0710-5628

Обертюх Ю.В. – к.с.-г.н., с.н.с.,
провідний науковий співробітник,
Інститут кормів та сільського господарства Поділля
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-4821-1398

Вербельчук С.П. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0002-1136-5617

Вербельчук Т.В. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0001-7334-4507

Кобернюк В.В. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0001-7037-8269

Лавринюк О.О. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0003-3145-3689

Збалансована годівля є одним із ключових факторів забезпечення високої продуктивності, здоров'я та біологічного благополуччя об'єктів аквакультури. Для вирішення складних завдань нормування годівлі та оптимізації складу комбікормів був розроблений інноваційний застосунок «Калькулятор рецептів кормів для риб», створений науковцями Поліського національного університету у середовищі Microsoft Excel. Цей інструмент є практичним і доступним рішенням для підготовки рецептур повноцінних комбікормів, які максимально відповідають специфічним потребам риб у поживних речовинах, енергії, вітамінах та мінералах.

Структура програми складається з трьох взаємопов'язаних вкладок: «Корми», «Норми» та «Раціон». Вкладка «Корми» містить детальну базу даних про поживну цінність понад 240 видів кормової сировини за 56 показниками, яку користувач може коригувати відповідно до результатів лабораторних досліджень та наявності локальної сировини. База «Норми» включає 44 стандарти потреб для різних видів риб на різних етапах росту та розвитку, що забезпечує точне підбирання параметрів годівлі. Вкладка «Раціон» дозволяє здійснювати оперативні розрахунки та формувати оптимальні рецепти кормів у реальному часі.



Ключовою особливістю калькулятора є використання симплекс-методу для автоматичної оптимізації рецептур, що дає змогу знаходити оптимальний баланс інгредієнтів із мінімальними витратами, враховуючи біодоступність амінокислот, мінералів та вітамінів. Програма виступає доступною та надійною альтернативою дорогому спеціалізованому програмному забезпеченню, що робить її корисною для рибоводів, нутриціоністів, фермерів, а також для освітнього процесу при підготовці студентів аграрних спеціальностей.

Використання «Калькулятора рецептів кормів для риб» сприяє раціоналізації витрат на корми, які складають основну частку собівартості продукції, підвищенню ефективності виробництва та забезпеченню сталого розвитку рибориства. Інструмент дозволяє впроваджувати сучасні підходи до годівлі та нутриційного менеджменту, підвищуючи конкурентоспроможність підприємств аквакультури та ефективність управління ресурсами.

Ключові слова: рецепти кормів, риби, аквакультура, годівля, поживність сировини, норми годівлі, оптимізація, симплекс-метод.

Borshchenko V.V., Obertukh Yu.V., Verbelchuk S.P., Verbelchuk T.V., Koberniuk V.V., Lavryniuk O.O. Fish feed recipe calculator – a practical tool for feeding optimization

Balanced feeding is one of the key factors in ensuring high productivity, health, and biological well-being of aquaculture objects. To solve the complex tasks of feed rationing and optimizing the composition of compound feed, an innovative application called “Fish Feed Recipe Calculator” was developed by scientists at Polissia National University in Microsoft Excel environment. This tool is a practical and affordable solution for preparing recipes for complete compound feeds that best meet the specific needs of fish in nutrients, energy, vitamins, and minerals.

The program consists of three interconnected tabs: «Feed», «Norm», and «Ration». The «Feed» tab contains a detailed database on the nutritional value of more than 240 types of feed raw materials according to 56 indicators, which the user can adjust according to the results of laboratory tests and the availability of local raw materials. The «Norms» database includes 44 standards for different fish species at different stages of growth and development, ensuring accurate selection of feeding parameters. The «Ration» tab allows you to make quick calculations and form optimal feed recipes in real time.

The key feature of the calculator is the use of the simplex method for automatic optimization of recipes, which allows you to find the optimal balance of ingredients at minimum cost, taking into account the bioavailability of amino acids, minerals, and vitamins. The program is an affordable and reliable alternative to expensive specialized software, which makes it useful for fish farmers, nutritionists, farmers, as well as for the educational process in the preparation of students of agricultural specialties.

Using the «Fish Feed Recipe Calculator» helps to rationalize the cost of feed, which makes up the main share of the cost of production, increase production efficiency and ensure sustainable development of fish farming. The tool allows for the implementation of modern approaches to feeding and nutritional management, increasing the competitiveness of aquaculture enterprises and the efficiency of resource management.

Key words: feed recipes, fish, aquaculture, feeding, raw material nutritional value, feeding rates, optimization, simplex method.

Актуальність теми дослідження. За останні десятиліття світове виробництво риби та інших водних організмів демонструє стійку тенденцію до зростання: якщо на початку 2000-х років воно становило близько 140 млн т, то за останніми оцінками перевищує 190 млн т, причому значна частка приросту забезпечується розвитком аквакультури. Виробництво високоцінних, інтенсивно вирощуваних видів, таких як креветки та лосось, також значно збільшилося, але більш вражаючим було збільшення виробництва менш цінних прісноводних видів, таких як короп, сом та тиляпія, які зараз складають понад три чверті світового виробництва риби [13, 20]. Зростання сектору прісноводних риб зумовлене більшим використанням повноцінних кормів, оскільки виробництво стало більш інтенсивним для кращого використання прісноводних ресурсів. Приблизно 63 % світового виробництва

кормів для риб використовується для виробництва прісноводних видів низького трофічного рівня [15].

Світове виробництво кормів для риб також відповідно зросло в чотири рази, що вимагає від виробників кормів використання екологічно чистих та нових кормових інгредієнтів як альтернативи рибному борошну та риб'ячому жиру [16, 17]. Харчова цінність альтернативних кормових інгредієнтів, як правило, нижча, ніж у рибного борошна або риб'ячого жиру, через вміст необхідних поживних речовин, антинутриєнтів, або погано засвоюваних компонентів, що створює проблеми для розробників рецептур та виробників кормів для риб [21]. Враховуючи очікування, що виробництво аквакультури продовжуватиме зростати, потреба в передових знаннях про живлення риб, щоб забезпечити точне складання рецептів комбікормів, використовуючи стійкі та нові альтернативні кормові інгредієнти, ще ніколи не була такою великою.

Постановка проблеми. Аквакультура створює унікальні проблеми, з якими не стикаються виробники наземних тварин, включаючи управління кормами. Перш за все, це проблема забезпечення кормами риб. На відміну від наземної худоби та птиці, де необмежений доступ до кормів є поширеним явищем, риба та креветки не годуються самостійно. Годівля повинна активно керуватися для досягнення ефективного росту, запобігання втратам корму та підтримки якості води [5]. Управління кормами включає визначення відповідних рівнів годівлі та частоти годування, а також використання систем та методів доставки корму, які відповідають харчовій поведінці кожного виду, що вирощується. Рівень годівлі зазвичай базується на годівлі певного відсотка біомаси ставка або загону, але для цього потрібні точні оцінки кількості риб та їхньої середньої ваги у великому ставку або загоні, який може містити до ста тисяч особин, більшість з яких не видно фермеру [7]. Годівля великої популяції риб до видимого насичення практично неможливе і призведе до зниження ефективності корму (FE), збільшення витрат корму та впливу на здоров'я риб через забруднення води. Недогодівля може призвести до втрати продуктивності риб та збільшення варіацій розмірів через різницю в доступі до корму; великі, агресивні особини перемагають менших, менш агресивних особин у боротьбі за кормові гранули [3]. У будь-якому випадку економічні показники ферми знижуються. Враховуючи, що корм становить 50-60 % експлуатаційних витрат на вирощування риби, методи годівлі та управління кормами є такими ж важливими, як і якість кормів, для успіху виробників аквакультури [3]. Корм найвищої якості не здатний забезпечити виробничі показники, зокрема інтенсивний ріст, за умови неналежної організації годівлі; водночас ефективне управління годівлею не компенсує застосування низькоякісних кормів. На корми та стратегії годівлі, що використовуються в аквакультурі, впливають багато абіотичних та біотичних факторів. З абіотичних факторів найважливішою є температура води. Види аквакультури є пойкилотермними, тому метаболічна активність та споживання корму зростають із температурою води до верхньої теплової межі, після чого споживання корму зменшується. Таким чином, для даного виду та враховуючи її розмір – температура води є основним фактором, що визначає рівень та частоту годівлі. Інші абіотичні фактори також впливають на харчову активність вирощуваних водних видів і включають фотоперіод, методи утримання, вміст поживних речовин та енергії в кормі, а також інші характеристики корму, такі як щільність гранул, стабільність обробки та стабільність води. Біотичні фактори, що диктують методи годування, включають види, харчову поведінку та добові ритми годування, стадію життєвого циклу, щільність вирощування, а у деяких

видів – соціальну взаємодію [20]. У природі риби та креветки еволюціонували, щоб використовувати широкий спектр середовищ існування та природних джерел їжі, що призвело до значних відмінностей в анатомії, фізіології травлення, харчовій поведінці та інших факторах, пов'язаних із годівлею. Враховуючи, що для виробництва продуктів харчування вирощується кілька сотень видів риб та креветок, було б замало сказати, що жоден єдиний протокол або метод годування не підходить для всіх видів та виробничих систем. Корми повинні відповідати таким характеристикам: тип (живі, свіжозаморожені або комбіновані), фізичні властивості (розмір частинок, тонкість помелу, щільність або питома вага), а також привабливість і смакові якості, що враховують потреби різних видів риб та їх вікових груп. Управління годівлею, зокрема визначення розміру раціону та частоти годівлі, повинно здійснюватися з урахуванням біологічних особливостей виду й стадії розвитку з метою забезпечення інтенсивного та ефективного росту, збереження здоров'я, високої якості продукції та економічної ефективності аквакультурного підприємства [3, 12, 15].

Таким чином, корми є ключовим елементом виробництва здорової, екологічно безпечної риби та продукції рибництва, що становить важливу складову продовольчої безпеки держави. Однак інформація, необхідна для розробки точних рецептів комбікормів, зокрема щодо потреб у основних поживних речовинах і чутливості до антинутрієнтів та сторонніх токсинів, відома лише для окремих видів риб, які вирощуються в умовах аквакультури [1, 6, 18]. Тому ґрунтовне розуміння фізіології живлення, технології виробництва та системи управління кормами є необхідною передумовою підвищення ефективності вирощування численних видів риб.

Важливе значення мають практичні аспекти науки про живлення, що забезпечують розробку точних кормових формул і вирішення завдань оптимізації годівлі об'єктів аквакультури, зокрема при складанні раціонів [1, 4, 8, 16].

Складання раціону здається простою справою, але на практиці це складний процес, що включає багато міркувань, що вимагають значних знань та досвіду. Розробники кормів вибирають дієтичні інгредієнти для поєднання в суміш, яка є смачною, гранульованою, поживною, недорогою та легкою у транспортуванні, зберіганні та використанні. Інгредієнти вибираються на основі вартості, доступності, хімічного складу, харчової цінності та простоти використання. Складання раціону передбачає вибір між розробкою недорогого корму, який може бути відносно неефективним, або високопродуктивного корму, який може бути відносно дорогим. Більшість розробників формулюють корми, щоб досягти золоті середини між крайнощами, де висока продуктивність риби, така як виживання мальків, приріст ваги або виробництво ікринок, досягається за найменших витрат на одиницю продуктивності. Таким чином, мета виробництва є першим фактором, який необхідно враховувати при складанні корму. Складання раціону для риб передбачає вибір комбінації інгредієнтів, що призводить до суміші, що містить рівні необхідних поживних речовин, які відповідають або перевищують мінімальні потреби риби. Для цього необхідно знати потреби риби в поживних речовинах та вміст поживних речовин у інгредієнтах [2, 9-10, 14].

Швидкий огляд інформації про потреби в поживних речовинах, представленої для різних видів у NRC (2011) [19], показує, що наші знання про потреби в поживних речовинах більшості видів риби та креветок, що вирощуються, є неповними. Корми для видів риб, для яких потреби в поживних речовинах є неповними, розроблені таким чином, щоб містити рівні поживних речовин, подібні до тих, що потрібні спорідненим видам.

На відміну від інформації про потреби риби в поживних речовинах, вміст поживних речовин у інгредієнтах корму добре відомий і легкодоступний у таблицях складу корму. Однак значення, зазначені в таких таблицях, не є абсолютними. Швидше, вони є середніми значеннями кількох аналізів зразків кожного інгредієнта [21-22]. Окремі партії інгредієнтів зазвичай відрізняються за вмістом поживних речовин залежно від сезону або стадії зрілості під час збору врожаю, процедур, що використовуються для переробки сировини на кормовий продукт, та багатьох інших факторів. Методи хімічного аналізу також схильні до експериментальних похибок, зазвичай незначних, але тим не менш присутніх. Усереднення результатів кількох аналізів, теоретично, повинно зменшити похибку, пов'язану з мінливістю хімічного аналізу. Як наслідок, розробка корму, який містить точну кількість необхідних, лімітуючих поживних речовин на необхідних рівнях, є ризикованою практикою. Потреби в поживних речовинах, перелічені в різних джерелах, таких як NRC (2011) [19], є мінімальними, значеннями, визначеними в лабораторних умовах. Якщо рівень поживних речовин в одному або кількох інгредієнтах, що використовуються в кормі, нижчий за середні табличні значення, корм може неефективно працювати в реальних умовах. Щоб запобігти цьому, корми зазвичай розробляються таким чином, щоб містити рівні білка, амінокислот, енергії та інших необхідних поживних речовин вище мінімальних потреб. Наявність поживних речовин в інгредієнтах корму – це ще один аспект, який необхідно враховувати, під час розробки корму. Включення інформації про доступність поживних речовин у процес розробки корму є простим, але ця інформація є неповною. Такі фактори, як процедури, що використовуються для, виробництва інгредієнта та взаємодія з іншими дієтичними інгредієнтами, можуть зменшити, доступність поживної речовини для риб, навіть якщо результати хімічного аналізу кормів показують, що в раціоні присутній достатній рівень. Прикладом зниження доступності поживних речовин, в результаті обробки, є зниження, яке відбувається, коли білкові добавки сушать, у присутності редукуючих цукрів. Аналіз амінокислот виміряє загальний вміст лізину, але рівень біодоступного лізину буде нижчим [4, 20].

Прикладом зниження доступності поживних речовин через взаємодію з іншими інгредієнтами раціону є доступність цинку в раціонах, що містять корми з високим вмістом золи, підвищений рівень кальцію та фосфору або підвищений рівень кальцію, фосфору та фітинової кислоти (Ketola, 1979; Hardy and Shearer, 1985; Richardson et al., 1985) [20]. Рівень цинку в раціоні в діапазоні потреби для форелі (15-30 ppm) буде достатнім у напівочищеному раціоні, але недостатнім у практичному раціоні, що містить рибне борошно з високим вмістом золи, або в напівочищеному раціоні, що містить підвищений рівень кальцію, фосфору та/або фітинової кислоти. Визначення доступності поживних речовин включає годування риб експериментальними раціонами та вимірювання таких параметрів, як засвоєваність, активність ферментів або насичення тканин поживними речовинами. Важливо враховувати значення доступності поживних речовин у процесі розробки корму. Для поживних речовин, доступність яких може змінюватися і для яких не існує надійних значень доступності, розумною практикою є формулювання корму на рівнях, що значно перевищують мінімальні потреби. Формулювання кормів передбачає припущення, і розробники кормів повинні знати про ці припущення, щоб уникнути несподіванок щодо їхньої продуктивності. Перше припущення, зроблене під час формулювання кормів, полягає в тому, що поживні речовини в інгредієнтах є взаємозамінними, тобто поживна речовина в одному інгредієнті

є взаємозамінною з такою ж поживною речовиною в іншому інгредієнті. Це припущення не завжди виправдане або навіть визнане. Однак це важливе припущення, яке дозволяє маніпулювати інгредієнтами в кормових формулах, оскільки ціни та їхня доступність змінюються. Розробники кормів повинні усвідомлювати, що вони роблять це припущення, щоб уникнути небезпеки. Друге припущення, зроблене під час формулювання кормів, полягає в тому, що рівень поживних речовин в інгредієнтах є адитивним, тобто вміст поживних речовин у кормі можна підсумувати з кількості кожної поживної речовини, що вноситься кожним інгредієнтом у кормі. З цього припущення виникає кілька проблем. Це припущення ґрунтується на відсутності взаємодій між інгредієнтами, коли вони поєднуються, що може знизити рівень необхідної поживної речовини. По-друге, обробка кормів може змінювати, інактивувати або руйнувати певні поживні речовини в кормових сумішах зі швидкістю, яка відрізняється між сумішами. Прогалини в знаннях сприяють цим невизначеностям. Незважаючи на ці прогалини в знаннях, корми для риб розробляються, виробляються та успішно використовуються для щоденного вирощування риби. Успішні рецептури кормів зазвичай містять достатньо можливостей для покриття будь-яких потенційних дефіцитів у задоволенні харчових потреб риби. Однак, оскільки рецептури кормів для м'ясоїдних видів переходять на набагато нижчі рівні рибного борошна, прогалини в знаннях, які раніше не були критичними, стають критичними. Іншими словами, високий рівень рибного борошна в кормах приховував прогалини в знаннях про харчування риб, які зараз критично важливо знати, оскільки корми переходять на вищі рівні альтернативних джерел білка, особливо рослинних білкових концентратів.

Важливим інструментом оптимізації рецептур є лінійне програмування, що використовується для розрахунку кормів із мінімальною собівартістю за умови дотримання встановлених поживних обмежень. Метод базується на розв'язанні системи лінійних рівнянь і нерівностей, які описують технологічні та біологічні вимоги. Лінійне програмування використовується у розробці рецептур кормів для тварин вже понад 30 років і використовується майже виключно в сучасних рецептурах кормів у сільському господарстві сьогодні. У минулому лінійне програмування вимагало доступу до мейнфрейму та спеціалізованих знань у використанні мейнфреймів, тобто навичок програмування. Хоча фактичний час роботи комп'ютера, необхідний для отримання рецептури з найменшою вартістю, був коротким, час, необхідний для введення даних та налаштування, був тривалим. Для простих рецептур або для невеликих виробників кормів ручні розрахунки часто були більш практичними. Широка доступність мейнфреймів та використання віддалених терміналів, які можна підключити до мейнфрейму за допомогою модему (модулятор/демодулятор) та комерційної телефонної лінії, у поєднанні зі збереженими даними та програмуванням на комп'ютері, збільшили доступність лінійного програмування практично для кожного споживача [20].

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій розрахунок програм годівлі з мінімальною собівартістю може здійснюватися за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення без необхідності глибоких знань у галузі програмування чи математичного моделювання. Сьогодні комп'ютери, що використовують програми для рецептур кормів, регулярно використовуються для розрахунку комбінацій та рівнів інгредієнтів, які забезпечують бажаний вміст поживних речовин у раціоні за найменшими витратами. Програма рецептур повинна мати актуальні дані про вміст поживних речовин кожного інгредієнта корму, отримані з таблиць складу корму або з аналізів на самому заводі. Поточна ціна кожного

інгредієнта повинна бути введена в програму разом зі специфікаціями поживних речовин у рецептурі, що розраховується. Повинні бути встановлені обмеження на інгредієнти, тобто максимальний та мінімальний рівні, дозволені в рецептурі. На цьому моменті програмне забезпечення розраховує рецептуру.

Щоб проілюструвати, як результати лінійного програмування можуть допомогти дієтологу, в даній статті представлено особливості і принципи роботи з додатком «Калькулятор рецептів кормів для риб» на базі комп'ютерної програми *Microsoft Excel*.

Метою дослідження є розробка калькулятора рецептів кормів для риб як сучасного практичного інструменту оптимізації годівлі в умовах аквакультури. Реалізація поставленої мети передбачає створення науково обґрунтованих, збалансованих кормових формул, які повною мірою відповідають фізіологічним потребам об'єктів аквакультури в енергії, протеїні, амінокислотах, ліпідах, мінеральних речовинах та вітамінах з урахуванням виду, віку та технологічної групи.

Повноцінна та збалансована годівля є визначальним чинником інтенсивного вирощування риб, оскільки частка поживних речовин, що надходять із природної кормової бази ставів або інших водойм, у більшості випадків є недостатньою для покриття їхніх загальних фізіологічних потреб. За умов інтенсивних технологій вирощування основним джерелом нутрієнтів виступають саме комбікорми. Крім того, ендогенний синтез окремих сполук у травному тракті риб має обмежене значення і не здатний компенсувати дефіцит есенціальних поживних речовин.

Отже, застосування програмних засобів оптимізації рецептур кормів є важливою передумовою підвищення продуктивності, збереження здоров'я риб та забезпечення економічної ефективності аквакультурного виробництва.

Матеріал та методика дослідження. Розроблено алгоритми розрахунку раціону для риб із врахуванням конкретних параметрів та критеріїв, що дозволяє оперативно реагувати на зміни у статусі тварин та вчасно усувати недоліки у їх годівлі на етапі оптимізації раціонів [2]. У межах дослідження було проаналізовано сучасні інформаційні ресурси, зокрема довідники поживної цінності кормів і норми годівлі риб [2-4; 18-22]. На базі програми *Microsoft Excel* створені алгоритми, які дозволяють точно встановити норму годівлі риб в залежності від виду, маси, температури оточуючого середовища тощо. Реалізовані алгоритмічні рішення передбачають адаптацію вхідних даних щодо поживної цінності інгредієнтів на основі результатів лабораторного контролю, що підвищує точність розрахунків [2, 14]. Оптимізація рецептур відбувається в автоматичному режимі шляхом застосування симплекс-методу та методу зведеного градієнта з урахуванням встановлених технологічних і біологічних обмежень.

Комп'ютерний додаток «Калькулятор рецептів кормів для риб» розроблено колективом кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури Поліського національного університету.

Результати досліджень. Робота в додатку «Калькулятор рецептів кормів для риб» – це додаткова спеціалізація та розширення можливостей користувачів у напрямку оптимізації живлення риб, оскільки дозволяє працювати з широким спектром кормових засобів, розраховувати рецепти кормів, проводити їх оцінку та корекцію. Слід наголосити, що додаток дає можливість саме правильно та обґрунтовано оцінювати раціони риб і, отже, користувач може мати можливість краще і більш усвідомлено контролювати технологічний процес виробництва продукції рибиництва.

Додаток «Калькулятор рецептів кормів для риб» є надійним та адаптивним інструментом, який дозволяє перетворити складний процес нормування годівлі

на чіткий, науково обґрунтований алгоритм, забезпечуючи високу продуктивність риби за прийнятної вартості раціону.

Особливості і принципи роботи з додатком «Калькулятор рецептів кормів для риби» на базі комп'ютерної програми *Microsoft Excel*.

Переваги додатку. Відомо, що більшість витрат у рибництві – це витрати на корми. Тому виробники приділяють велику увагу можливості зменшення цих витрат. Цього можна досягти за рахунок раціоналізації споживання кормів та за рахунок зниження собівартості виробництва. Одним з елементів зменшення споживання кормів є правильне збалансування кормів.

Ефективний корм має бути збалансованим таким чином, щоб максимально відповідати фізіологічним потребам організму риби у поживних речовинах, забезпечуючи оптимальний ріст, здоров'я та продуктивність.

Мета виробника – отримати відповідний вміст і концентрацію поживних речовин у використовуваному кормі. Але проблема полягає у співвідношенні якості корму та його ціни. Досить просто створити відмінну їжу, використовуючи для цього високоякісні, хоча і дорогі, інгредієнти. Слід зазначити, що виробники кормів, прагнуть виробляти корми якомога економічніше. Таким чином, виникає конфлікт інтересів між виробниками кормів і виробниками продукції рибництва.

Найчастіше вирішити ці питання допомагають комп'ютерні програми для оптимізації рецептів кормів. Перевага програм полягає в тому, що вони дозволяють точно створити хороший рецепт, зберігаючи при цьому низьку собівартість корму.

Але є один нюанс – вартість самих програм. Ціни на них можуть коливатися від 1500 євро до 4000 євро за програму.

Крім того, існують обов'язкові щорічні платежі за оновлення та підтримку, що робить їх недоступними для середньостатистичного фермера або виробника кормів.

Саме тому був розроблений доступний інструмент – програма – «Калькулятор рецептів кормів для риби».

За допомогою цього інструменту ви можете: (1) розраховувати рецепти комбікормів та білково-вітамінно-мінеральних добавок (БВМД), збалансовуючи при цьому велику кількість (до 69) компонентів корму, таких як енергія, протеїн, загальні та перетравні амінокислоти, мінеральні компоненти, макро- та мікроелементи, а також вітаміни, ензими та інші складові корму; (2) створювати комплексні рецепти кормів, що містять необхідну кількість різних видів сировини; (3) знижувати витрати на виробництво кормів; (4) скорочувати час, необхідний для приготування рецептів комбікормів.

Одним із важливих аспектів сучасного годівельного менеджменту є доступність і ефективність програмних засобів для розробки раціонів риби. У цьому контексті виникає питання: які переваги має програма-калькулятор «Калькулятор рецептів кормів для риби» порівняно з більш дорогими комерційними аналогами? Основні переваги застосування полягають у наступному: (1) додавати та оновлювати поживну цінність сировини в базі даних; (2) створювати та оновлювати норми поживності для кормів; (3) також у вартість всіх програм оптимізації входить розробка інтерфейсу програми і системи захисту програми (ключ), який відкриває програму і автоматично є ліцензією, втрата якої автоматично означає повторну покупку програми; (4) програма «Калькулятор рецептів кормів для риби» має досить простий і зручний інтерфейс на базі *Microsoft Excel* і не потребує ключа для відкриття програми, що робить її доступною для клієнта; (5) з часом комп'ютерні

операційні системи застарівають, і на зміну Windows XP приходить версія 7 або 8, 10 і т.д. Але програми були розроблені, наприклад, тільки для XP, і тепер потрібно або купувати нову програму, або купувати оновлення, яке може коштувати від 30 до 100 % вартості нової програми. Однак Excel – це продукт Microsoft і підтримується будь-якими новішими версіями *Microsoft Office Excel*.

Які можливості має програма «Калькулятор рецептів кормів для риб»?

Сировинна база. Структурована база даних поживної цінності кормових інгредієнтів, що містить інформацію про близько 240 видів кормової сировини:

1. кожний кормовий засіб має близько 56 показників поживності, які можна налаштовувати, змінювати і видаляти;

2. до бази даних кормів можна додати ще близько 1000 видів сировини. Сировину можна копіювати та коригувати;

3. дані про кормові засоби беруться з професійних програм, а також із довідників кормів, зокрема: (1) Nutrient requirements of fish and shrimp, 2011. 392 pages DOI: <https://doi.org/10.17226/13039>; (2) The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – a training manual 1. The essential nutrients, 1987. fao.org/4/ab470e/AB470E00.htm#TOC; (3) Tables of composition and nutritional value of feed materials. Pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. D. Sauvant, J.-M. Perez, and G. Tran. 2004, 304 pp. та інших видань;

4. створена база стандартів потреб різних видів риб містить 44 стандарти, що охоплюють основні показники поживних речовин для різних вікових груп і технологічних категорій.

У базі стандартів потреб передбачено гнучке оновлення інформації шляхом коригування існуючих стандартів та додавання нових, що забезпечує її відповідність сучасним науковим даним та потребам аквакультурного виробництва. Ці стандарти взяті з нормативних довідників і рекомендацій для риб різної генетики, зокрема: (1) National Research Council (NRC) (1993) Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC, 114 pp.; (2) Nutrient requirements of fish and shrimp, 2011. 392 pages DOI: <https://doi.org/10.17226/13039>.

Таким чином, розрахунок рецептів кормів є звичною практикою у рибористві. Саме тому, щоб мати перспективи в цьому напрямі необхідно користуватися надійними математичними інструментами, які дозволяють оперативно складати рецепти кормів, виходячи з сучасних норм годівлі та показників поживної цінності кормів, а також оцінювати їх вплив на організм риб.

Додаток орієнтований на виробників продукції рибориства та виробників кормів початківців. За допомогою додатку також можна ефективніше призначати асортимент кормів та добавок, ілюструючи їхню необхідність клієнтам. Саме тому професійна дієтологічна консультація може значно підвищити рівень довіри до ваших послуг та забезпечити готовність клієнтів співпрацювати з вами та дотримуватися конкретних призначень.

Іншим можливим варіантом напрямком використання додатку є його використання у освітньому процесі для навчання студентів, інших зацікавлених осіб шляхом проведення різних майстер-класів зі складання раціонів.

Надіємося, що пропонований додаток стане професійним інструментом для спеціалістів рибного господарства, фахівців-нутриціоністів, студентів, а також інших категорій користувачів, які цікавляться питаннями оптимізації живлення риб.

Проконсультуватися щодо можливостей комп'ютерного додатку можна за контактним номером телефону: 097-87-44-064.

Складові частини додатку та принципи роботи з ним. Додаток створений на базі комп'ютерної програми *Excel*. Він складається з трьох окремих вкладок, або аркушів *Microsoft Excel*, а саме: «Корми», «Норми», «Раціон», як зазначено на рисунку 1.

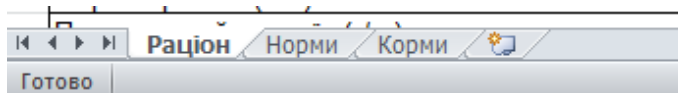


Рис. 1. Вкладка програми рецептів кормів для риб у середовищі *Microsoft Excel* (рисунок авторів)

Вкладка «Корми». Вкладка «Корми» містить базу даних поживної цінності біля 240 різних кормів і кормових добавок, оцінених за 56 показниками поживності. Поживність, наведених кормових засобів, переважно була взята з наступних літературних джерел: *Nutrient requirements of fish and shrimp, 2011*. Дещо було взято з *Nutrient requirements of fish, 1993*. Поживність деяких кормів із: <https://feedtables.com/content/chickpea-kabuli-type> та з багатьох інших джерел незначні правки.

За необхідності, дані поживної цінності кормових засобів можна коригувати, відповідно до побажань клієнта, який, можливо, орієнтується на власний досвід або має фактичні дані поживності кормів, які підтверджені результатами лабораторного аналізу. Вкладка «Корми» (рис. 2) має такий вигляд:

Корми і добавки	Ціна, грн./кг	СР (%)	ПЕ (ккал/кг)	ПЕ (ккал/кг СР) (лосось)	СП (%)	ПП (%)	СЖ (%)	Крохмаль (%)	СК (%)	Зола (%)	Аргінін (%)	Валін (%)	Гістидин (%)	Ізопей.
Арахісовий шрот	35	92	2983	3344	49	42.9	1.3	7.9	9.9	5.9	3.37	2.45	0.96	1.4
Бавовняний шрот, 41% СР	18	92	2519	3090	41.7	28.4	1.8	3	11.3	6.4	4.18	1.9	1.07	1.4
Віка, зерно	33	87.4	2330	2330	24.7	21.2	1.2	37.1	4.2	3.3	1.69	0.13	0.61	0.4
Водорості борошно	42	91	2500		8.9	7.6	1.6		3.9	17.3	0.1			
Горох обшуганий, екструдований	38	90	2630	2630	25.3	22.2	1.4	46.2	6.9	3.3	1.87	0.98	0.54	0.4
Горох концентрат білка	188	90	4320	4320	55	48.5	2	0.4	0.3	6	4.83	2.35	1.3	2.
Жито, зерно	12	86.7	1860	1860	8.5	6.7	1.2	53.7	2	1.8	0.43	0.42	0.18	0.
Мелісса суха	64	94	2650	1440	9.6	7.9	0.8		6.2	12.5	0.06	0.15	0.04	0.
Картопляний білок	125	93	4130	4130	81.1	71.5	2.7	0.1	1.3	0.5	4.02	5.33	1.77	4.4
Кукурудза жовта зубовидна	8.3	88	2842	1500	8.5	6.5	3.6	63.8	2.3	1.3	0.4	0.42	0.25	0.4
Кукурудзяна барда зернова розчинна	6.8	91	3215	3030	27	22.1	9.3	11.2	9.1	6.4	1.1	1.33	0.65	1.
Кукурудзяна барда розчинна	6	90	3165	2490	27.6	22.6	8.5	11.1	4.6	7.5	1	1.5	0.6	1.
Кукурудзяне борошно	34	88	2893	3060	10.2	8.3	4.8	63.8	2.8	1.6	0.53	0.45	0.28	0.
Кукурудзяний глютен, 60% СР	87	91	3187	4260	63.7	63.1	2.2	16	1.5	1.6	1.9	2.7	1.2	2.
Кукурудзяний глютен кормовий	82	90	2711	4140	21.5	21.3	3	19.4	9.4	7	1.04	1.01	0.67	0.4
Кукурудзяний крохмаль желатинізований	62	90	3140	3140	0.4	0.24	0.4	85.5	0.1	0.1	0.017	0.017	0.011	0.0
Кукурудзяна макуха, віджата	79	94	2565	3330	42	33.8	7	1.7	8.5	12	4.31	1.8	0.94	1.
Лінійний шрот	30	90	2674	2670	35	30.3	1.6	8.7	8.9	5.7	2.97	1.74	0.86	1.
Людий білий соловий борошно	20	92	2484	3010	30.4	28.9	6.7	6.2	1.1	3.7	3.38	1.29	0.77	1.
Людське борошно, 17% СР	30	92	1602	2190	17.1	14.4	2.8	2.8	24.1	9.8	0.77	0.98	0.23	0.
Нут, зерно	22	87.3	2380	2380	18.6	15.7	5.5	43.8	3.4	2.9	1.54	0.75	0.47	0.
Овес	8.5	90	2140	2140	11.2	9	5.4	36.8	10.6	2.6	0.7	0.56	0.2	0.
Овес крупа	33	90	2030	2030	15.5	12.6	6.1	36.8	2.5	2	0.9	0.65	0.25	0.
Пивна дробина суха	7.8	92	2577	2770	23.1	19.8	6.4	6.3	13.7	3.7	1.09	1.14	0.51	0.4
Просо, зерно	13	90.6	2270	2270	12.9	10.6	5.1	58.2	6.7	3.6	0.48	0.7	0.28	0.4
Пшениця м'яка озима, зерно	8.5	86	2620	3030	10.8	8.7	1.7	59.4	2.8	2	0.55	0.49	0.25	0.
Пшениця тверда червона озима, зерно	10	88	3110	3110	14.8	12.3	1.8	55.9	2.5	2.1	0.69	0.62	0.32	0.4
Пшениця Голландія	11	88	2965	2120	11.7	10.7	1.2	61.4	1.3	0.4	0.66	0.53	0.31	0.

Рис. 2. Візуальне зображення вкладки «Корми» (рисунок авторів)

Вкладка «Корми» містить дані про 56 показників, а саме: Ціна, грн./кг, СР (%), ПЕ (ккал/кг), ПЕ (ккал/кг СР) (лосось), СП (%), ПП (%), СЖ (%), Крохмаль (%), СК (%), Зола (%), Аргінін (%), Валін (%), Гістидин (%), Ізопей. цин (%), Лізин (%), Метіонін (%), Цистин (%), Фенілаланін (%), Тирозин (%), Треонін (%), Триптофан (%), Лінолева кислота (%), α -ліноленова кислота (%), Ейкозапентаєнова + докозагексаєнова кислота (%), Ca (%), P (%), P (%) доступний, Mg (%), K (%), Na (%), Cl (%), S (%), Cu (мг/кг), Fe (мг/кг), Mn (мг/кг), Zn

(мг/кг), Se (мг/кг), I (мг/кг), Co (мг/кг), Cr (мг/кг), Mo (мг/кг), Тіамін B₁ (мг/кг), Рибофлавін B₂ (мг/кг), Ніацин B₃, PP (мг/кг), Холін B₄ (мг/кг), Пантотенова кислота B₅ (мг/кг), Піридоксин B₆ (мг/кг), Біотин B₇, Н (мг/кг), Фолієва кислота B₉ (мг/кг), Кобаломін B₁₂ (мг/кг), Вітамін С (мг/кг), Інозитол B₈ (мг/кг), α-токоферол Е (мг/кг), Ретинол А (мг/кг), Холекальциферол D (мг/кг), Менадіон, К (мг/кг), Астаксантин, (мг/кг).

Вкладка «Норми». Норми годівлі риб та креветок також є складовими частинами додатку. Вони орієнтовані на такі промислові види риб та креветок, враховуючи стадії росту та розвитку і містять наступні стандарти або категорії:

Короп: Престартер (0,2-1,0 г); Стартер – однолітки (1,0-50 г); Прегровер – однорічки (50-250 г); Гровер: дволітки (250-500 г); Фінішер (500-1500 г). Плідник: Гровер 30% СП (ставок); Гровер 25% СП (ставок); Гровер 18% СП (ставок); Гровер 12% СП (ставок).

Білий амур: Стартер (<2 г); Прегровер (2-150 г); Гровер (150> г).

Канальний сомик: Стартер (1-5 г); Прегровер (5-25 г); Гровер (25-50 г); Гровер (50-100 г); Гровер (100> г).

Тіляпія: Престартер (<0,5 г); Стартер (0,5-20 г); Прегровер (20-200 г); Гровер (200-600 г); Фінішер (600> г) – плідник.

Форель райдужна: Престартер (0,2-2 г); Стартер (2-15 г); Прегровер (15-40 г); Гровер (40-200 г); Гровер (200> г).

Всеїдні види риб: Престартер (0-0,5 г); Стартер (0,5-10 г); Прегровер (10-50 г); Гровер (50+ г) – плідник (1 кг+).

Хижі види риб: Престартер (0-0,5 г); Стартер (0,5-10 г); Прегровер (10-50 г); Гровер (50+ г) – плідник (1 кг+).

Креветки: личинка, післяличинкова стадія, пізня післяличинкова стадія (25 днів): Стартер (1-10 г); Гровер (10+ г); плідник (10+ г).

Вкладка «Норми» (рис. 3) має такий вигляд:

Показник	ПЕ (кал/кг) (короп)	ПЕ (кал/кг) (форель)	СП (%) (min)	ПП (%) (min)	СЖ (%) (min)	Крохмаль (%) (max)	СК (%) (max)	Аргин (%)	Валін (%)	Гістидин (%)	Ізолейцин (%)	Лейцин (%)	Ліз
Стартер (0,2-20 г)	2800		35	30,6	9	30	5	1,3	1,7	1,1	1,1	2,1	
Прегровер (20-200 г)	2750		30	26,3	8	32	7	1,2	1,4	1	1	1,8	
Гровер (200-600 г)	2850		28	24,5	7	38	7	1,1	1,3	0,9	0,9	1,7	
Фінішер (600+ г)	2900		30	26,3	8	36	8	1,2	1,4	1	1	1,8	
Плідник	2800		32	28	10	32	9	1,2	1,5	1	1	1,9	
Форель райдужна													
Престартер (0,2-2 г)		4300	54	48,3	15	11	1	2,4	1,9	1,15	1,8	2,15	
Стартер (2-15 г)		4500	50	44,7	17	12	2	2,3	1,7	1,05	1,5	2	
Прегровер (15-40 г)		4800	44	39,4	25	13	2,5	2	1,5	0,95	1,3	1,75	
Гровер (40-200 г)		5000	40	35,8	28	15	3	1,8	1,4	0,85	1,2	1,6	
Гровер (200+ г)		5200	38	34	32	16	3	1,7	1,3	0,8	1,1	1,5	
Всеїдні види риб													
Престартер (0-0,5 г)	3889		42	36,8	8	30	1,5	1,81	1,4	0,78	1,18	2,15	
Стартер (0,5-10 г)	3611		39	34,1	7	35	2	1,68	1,3	0,71	1,09	1,99	
Прегровер (10-50 г)	3426		37	32,4	7	40	3	1,59	1,23	0,67	1,04	1,89	
Гровер (50+ г)	3241		35	30,6	6	40	4	1,51	1,16	0,64	0,98	1,79	
Плідник (1 кг+)	3426		37	32,4	5	40	4	1,59	1,23	0,67	1,04	1,89	
Хижі види риб													
Престартер (0-0,5 г)		5652	52	46,5	16	15	1	2,24	1,73	0,95	1,46	2,66	
Стартер (0,5-10 г)		5326	49	43,8	14	20	1,5	2,11	1,63	0,89	1,37	2,5	
Прегровер (10-50 г)		5109	47	42	14	25	2	2,02	1,56	0,85	1,32	2,4	
Гровер (50+ г)		4891	45	40,3	12	25	2,5	1,94	1,5	0,82	1,26	2,3	
Плідник (1 кг+)		5109	47	42	10	25	2,5	2,02	1,56	0,85	1,32	2,4	
Креветки													
Польська	AR66		55	47,1	1,4	15	1	2,08	1,64	0,95	1,31	2,69	

Рис. 3. Візуальне зображення вкладки «Норми» (рисунок авторів)

У додатку норми годівлі для кожного стандарту розраховуються на основі концентрації поживних і біологічно активних речовин, що припадають на 1 кг

сухої речовини кінцевого кормового раціону, забезпечуючи науково обґрунтоване визначення потреб риб у поживних компонентах.

В основі норм використовувались дані з наступного літературного джерела: Nutrient requirements of fish and shrimp, 2011 [19]. Дещо було взято з Nutrient requirements of fish, 1993. Норми для всеїдних і хижих риб та креветок використовувалась інформація з публікації: The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – a training manual 1. The essential nutrients, 1987 (рис. 9, 10) fao.org/4/ab470e/AB470E00.htm#TOC.

Потреби в енергії та поживних речовинах, представлені в цьому додатку, були визначені переважно для риби за оптимальних умов росту та відображають рівні, що впливають на максимальну швидкість росту. Розмір риби, метаболічна функція, управління та фактори навколишнього середовища мають незначний або значний вплив на рівень поживних речовин у раціоні для оптимальної продуктивності. Таким чином, ці дані є приблизними та слід використовувати з обережністю. Крім того, ці дані про потреби були визначені для раціонів, що містять хімічно визначені та очищені, легкозасвоювані інгредієнти; отже, дані відображають майже 100-відсоткову засвоюваність для риби. Під час розробки раціонів із натуральних інгредієнтів слід враховувати біодоступність поживних речовин, втрати під час обробки та зберігання, а також вартість. Якщо потреби в енергії та поживних речовинах у раціоні невідомі для певного виду, можна дискретно замінити їх потребами, встановленими для спорідненого виду. Загалом, слід очікувати відмінностей між тепловодними та холодноводними видами риб, а також між прісноводними та солоноводними. Зі збільшенням кількості інформації про потреби в поживних речовинах різних видів, норми поживних речовин для конкретних потреб можуть бути уточнені, і комерційні корми будуть ставати більш економічно ефективними.

Вкладка «Норми» містить дані про 56 показників, а саме: ПЕ (ккал/кг) (короп), ПЕ (ккал/кг) (форель), СП (%) (min), ПП (%) (min), СЖ (%) (min). Крохмаль (%) (max), СК (%) (max), Аргінін (%), Валін (%), Гістидин (%), Ізолейцин (%), Лейцин (%), Лізин (%), Метіонін (%), Цистин (%), Фенілаланін (%), Тирозин (%), Треонін (%), Триптофан (%), Лінолева (%), Ліноленова (%), Ейкозапентаєнова + докозагексаєнова кислота (%), Са (%), Р (%), Mg (%), К (%), Na (%), Cl (%), Cu (мг/кг), Fe (мг/кг), Mn (мг/кг), Zn (мг/кг), Se (мг/кг), I (мг/кг), Co (мг/кг), Cr (мг/кг), Тіамін B₁ (мг/кг), Рибофлавін B₂ (мг/кг), Ніацин, B₃, РР (мг/кг), Холін B₄ (мг/кг), Пантотенова кислота B₅ (мг/кг), Піридоксин B₆ (мг/кг), Біотин B₇ (мг/кг), Фолієва кислота B₉ (мг/кг), Кобаломін B₁₂ (мг/кг), Вітамін С (мг/кг), Інозитол B₈ (мг/кг), α-токоферол Е (мг/кг), Ретинол А (мг/кг), Холекальциферол D (мг/кг), Менадїон К (мг/кг), Астаксантин, (мг/кг).

Після вибору норми годівлі конкретного стандарту, переходимо до власне складання раціону.

Вкладка «Раціон» або розрахунок рибних раціонів. Вкладка «Раціон» (рис. 4) має наступний вигляд:

У цій вкладці відбувається власне процес складання рецепту корму, за визначеними алгоритмами. Тут є можливість: 1) встановити і відкоригувати норми годівлі конкретного стандарту або категорії риб, відповідно до їх виду, маси, статі; 2) вибрати і підібрати необхідну кількість кормів, провести корекцію кількості корму. Маємо можливість коригувати кількісний і якісний склад кормів, відповідно до наших можливостей і наявних кормових засобів.

Корми і добавки	Вміст компонентів (г/кг)	Маса кормів (кг)	Вартість, грн.	СР (г)	СР (%)	ПЕ (ккал)	ПЕ (ккал/лосось)	СП (г) (min)	ПП (г) (min)
1 Соя повножирова, екструдована	217,4	43,48	730,5	195,7	21,94	828	931	76,5	68,7
2 Соевий шрот, 44% СП	250,0	50,00	750,0	222,5	24,95	681	768	110,0	103,8
3 Кукурудзяна барда розчинна	250,0	50,00	300,0	225,0	25,23	791	623	69,0	56,5
4 Пшениця м'яка озима, зерно	215,4	43,08	366,2	185,2	20,77	564	653	23,3	20,9
5 Дріжджі пивні, сухі	49,8	9,96	268,8	46,3	5,19	146	175	21,2	19,1
6 Монокальцій фосфат Са(Н2РO4)2	17,4	3,48	149,6	17,1	1,92				
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
Всього	1000,0	200,00	2565,1	891,9	100	3011	3149	300,0	269,0
Стартер (0,5-10 г)	1000	200,00 кг		890		3611		390	341

Рис. 4. Візуальне зображення вкладки «Раціон» (рисунок авторів)

Таким чином спочатку можна оптимізувати рецепт комбікорму для певної категорії або стандарту потреби риб, а потім вже проводити розрахунки необхідної кількості корму, яку треба згодувати риbam. Слід зазначити, що при розрахунку рецепту корму у клітинку D19 необхідно ввести якусь довільну кількість комбікорму наприклад 200 кг. Саме тому завдання можна виконати й у зворотному порядку: спочатку можна розрахувати скільки потрібно корму, а вже потім скласти рецепт комбікорму вже заданої або відомої кількості.

За результатами вибору норм годівлі й підібраних кормів відбувається автоматична калькуляція раціону (табл. 1), яка відображається на екрані.

Сирий протеїн зазвичай є першою поживною речовиною, що розглядається, а рівень енергії в раціоні коригується для забезпечення оптимального співвідношення. Білок має бути збалансований за незамінними амінокислотами.

Кількість вуглеводів у раціоні залежить від виду риби, залежно від їхньої здатності використовувати його як джерело енергії та вимог до обробки. Тип і концентрація ліпідів, що використовуються в раціоні, підбираються для задоволення потреб у незамінних жирних кислотах (НЖК) та енергії. Потреби у вітамінах здебільшого забезпечуються за допомогою введення в комбікорм додаткового преміксу – через невизначеність щодо вмісту та біодоступності вітамінів у кормах.

Мінеральний вміст кормів є більш стабільним, тому мінеральні добавки зазвичай вносяться на основі складу основних інгредієнтів. Надмірне збагачення лабільних поживних речовин в оброблених рибних кормах необхідне як фактор безпеки.

Амінокислоти, деякі вітаміни та неорганічні поживні речовини відносно стійкі до нагрівання, вологи та окислення, які відбуваються за нормальних умов обробки та зберігання. Однак деякі вітаміни піддаються деяким втратам і повинні використовуватися понад потребу.

Для розробки раціонів із мінімальними витратами для риб та інших харчових тварин зазвичай використовується метод лінійного програмування з найменшими витратами. Необхідно мати таку інформацію: потреби тварини в поживних речовинах; біодоступні поживні речовини та енергетичний вміст інгредієнтів; мінімальні та максимальні обмеження щодо концентрацій різних інгредієнтів; і вартість інгредієнтів. Біодоступність поживних речовин для риб із різних кормів

повинна бути відома, щоб робити комп'ютеризовані заміни між інгредієнтами. Ці значення часто досить різняться між рибами та кормами. Наприклад, добре відомо, що холодноводні риби не використовують вуглеводи як джерела енергії так само, як і тепловодні види; засвоюваність фосфору для риб менша, ніж для худоби, особливо для риб без шлункової секреції в травному тракті; а лізин у бавовняному шроті менш засвоюваний, ніж лізин у соєвому шроті.

Таблиця 1

Результати оптимізації рецепту корму (розроблено авторами)

Показник	Міститься в 1 кг корму	Рекомендована норма (на 1 кг корму)	± до норми	% ± до норми	на 1 кг СР
Суша речовина (г/кг)	891.9	890	1.9	0.2	
Перетравна енергія (ккал/кг)	3011	3611	-600.0	-16.6	3376
Перетравна енергія, лосось (ккал/кг)	3149		3149		3530
Сирий протеїн (г/кг)	300.0	390	-90.0	-23.1	336
Перетравний протеїн (г/кг)	269.0	341	-72.0	-21.1	302
Сирий жир (г/кг)	68.3	70	-1.7	-2.4	77
Крохмаль (г/кг)	186.2	350	-163.8	-46.8	209
Сира клітковина (г/кг)	48.2	20	28.2	141.2	54
Зола (г/кг)	65.9		65.9		74
Аргінін (г/кг)	18.5	16.8	1.7	10.2	21
Вагін (г/кг)	15.6	13	2.5	20.4	18
Гістидин (г/кг)	7.6	7.1	0.5	6.9	9
Ізолейцин (г/кг)	13.4	10.9	2.5	22.8	15
Лейцин (г/кг)	22.9	19.9	3.0	15.2	26
Лізин (г/кг)	16.2	23.1	-6.9	-29.9	18
Метіонін (г/кг)	4.9	7.5	-2.6	-34.2	6
Цистин (г/кг)	5.3	2.7	2.6	95.4	6
Фенілаланін (г/кг)	15.2	11.3	3.9	34.6	17
Тирозин (г/кг)	11.1	9	2.1	23.0	12
Треонін (г/кг)	11.6	12.6	-1.0	-7.6	13
Триптофан (мг/кг)	3.6	2.3	1.3	57.7	4
Лінолева кислота (г/кг)	35.7	10	25.7	256.9	40
α-ліноленова кислота (г/кг)	3.1	10	-6.9	-68.8	3
Ейкозалантаснова + докозагексаснова кислота		5	-5.0	-100.0	
Ca (г/кг)	4.6	25	-20.4	-81.4	5
P (г/кг)	10.0	8	2.0	25.0	11
P (г/кг) доступний	6.4	4.11	2.3	56.8	7
Mg (г/кг)	2.5	0.7	1.8	253.9	3
K (г/кг)	13.3		13.3		15
Na (г/кг)	0.8		0.8		1
Cl (г/кг)	0.8		0.8		1
S (г/кг)	3.1		3.1		3
Cu (г/кг)	11.4	5	6.4	127.3	13

Можуть бути встановлені обмеження на мінімальні або максимальні рівні концентрації певних інгредієнтів через їх вплив на виробничий процес та смакові якості або їх потенційний негативний вплив на продуктивність риб, якість м'яса або якість води. Наприклад, було виявлено, що рибне борошно та інші джерела тваринного білка корисні в раціонах сомів із причин, які не пояснюються на основі задоволення потреб в амінокислотах, тому зазвичай встановлюються мінімальні рівні. Граничні обмеження щодо кількості інгредієнтів у рецептах кормів наведена в таблиці 2.

Таблиця 2

Максимальна та мінімальна кількість введення кормів у кормосуміш, (%)

Корм	min	max
Рибне борошно		35
Сухе молоко		2
Кров'яне борошно		5
Кормові дріжджі	2	16
Соевий шрот	5	25
Ріпаковий шрот		3
Люпин солодкий		20
Люпин гіркий		10
Люцернове борошно		10
Горох кормовий		8
Соя повножирова		20
Пшениця	30	80
Кукурудза	10	25
Ячмінь		40
Овес		20
Жито		20
Пшеничні висівки		15
Зародки пшениці		5
Рисові висівки		10
Вапно гашене		1
Сіль кухонна		0,5
Крохмаль пшеничний		3
Жир риб'ячий	1	5
Олія соняшникова		5
Олія соєва		4

Якщо результати розрахунків не задовольняють клієнта, проводиться подальша корекція раціону, вибраними кормовими засобами, до моменту досягнення бажаного результату. Слід зазначити, що рецепт корму можна збалансувати за 56 показниками поживної цінності.

Оптимізація раціону відбувається симплекс-методом. На рисунку 5 наведено приклад встановлення обмежень:

Рис. 5. Встановлення обмежень (рисунок авторів)

Для оптимізації раціону необхідно активізувати надбудову (файл → параметри → надбудови) пошук розв'язання. Зняти захист з аркуша. Перейти на вкладку ДАНІ → Аналіз → Розв'язувач. Оптимізований раціон редагують враховуючи наявну кількість кормів та їх поживність і смакові якості.

Додаткові опції вкладки «Раціон». Розрахунки кількості корму.

У вкладці «Раціон» також наведена інформація щодо розрахунку кількості необхідного корму для конкретної категорії або стандарту риб.

Дані, наведені в таблицях свідчать, що добова потреба в кормі залежить від цілого ряду чинників: маси риби, щільності посадки, температури у водоймі, вмісту сирого протеїну в кормі та ін.

На початку вкладки наведена добова потреба коропа при вирощуванні у ставку при температурі 20°C (рис. 6).

Добова потреба коропа в кормі при вирощуванні у ставку при 20°C			
Маса риби (г)	100	Щільність посадки риби (шт./га)	10000
Добова потреба у кормі	40	Вміст протеїну в кормі	18 %
	кг/га		

Рис. 6. Добова потреба коропа при вирощуванні у ставку при температурі 20°C (рисунок авторів)

Далі така ж інформація, але з урахуванням температури води. На рисунку 7, де є виділена кольором клітинка з температурою, ці дані можна використовувати для практичних розрахунків.

Добова потреба коропа в кормі залежно від температури при вирощуванні у ставку (2390-3107 ккал/кг)					
Маса риби (г)	100	Кількість риби (шт.)	1000	Температура води (°C)	20
Добова потреба у кормі	4,7	кг			

Рис. 7. Добова потреба коропа залежно від температури (рисунок авторів)

Також можна визначити добову потребу в кормі: з урахуванням приросту маси, енергії на підтримку, енергії корму, потреби у протеїні (рис. 8).

Добова потреба у кормі	3,823	г/риба/добу	Перетравна енергія корму (ккал/кг)	3000
Вміст сирого протеїну в кормі	332	г/кг	ПП : СП × 100	85 %
Кількість корму на 100 кг риби	1,529	кг		
Коефіцієнт конверсії корму	1,554			
Співвідношення СП : ПЕ	0,111	г/ккал		
Загальна добова потреба у кормі	38,23	кг/добу	Кількість риби (шт.)	10000

Рис. 8. Добову потребу в кормі: з урахуванням приросту маси, енергії на підтримку, енергії корму, потреби у протеїні (рисунок авторів)

Корекція даних у виділених кольором клітинках не впливає на норми годівлі риби та на роботу вкладки зі складання рецепту корму. Це просто додаткова інформація, яку можна використовувати лише для визначення кількості необхідного корму, яку необхідно згодувати рибі конкретного стандарту або категорії. У виділені кольором клітинки можна вносити алометричні коефіцієнти, які входять у відповідні формули, і спостерігати за результатами розрахунків (рис. 9).

Слід зазначити, що в розрахунках можна використовувати алометричні коефіцієнти, яких у літературі є доволі багато. Тобто ми маємо орієнтуватися на такі коефіцієнти, які наявні в літературі і схожі до наших умов, або ж проводити додаткові дослідження з їх визначення.

Залежність між споживанням корму і масою риби = w × Жива маса (г) ^a				
Споживання корму	3,845	г/риба/добу	w	0,14
Споживання корму на 100 г риби (г)	1,54	%/доба	q	0,6

Жива маса (г)	0,1	0,25	0,3	0,5	0,7	1	10	100	500	1000	1500	2000
Споживання корму (г)	0,035	0,061	0,068	0,092	0,113	0,140	0,557	2,219	5,828	8,833	11,266	13,389
Споживання корму на 100 г риби (г)	35,17	24,38	22,66	18,47	16,15	14,00	5,57	2,22	1,17	0,88	0,75	0,67

Рис. 9. Використання алометричних коефіцієнтів у прогностичних розрахунках (рисунок авторів)

На рисунках 6 та 7 наведена інформація, яка стосується лише коропа. Інші розрахунки наведені для уявної риби. Тобто, алометричні коефіцієнти повинні бути відомі для конкретних умов, температури і виду риби. Щоб визначити ці коефіцієнти необхідно провести дослідження, або скористатися літературними джерелами в яких зазначено, що певний дослідник провів подібні дослідження за подібних умов, у тому числі й температурних. Саме тому ця інформація буде цікавою для студентів, щоб вони розуміли логіку розрахунків. Зазвичай кількість корму точно не визначають, а годують до насичення риби. При цьому може спостерігатися певний надлишок корму або недогодовля. У господарствах де вирощують

рибу спеціалісти приблизно знають витрату кормів наприклад за минулий рік (період) і приблизно задають відповідну кількість корму.

Споживання корму в залежності від температури та план годівлі коропа є скоріше демонстраційними матеріалами (рис. 10–11).

Вплив температури на споживання корму											
Короп	t°C	12	14	16	18	20	22	24	26	28	
Споживання корму (%)		15	25	40	60	75	90	100	90	80	
Канальний сомик	t°C	17	19	21	23	25	27	29	31	33	
Споживання корму (%)		6	18	36	54	72	90	100	95	90	
Тіляпія	t°C	18	20	22	24	26	28	30	32	34	
Споживання корму (%)		45	50	55	62	70	80	90	100	75	
Форель райдужна	t°C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	
Споживання корму (%)		33	40	49	60	73	90	96	100	95	

Рис. 10. Споживання корму в залежності від температури (рисунок авторів)

План годівлі коропа, розподіл корму за місяцями вирощування в ставку, %					
	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
Цьоголітки		3%	24%	54%	19%
Дволітки	2%	15%	30%	40%	13%

Рис. 11. План годівлі коропа (рисунок авторів)

Висновки та перспективи подальших досліджень. На основі аналізу функціональних можливостей та принципів роботи додатка «Калькулятор рецептів кормів для риби», розробленого фахівцями Поліського національного університету, можна зробити такі висновки:

1. Інноваційність та доступність інструментарію. Додаток, створений на базі *Microsoft Excel*, є ефективною та бюджетною альтернативою дороговартісному спеціалізованому програмному забезпеченню. Він не потребує складних систем захисту (ключів) та залишається сумісним із більшістю сучасних операційних систем, що робить його доступним для середньостатистичного фермера, студента чи виробника-початківця.

2. Наукова обґрунтованість та масштабованість. Програма базується на фундаментальних світових стандартах (NRC, FAO) та пропонує вражаючу базу даних:

- Сировинна база: близько 240 видів інгредієнтів (з можливістю розширення до 1000) за 56 показниками якості.

- База нормативів: 44 стандарти потреби годівлі для основних промислових видів (короп, форель, тіляпія, сомик, креветки тощо), враховуючи стадії їх росту та умови утримання.

3. Технологічні переваги та оптимізація. Використання математичного апарату (метод лінійного програмування та симплекс-метод через надбудову «Пошук розв'язання») дозволяє користувачеві:

- Створювати максимально збалансовані раціони при мінімальній собівартості.

- Проводити гнучку корекцію складу компонентів залежно від фактичної наявності сировини та результатів лабораторних аналізів.

- Враховувати не лише поживність, а й специфічні обмеження інгредієнтів (смакові якості, антинутриційні фактори).

4. Комплексний підхід до годівлі. Додаток не обмежується лише складанням рецептури. Наявність додаткових опцій для розрахунку добової потреби в кормі (з урахуванням температури води, маси риби та алометричних коефіцієнтів) дозволяє повністю автоматизувати процес планування годівлі та мінімізувати втрати корму.

5. Практичне та освітнє значення. Програма є багатофункціональним інструментом, що може використовуватися:

- У виробництві: для оперативного управління технологічним процесом та підвищення економічної ефективності рибних господарств.
- В освітньому процесі: для навчання студентів і проведення майстер-класів із нутриціології риб.
- У консультуванні: як засіб підвищення рівня професійних дієтологічних послуг.

Перспективи подальших досліджень будуть пов'язані з розширенням бази даних кормів, додавання нових можливостей для коригування раціону, а також впровадження функції для автоматичного оновлення даних про корми через інтернет.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Біологічні основи годівлі риб / Тарасюк С. І., Дворецький А. І., Дерень О. В., Заярко О. І., Дніпропетровськ : Адверта, 2015. 189 с.
2. Калькулятор раціонів для сільськогосподарських тварин – ефективний інструмент удосконалення їх годівлі / В. Борщенко та ін. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2025. № 115. С. 117–128. DOI: <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.115.11>
3. Виробництво та реалізація товарної продукції аквакультури в Україні / Лавринюк О. О., Лісогурська Д. В., Вербельчук Т. В., Борщенко В. В. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2025. № 1 (17). С. 123–132. DOI: 10.32782/wba.2025.1.11
4. Аналіз сучасних тенденцій та перспектив розвитку годівлі риб в аквакультурі України / Лавринюк О.О., Матковська С.І., Вербельчук Т.В., Вербельчук С.П., Кобернюк В.В. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2025. № 2(18). С. 39–63. DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.3>
5. Годівля риб : підручник / І. М. Шерман та ін.; за ред. І. М. Шермана. Київ : Вища освіта, 2001. 269 с.
6. Годівля риб. Основи екологічно безпечного харчування: навч. посіб. / Т. М. Димань та ін. Київ : Лібра, 2006. 304 с.
7. Гринжевський М. В. Інтенсифікація виробництва продукції аквакультури у внутрішніх водоймах України. Київ : Світ, 2000. 188 с.
8. Єгоров Б. В. Технологія виробництва комбікормів. Одеса : Друкарський дім, 2011. 448 с.
9. Єгоров Б. В., Фігурська Л. В. Аналіз технологічних способів виробництва комбікормів для риб. *Зернові продукти і комбікорми*. 2012. № 1. С. 35–42.
10. Єгоров Б. В., Фігурська Л. В. Особливості формування рецептів комбікормів для форелі. *Зернові продукти і комбікорми*. 2012. № 1. С. 13–18.
11. Желтов Ю. А., Федоренко В. А. Інструкція з нормативної годівлі риб у тепловодних господарствах. *Інтенсивне рибництво*. Київ : Аграрна наука, 1995. С. 17–42.
12. Інтенсивні технології в аквакультурі: навч. посіб. / Р. В. Кононенко та ін. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 410 с.
13. Інтенсивні технології кормів та годівлі в тваринництві та аквакультурі: навч. посіб. / О. О. Лавринюк та ін. Житомир : Поліський національний університет, 2025. 180 с.
14. Калькулятор раціонів сільськогосподарських тварин: практ. посіб. / Ю. Обертюх та ін. Житомир : Поліський університет, 2025. 100 с.

15. Методи підвищення природної рибопродуктивності ставів / за ред. М. В. Гринжєвського. Київ : ІРГ УААН, 1998. 123 с.
16. Рекомендації з використання кормів для годівлі коропа / Ю. О. Желтов та ін. Київ : ІРГ УААН, 1999. 44 с.
17. Технологія кормів: навч. посіб. / М. М. Кривий та ін. Житомир : Полісся, 2020. 216 с.
18. Nutrient Requirements of Fish / National Research Council, Board on Agriculture, Subcommittee on Fish Nutrition. Washington, DC : National Academy Press, 1993. 114 p.
19. Nutrient requirements of fish and shrimp / National Research Council, Division on Earth and Life Studies, Board on Agriculture and Natural Resources, Committee on the Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. Washington : National Academies Press, 2011. 392 p. DOI: <https://doi.org/10.17226/13039>
20. Fish Nutrition / (Eds.) Ronald W. Hardy, Sadasivam J. Kaushik. 4th Edition. USA : Academic Press, 2021. 924 p. DOI: 10.1016/C2018-0-03211-9
21. Tables of composition and nutritional value of feed materials: Pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish / (Eds.) D. Sauvant, J.-M. Perez, G. Tran. Netherlands : Wageningen Academic Publishers, 2004. 304 p.
22. Tacon A. G. J. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp : a training manual. 1: The essential nutrients. Brazil : FAO, 1987. URL: fao.org/4/ab470e/AB470E00.htm#TOC.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 639.3:636.085.55

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.24>

ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОБІЛКОВОГО СОНЯШНИКОВОГО КОНЦЕНТРАТУ ПРИ ВИРОШУВАННІ МОЛОДІ КЛАРІЄВОГО СОМА (*CLARIAS GARIEPINUS*)

Вознюк Р.Р. – д.філос.,

асистент кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П.Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-4710-5371

Позняковський Ю.В. – к.с.-г.н.,

науковий співробітник кафедри годівлі тварин та технології кормів
імені П.Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-0120-0296

Куриленко Ю.Ф. – к.с.-г.н.,

науковий співробітник кафедри годівлі тварин та технології кормів
імені П.Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-4679-0242

У статті наведено результати досліджень щодо визначення ефективності заміни соєвого шроту на високобілковий соняшниковий концентрат у комбікормах для молоді кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). Дослідження проводилося на 4500 екземплярах риб, розподілених на три групи: контрольну (100 % соєвий шрот), дослідну другу (50 % заміни соєвого шроту ВСК) та дослідну третю (100 % заміни). Піддослідні риби утримувалися в рециркуляційній аквасистемі при температурі 26 °С. Комбікорми були збалансовані за поживними речовинами, відмінності між групами стосувалися лише співвідношення соєвого шроту та високобілкового соняшникового концентрату.

Результати дослідження показали, що часткова заміна соєвого шроту на високобілковий соняшниковий концентрат (50 %) сприяла досягненню найвищих показників росту та продуктивності. Середня маса риб у цій групі становила 181,09 г, що на 8,19 г перевищувало контроль ($p < 0,05$). Абсолютний приріст риб досягав 139,12 г, середньодобовий – 4,97 г, а відносний приріст – 124,73 %. При цьому конверсія корму була найкращою – 0,79, а збереженість риб становила 99 %. У групі з повною заміною соєвого шроту на високобілковий соняшниковий концентрат спостерігалось деяке зниження показників росту порівняно з контролем, але ці відмінності не були статистично значущими. Аналіз споживання корму та загальної конверсії також свідчить про високу ефективність часткової заміни соєвого шроту на високобілковий соняшниковий концентрат.

Отримані дані підтверджують, що високобілковий соняшниковий концентрат може успішно використовуватися як альтернативне джерело білка в раціонах молоді кларієвого сома. Часткова заміна соєвого шроту дозволяє підвищити продуктивність риб, покращити конверсію корму та зберегти здоров'я піддослідних особин, що забезпечує економічну доцільність і стабільність виробництва в аквакультурі.

Ключові слова: годівля, кларієвий сом, високобілковий соняшниковий концентрат, продуктивність.



Vozniuk R.R., Poznyakovsky Yu.V., Kurylenko Yu.F. Use of high-protein sunflower concentrate in rearing juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*)

The article presents the results of a study on the evaluation of replacing soybean meal with high-protein sunflower concentrate (HPSC) in diets for juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*). The experiment was conducted on 4,500 fish, divided into three groups: a control group (100 % soybean meal), a second group (50 % replacement of soybean meal with HPSC), and a third group (100 % replacement). The fish were maintained in a recirculating aquaculture system at 26 °C. The diets were balanced for nutrients, and the only difference between the groups was the ratio of soybean meal to high-protein sunflower concentrate.

The results showed that partial replacement of soybean meal with HPSC (50 %) led to the highest growth and performance indicators. The average body weight in this group was 181.09 g, which was 8.19 g higher than the control ($p < 0.05$). The absolute weight gain reached 139.12 g, the daily weight gain was 4.97 g, and the relative growth was 124.73 %. Feed conversion was the best in this group (0.79), and fish survival reached 99 %. In the group with complete replacement of soybean meal with HPSC, a slight decrease in growth performance was observed compared to the control, but the differences were not statistically significant. Analysis of feed intake and overall feed conversion also confirmed the high efficiency of partial replacement of soybean meal with high-protein sunflower concentrate.

The findings indicate that high-protein sunflower concentrate can be successfully used as an alternative protein source in diets for juvenile African catfish. Partial replacement of soybean meal improves fish growth performance, feed conversion, and maintains the health of the fish, ensuring economic feasibility and production stability in aquaculture.

Key words: feeding, African catfish, high-protein sunflower concentrate, performance.

Актуальність теми дослідження. В останні роки світова галузь аквакультури демонструє інтенсивний розвиток, зумовлений стрімким зростанням попиту на рибну продукцію [1]. Проте економічна ефективність виробництва залишається критично залежною від вартості кормових ресурсів, які становлять понад 50 % загальної собівартості продукції [2].

Традиційно, рибне борошно є ключовим компонентом комбікормів і використовується як основне джерело тваринного білка завдяки своїм високим поживним властивостям, збалансованому амінокислотному складу і високій перетравності. Водночас його застосування суттєво впливає на собівартість продукції, що пов'язано як з високою ринковою ціною, так і з обмеженими запасами сировини. За таких умов актуальним є пошук доступніших і стабільних альтернатив, перед усім білкових компонентів рослинного походження [3] серед яких особлива увага приділяється соєвому шроту, який є цінним компонентом комбікормів завдяки високому вмісту сирого протеїну та збалансованому амінокислотному складу, що зумовлює широке використання, як якісного джерела рослинного білка в раціонах риб [4, 5]. Водночас наявність у соєвому шроті антипоживних факторів, зокрема інгібіторів трипсину, лектинів і сапонітів, може негативно впливати на фізіологічний стан риб, знижуючи темпи росту, ефективність використання корму та засвоєння поживних речовин, а також спричиняючи розвиток неінфекційних запальних процесів у дистальних відділах кишечника [6]. Раціони з підвищеним вмістом соєвого шроту погіршують морфо-функціональний стан кишечника та викликають гістопатологічні зміни у різних видів риб [4, 7, 8,]. Слід зазначити, що в останні роки спостерігається глобальна тенденція до підвищення вартості соєвого шроту, що зумовлено, зокрема, зростаючою конкуренцією за цю сировину між харчовою та комбікормовою галуззю [9].

Для забезпечення сталого розвитку аквакультури актуальним є дослідження альтернативних місцевих джерел рослинного білка, які б поєднували економічну доступність із високою поживною цінністю, перевищуючи за цими показниками традиційний соєвий шрот [9].

Постановка проблеми. До числа перспективних побічних продуктів рослинного походження належать ріпаковий шрот та соняшниковий шрот. Серед них соняшниковий шрот вирізняється високою поживною цінністю та значним виходом сировини, що робить його перспективним для використання в раціонах риб. В залежності від ступеня лушення та процесу екстракції олії, вміст сирого протеїну в соняшниковому шроті коливається від 29 % до 45 % [10]. Порівняно із соєвим шротом, соняшниковий шрот є недорогим, має стабільні постачання, менше антинутриєнтів, крім таніну та фітинової кислоти, низький вміст сірковмісних амінокислот та хороший баланс інших амінокислот [11]. Водночас кілька досліджень зазначають, що соняшниковий шрот слід включати до раціонів риб в помірних кількостях для досягнення позитивних ефектів, тоді як високий рівень його використання може призводити до зниження темпів росту, що може бути пов'язане з підвищенням вмісту сирової клітковини в соняшниковому шроті [12, 13].

Водночас сучасні технології глибокої переробки насіння соняшнику дозволяють нівелювати зазначені недоліки шляхом створення інноваційного продукту – високобілкового соняшникового концентрату. На відміну від традиційного шроту, цей концентрат проходить процес багаторазового сепарування лушпиння та низькотемпературну екстракцію, що дозволяє досягти вмісту сирого протеїну понад 45 %, фактично наближаючи його за поживністю до високоякісного соєвого шроту.

Важливим стратегічним аспектом є те, що високобілковий соняшниковий концентрат є місцевим продуктом, що виробляється в Україні. Це дозволяє суттєво знизити логістичні витрати та залежність галузі аквакультури від імпорту дорогоцінної високобілкової сировини, забезпечуючи при цьому високу якість комбикормів та екологічну стабільність виробництва.

Методика досліджень. Дослідження проводились в межах державного наукового проєкту № 0124U000924. Вивчення ефективності заміни соєвого шроту високопротеїновим соняшниковим концентратом у комбикормах для молоді кларієвого сома було проведено у ТОВ «Аквафарм», Київська обл., м. Васильків у 2026 р.

З метою оцінки впливу заміни соєвого шроту на показники росту та ефективність використання корму було сформовано 3 групи риб. Риби контрольної групи отримували комбикорм на основі соєвого шроту без його заміни, у другій групі частково (50 %) замінювали на високопротеїновий соняшниковий концентрат, а у третій – повністю (100 %) (табл. 1).

Таблиця 1

Схема дослідіу

Показник	Група		
	1 контрольна	дослідні	
		2	3
Досліджуваний фактор	комбикорм на основі соєвого шроту	комбикорм із 50% заміною соєвого шроту ВСК*	комбикорм із 100% заміною соєвого шроту ВСК*
Кількість риб у досліді, екз.: 1 міс.	1500	1500	1500
Маса 1 екз. риб на початку дослідіу, г	42	42	42

* ВСК – високобілковий соняшниковий концентрат

Для проведення дослідів було відібрано молодь кларієвого сома середньою масою 41,94–41,98 грамів у кількості 4500 екземплярів, які були розділені на три групи по 1500 екземплярів у кожній.

Піддослідних риб утримували в рециркуляційній аквасистемі (РАС), яка складалась з басейнів круглої форми діаметром 1,5 м² та висотою – 0,75 м, фільтра механічного очищення, суматора та фільтра біологічного очищення води. Водобіг відбувався 1 раз на годину. Щоденна підміна води в системі 10 %. Температурний режим у РАС підтримували на рівні 26 °С, що відповідає умовам вирощування молоді кларієвого сома. Контроль температури проводився щоденно. Щільність посадки риб на початку дослідів складала 62,90–62,97 кг/м³. Тривалість дослідів становила 1 місяць. В кінці дослідів риб зважували на лабораторних вагах AXIS AD 500. Зважували не менше 10 % риб у кожній групі.

Добову норму корму для піддослідних риб визначали з урахуванням температури води та середньої маси риб.

Визначення показників хімічного складу комбікормів проводили у лабораторії кафедри годівлі тварин та технології кормів ім. П.Д. Пшеничного НУБіП України з використанням стандартних методик відповідно до чинних державних стандартів України.

Загальний вміст вологи визначали згідно з ДСТУ ISO 6496:2005 Корми для тварин. Визначення вмісту вологи та інших летких речовин [14];

- вміст сирого жиру визначали згідно з ДСТУ ISO 6492:2003 Корми для тварин. Визначення вмісту жиру (ISO 6492:1999, IDT) [15];

- вміст сирого протеїну визначали згідно з ДСТУ 7169:2010 Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення вмісту азоту і сирого протеїну [16];

- вміст сирової золи визначали згідно з ДСТУ ISO 5984:2004 Корми для тварин. Визначення вмісту сирової золи [17];

- вміст сирової клітковини визначали згідно з ДСТУ 8844:2019 Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення сирової клітковини [18];

- вміст безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) розраховували за різницею між масовою часткою сухої речовини та суми масових часток сирих золи, протеїну, жиру та клітковини корму.

Отримані експериментальні дані обробляли з використанням загальноприйнятих методів математичної та варіаційної статистики.

Результати досліджень. Під час проведення дослідів, молодь кларієвого сома усіх груп годували повнораціонними комбікормами, збалансованими за усіма поживними речовинами. Рецепти комбікормів суттєво відрізнялись лише за вмістом соєвого шроту та високобілкового соняшникового концентрату (табл. 2).

Хімічний склад комбікормів та його поживна цінність для усіх дослідних груп була однаковою (табл. 3).

Середня маса риб на початку дослідів суттєво не відрізнялась між групами і перебувала в межах 41,94–41,98 грамів (табл. 4).

Встановлено, що середня маса риб у 2-й дослідній групі, яким згодовували комбікорм з частковою заміною соєвого шроту високобілковим соняшниковим концентратом, перевищувала показник контрольної групи на 8,19 грам ($p < 0,05$) та мала статистично вірогідну різницю.

Водночас у 3-й дослідній групі, де застосовували повну заміну соєвого шроту на високобілковий соняшниковий концентрат, спостерігались дещо нижчі показники росту. Так, середня маса риб 3-ї дослідної групи була на 3,94 грами нижчою порівняно з контролем, проте різниця не була статистично вірогідною.

Таблиця 2

Рецепти та хімічний склад досліджуваних комбікормів

Показник			
	1 контрольна	дослідні	
		2	3
Рецепти комбікормів			
Рибне борошно (СП 72)	28,182	28,025	27,669
Висівки пшеничні	2,727	2,712	2,695
Зерно пшениці	9,091	9,04	8,983
Кров'яне борошно (СП 87)	8,182	8,136	8,085
Високобілковий соняшниковий концентрат (СП 47)	0	7,91	15,721
Соевий шрот (СП 45)	15,909	7,91	0
Премікс	2,200	2,200	2,200
Кормові дріжджі (СП 45)	3,636	3,616	3,773
Зерно кукурудзи	11,619	11,557	11,47
Альгімун (сульфатовані полісахариди)	0,182	0,181	0,180
Сіль кухонна	0,091	0,090	0,090
Глютен пшеничний (СП 76)	9,091	9,04	8,983
Соева олія	0,909	0,904	0,898
Фосфатидний концентрат соняшниковий	0,909	0,904	0,898
Риб'ячий жир	3,636	4,068	4,492
Жир кормовий	3,636	3,707	3,863
Разом	100	100	100

Таблиця 3

Хімічний склад 1 кг комбікорму			
Суша речовина, %	90,000	90,000	90,000
Валова енергія, МДж	17,154	17,198	17,262
Сирий протеїн, %	42,034	42,088	42,063
Сирий жир, %	12,053	12,022	12,059
Сира клітковина, %	2,016	2,108	2,200
БЕР, %	26,617	26,414	26,239
Крохмаль, %	11,977	12,014	12,041
Сира зола, %	7,280	7,368	7,439
Са, %	1,847	1,847	1,837
Р, %	1,243	1,256	1,265

Дані абсолютного приросту характеризувалися аналогічною тенденцією. Зокрема, у 2-й дослідній групі показник абсолютного приросту був вищий порівняно із контролем на 8,20 грам, тоді як у 3-й групі відмічено зниження цього показника на 3,89 грам відносно контрольної групи.

Таблиця 4

**Продуктивні показники молоді кларієвого сома за різного рівня введення
високобілкового соняшникового концентрату**

Показник	Група		
	1	2	3
Збереженість риб, %	98,73	99,00	98,73
Маса риб на початку дослідю, г	41,98±2,150	41,97±2,105	41,94±2,129
Маса риб в кінці дослідю, г	172,90±31,262	181,09±37,01*	168,96±32,29
Абсолютний приріст, г	130,92	139,12	127,03
Середньодобовий приріст, г	4,68	4,97	4,54
Відносний приріст, %	121,85	124,73	120,46
Споживання корму за період дослідю, кг	156,00	163,00	152,00
Витрати корму на 1 кг приросту	0,81	0,79	0,82

* $p < 0,05$ (порівняно з контрольною групою)

Щодо середньодобових приростів, то у 2-й дослідній групі отримано найкращі результати, показник становив 4,97 грам, що на 0,29 грам більше порівняно з контрольною групою. У 3-й дослідній групі, цей показник був нижчим і поступався контролю на 0,14 грам.

Аналіз відносного приросту показав, що найвищі значення спостерігаються у 2-й дослідній групі, де показник перевищував контроль на 2,88 %. Водночас у 3-й групі відносний приріст був нижчим на 3,89 % порівняно з контрольною групою.

За результатами дослідження виявлено відмінності у конверсії корму. Найкращі показник конверсії корму спостерігався у 2-й дослідній групі та становив 0,79, тоді як у контрольній та 3-й дослідній групах цей показник був дещо вищим – 0,82 та 0,81 відповідно.

Щодо збереженості, то найвищі показники відмічено у 2-й дослідній групі – 99,0 %, тоді як у контрольній та 3-й дослідних групах, цей показник був дещо нижчим і становив по 98,73 %.

Висновки. Аналізуючи показники росту молоді кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) при частковій заміні соєвого шроту на високобілковий соняшниковий концентрат, встановлено, що найвищі результати спостерігались у групі, що споживала комбікорм в якому 50 % соєвого шроту було замінено на високобілковий соняшниковий концентрат.

Згодовування молоді кларієвого сома комбікорм з частковою заміною соєвого шроту високобілковим соняшниковим концентратом призвело до підвищення середньої маси риб на 8,19 грам ($p < 0,05$) порівняно із контрольною групою та забезпечило кращу конверсію корму – 0,79 протягом усього періоду дослідю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Dawood M. A. O., Abo-Al-Ela H. G., Hasan M. T. Modulation of transcriptomic profile in aquatic animals: Probiotics, prebiotics and synbiotics scenarios. *Fish & Shellfish Immunology*. 2020. Vol. 97. P. 268–282. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.12.054>

2. Mohanta K. N., Subramanian S., Korikanthimath V. S. Effect of dietary protein and lipid levels on growth, nutrient utilization and whole-body composition of blue gourami, *Trichogaster trichopterus* fingerlings. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2011. Vol. 97, no. 1. P. 126–136. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01258.x>
3. Replacement of fish meal with fermented plant proteins in the aquafeed industry: a systematic review and meta-analysis / M. Mugwanya et al. *Reviews in aquaculture*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1111/raq.12701>
4. Substituting fish meal with soybean meal in diets for Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*): effects on growth, digestive enzymes activity, gut histology, and expression of gut inflammatory and transporter genes / C. Zhang et al. *Aquaculture*. 2018. Vol. 483. P. 173–182. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.029>
5. Vozniuk, R. R., Sychoy, M. Y. productivity of young claria catfish (*clarias gariepinus*) using compound feed with different levels of fermented soybean meal EP500. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: livestock*. 2023. No. 3. P. 16–21. URL: <https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2023.3.3>
6. Effects of soybean and sunflower meals on the growth, feed utilization, and gene expression in two Canadian strains of juvenile Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) / A. A. Smith et al. *Aquaculture*. 2017. Vol. 481. P. 191–201. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.08.038>
7. Effects of soybean meal based diet on growth performance, gut histopathology and intestinal microbiota of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / J. Heikkinen et al. *Aquaculture*. 2006. Vol. 261, no. 1. P. 259–268. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.07.012>
8. Appraisal of different levels of soybean meal in diets on growth, digestive enzyme activity, antioxidation, and gut histology of tilapia (*Oreochromis niloticus*) / M. A. Pervin et al. *Fish physiology and biochemistry*. 2020. Vol. 46, no. 4. P. 1397–1407. URL: <https://doi.org/10.1007/s10695-020-00798-5>
9. NONRUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM: potential of defatted microalgae from the biofuel industry as an ingredient to replace corn and soybean meal in swine and poultry diets / S. Gatrell et al. *Journal of animal science*. 2014. Vol. 92, no. 4. P. 1306–1314. URL: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7250>
10. Effects of replacing soybean meal with sunflower meal or fermented sunflower meal on the growth performance, intestinal microbiota, and intestinal health of tilapia (GIFT, *oreochromis niloticus*) / H. Huang et al. *Aquaculture nutrition*. 2024. Vol. 2024, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1155/2024/9366952>
11. Evaluation of the nutritional value of sunflower meal and its effect on performance, digestive enzyme activity, organ weight, and histological alterations of the intestinal villi of broiler chickens / H. Nassiri Moghaddam et al. *Journal of applied poultry research*. 2012. Vol. 21, no. 2. P. 293–304. URL: <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00396>
12. Olvera-Novoa M. A., Olivera-Castillo L., Martínez-Palacios C. A. Sunflower seed meal as a protein source in diets for *Tilapia rendalli* (Boulanger, 1896) fingerlings. *Aquaculture research*. 2002. Vol. 33, no. 3. P. 223–229. URL: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00666.x>
13. Substitution of fish meal with sunflower seed meal in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) reared in earthen ponds / E. O. Ogello et al. *Journal of applied aquaculture*. 2017. Vol. 29, no. 1. P. 81–99. URL: <https://doi.org/10.1080/10454438.2016.1275074>
14. ДСТУ ISO 6496:2005 Корми для тварин. Визначення вмісту вологи та інших летких речовин. Чинний від 01.07.2006. Київ: Держстандарт України, 2006. 16 с.
15. ДСТУ ISO 6492:2003 Корми для тварин. Визначення вмісту жиру (ISO 6492:1999, IDT). Чинний від 01.07.2005. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 16 с.

16. ДСТУ 7169:2010 Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначання вмісту азоту й сирого протеїну. Чинний від 01.07.2011. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 16 с.

17. ДСТУ ISO 5985:2004 Корми для тварин. Визначення вмісту сирого золи, нерозчинної в соляній кислоті (ISO 5985:2002, IDT). Чинний від 01.01.2006. Київ: Держстандарт України, 2006. 16 с.

18. ДСТУ 8844:2019 Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення сирого клітковини. Чинний від 01.09.2020. Київ: Держспоживстандарт України, 2020. 16 с.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 633.14 : 633.352.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.25>

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ АГРОЦЕНОЗІВ ЖИТА ОЗИМОГО З ГОРОШКОМ ПАННОНСЬКИМ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ СИРОВИНИ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ СІНАЖУ

Жук М.М. – аспірант,

Національний науковий центр «Інститут землеробства

Національної академії аграрних наук України»

orcid.org/0009-0004-8105-9967

Метою досліджень є вивчення впливу технологічних заходів вирощування агроценозів жита озимого гібридного з горошком паннонським на якісні показники сировини для заготівлі сінажу.

Методи. Польовий, лабораторний, розрахунково-порівняльний.

Результати. Встановлено, що найвищі показники вмісту сирого протеїну у біомасі формувалися за умов підвищеної частки бобового компонента – на рівні 50 та 75% від повної норми висіву в одновидових посівах. У цих варіантах вміст протеїну становив відповідно 10,5–19,3% та 10,6–19,4% і залежав від застосованої системи удобрення. У посівах жита без включення горошку паннонського цей показник був нижчим і змінювався в межах 7,10–18,4%, що зумовлювалося впливом передпосівної обробки насіння та рівнем мінерального живлення.

У контрольному варіанті без обробки насіння вміст сирого протеїну становив 7,10–17,8%, тоді як при поєднанні стимулятора росту Вітазім з мікробіологічним препаратом БіоЕксперт цей показник зростав до 8,60–19,4% залежно від складу травосумішок і рівня удобрення.

Доведено вагомий вплив мінерального живлення на формування протеїновості корму. Зокрема, за відсутності добрив вміст сирого азотовмісних сполук перебував у межах 7,10–8,60%, тоді як внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{24}K_{24}$ забезпечувало його підвищення до 16,9–18,4% залежно від варіанта передпосівної обробки насіння. Вміст сирової клітковини перебував у зворотній залежності від вмісту сирого протеїну. **Висновки.** Таким чином, серед технологічних заходів вирощування жита озимого гібридного на кормові цілі, збільшення вмісту сирого протеїну, а отже і підвищення поживної цінності досягається проведенням передпосівної обробки насіння мікробіологічним препаратом БіоЕксперт та стимулятором росту Вітазім, включенням горошку паннонського в травосумішку та удобренням $N_{90}P_{24}K_{24}$ – 19,0–19,5% залежно від компонентного складу агроценозу.

Ключові слова: жито озиме, горошок паннонський, кормові травосумішки, якість корму.

Zhuk M.M. Influence of technological measures in cultivation of agroecosystems of winter rye with Hungarian Vetch on the quality indicators of raw materials for hylagen processing

The purpose of the research is to study the influence of technological measures for growing agroecosystems of Winter hybrid rye with Hungarian vetch on the quality indicators of raw materials for hay production.

Methods. Field, laboratory, computational and comparative.

Results. It was established that the highest indicators of crude protein content in biomass were formed under conditions of an increased share of the legume component – at the level of 50 and 75% of the full seeding rate in single-species crops. In these variants, the protein content was 10.5–19.3% and 10.6–19.4%, respectively, and depended on the applied fertilizer system. In rye crops without the inclusion of Hungarian vetch, this indicator was lower and varied within 7.10–18.4%, which was due to the influence of pre-sowing seed treatment and the level of mineral nutrition.



© Жук М.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

In the control variant without seed treatment, the crude protein content was 7.10–17.8%, while when combining the Vitazym growth stimulator with the BioExpert microbiological preparation, this indicator increased to 8.60–19.4%, depending on the composition of the grass mixtures and the level of fertilizer.

A significant influence of mineral nutrition on the formation of protein content of the feed has been proven. In particular, in the absence of fertilizers, the content of crude nitrogen-containing compounds was within 7.10–8.60%, while the application of mineral fertilizers in the dose of $N_{90}P_{24}K_{24}$ ensured its increase to 16.9–18.4%, depending on the variant of pre-sowing seed treatment. The content of crude fiber was inversely related to the content of crude protein.

Conclusions. Thus, among the technological measures for growing hybrid winter rye for feed purposes, increasing the content of crude protein, and therefore increasing the nutritional value, is achieved by pre-sowing seed treatment with the microbiological preparation BioExpert and the growth stimulator Vitazym, growing Hungarian vetch in a grass mixture and fertilizing with $N_{90}P_{24}K_{24}$ – 19.0–19.5% depending on the component composition of the agroecosystem.

Key words: winter rye, hungarian vetch, feed grass mixtures, feed quality, fertilizer.

Постановка проблеми. Забезпеченість населення продовольством є визначальним індикатором соціально-економічного розвитку країни. Питання виробництва достатньої кількості харчових продуктів у всі історичні періоди залишалося актуальним і має глобальне значення. Провідну роль у його вирішенні відіграє тваринництво, однак упродовж останніх років в Україні спостерігається зниження економічної ефективності галузі та істотне скорочення обсягів виробництва [1].

Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України «Деякі питання продовольчої безпеки» від 5 грудня 2007 р. № 1379, частка продуктів тваринного походження у добовому раціоні населення має становити не менше 55%. Водночас аналітичні оцінки свідчать, що за більшістю визначених критеріїв Україна не досягає встановлених показників продовольчої безпеки. Незважаючи на реалізацію заходів державної підтримки, рівень виробництва продукції тваринництва у розрахунок на одну особу залишається нижчим порівняно з розвиненими країнами і не відповідає раціональним нормам споживання [2].

В той же час, рівень продовольчої безпеки країни, повноцінність раціону населення та стан здоров'я людей значною мірою залежать від достатнього забезпечення продуктами тваринного походження, зокрема м'ясом, молоком і яйцями. Водночас упродовж останніх десятиліть в Україні спостерігається тенденція до зниження обсягів виробництва продукції тваринництва, що зумовлено впливом комплексу чинників. Однією з ключових причин є дефіцит високоякісних кормів, який істотно обмежує ефективність функціонування галузі тваринництва [3].

Таким чином, забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу неможливе без відновлення та підвищення ефективності функціонування тваринницької галузі як ключового елементу продовольчої безпеки. На сьогодні Україна суттєво відстає від економічно розвинених держав за рівнем споживання м'яса і молока, що обумовлює необхідність значного імпорту цієї продукції [3].

Однією з базових передумов результативного розвитку тваринництва є формування науково обґрунтованої системи виробництва повноцінних і якісних кормів. Досягнення цієї мети безпосередньо залежить від ефективного функціонування польового кормовиробництва, зокрема вирощування однорічних кормових сумішок [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх десятиліть поряд із якими однорічними бобово-злаковими кормовими культурами дедалі більшого поширення набувають озимі сумішки, сформовані за участю вики (горошку) паннонського у поєднанні зі злаковими компонентами [5–6]. Горошок паннонський (*Vicia pannonica* Crantz) характеризується високою екологічною пластичністю

та здатністю адаптуватися до різних умов вирощування, що особливо важливо в умовах сучасних кліматичних змін [7]. Водночас ця культура практично не використовується у чистих посівах, оскільки через тонке й недостатньо міцне стебло схильна до вилягання, що призводить до істотного зниження врожайності [8]. У зв'язку з цим основне її призначення полягає у формуванні змішаних посівів із озимими злаками (житом, тритикале) для вирощування у проміжних агроценозах [9-12]. Завдяки своїм біологічним особливостям, сумішки горошку паннонського із злаковими культурами переважно використовують як проміжні посіви: їх висівають восени, а врожай збирають у квітні–травні. Це дає можливість ефективно використовувати площі та отримувати два врожаї протягом одного вегетаційного періоду. Після збирання таких посівів, залежно від агрокліматичних умов, на цих площах можуть вирощуватися культури з коротким періодом вегетації, зокрема кукурудза, соя, гречка та інші [13]. В Україні проведено значний обсяг досліджень, спрямованих на оптимізацію складу сумішок озимих кормових культур, що дозволило визначити найбільш ефективні технологічні моделі для впровадження у виробництво [14-15].

Щодо удобрення, то озимі агроценози при внесенні $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечують урожайність листостеблової маси на рівні 42,0–46,2 т/га, вихід сухої речовини – 7,51–8,77 т/га, а сирого протеїну – 1,04–1,29 т/га [15-17].

В останні роки на ринку України з'явилася нова культура – жито озиме гібридне, яке відрізняється за своїми біологічними особливостями та кормовою цінністю та набуває популярності серед сільськогосподарських товаровиробників [18].

Тому метою наших досліджень було вивчити вплив технологічних заходів вирощування агроценозів жита озимого з горошком паннонським на якісні показники сировини для заготівлі сінажу

Матеріал і методика досліджень. Дослідження із вивчення питання впливу передпосівної обробки насіння жита озимого гібридного на його біометричні показники проводилися ННЦ «Інститут землеробства НААН» в умовах західного Лісостепу на полях ТОВ «Аграрна Марка» Тернопільського району Тернопільської області протягом 2023–2025 рр.

Виходячи із мети досліджень, вирішення намічених програмою завдань проводилось в одному двофакторному досліді, де на агрофітоценозах жита озимого гібридного КВС Прокас F1 з горошком паннонським вивчалися різні способи передпосівної обробки насіння: *Фактор А* – травосумішки: 1. Жито озиме, 100% (2,0 млн/га); 2. Жито озиме, 75% + горошок панонський, 25%; 3. Жито озиме, 50% + горошок панонський, 50%; 4. Жито озиме, 25% + горошок панонський, 75%. *Фактор В* – обробка насіння: 1. Без обробки (контроль); 2. Мікробіологічний препарат Біоексперт; 3. Стимулятор росту Вітазім; 4. Біоексперт + Вітазім. *Фактор С* – удобрення: 1. Контроль; 2. $N_{60}P_{24}K_{24}$; 3. $N_{90}P_{24}K_{24}$

Площа посівної ділянки – 75 м², облікової – 60 м². Повторність дослідів триразова. Польові дослідження проводилися відповідно загальноприйнятих методик з кормовиробництва та лукивництва [19].

Результати досліджень. При вирощуванні кормових культур найважливішим показником є якісні показники вирощеного корму, (табл. 1).

Нашими дослідженнями встановлено, що в середньому за роки досліджень, найвищий вміст сирого протеїну в біомасі був на варіантах із високою нормою висіву бобового компонента 50 та 75% від повної норми висіву у одновидовому посіві – 10,5–19,3 та 10,6–19,4% залежно від удобрення. На варіантах із вирощуванням жита в одновидовому посіві вміст сирого протеїну становив 7,10–18,4%

залежно від передпосівної обробки насіння та удобрення. Порівняльна оцінка застосування препаратів під час підготовки насіння до сівби вказує на доцільність їх сумісного використання.

Таблиця 1
Хімічний склад корму озимих проміжних культур, (в середньому 2024–2025 рр.)

Травосу- мішки*	Обробка насіння	Варіанти удобрення					
		Контроль		N ₆₀ P ₂₄ K ₂₄		N ₉₀ P ₂₄ K ₂₄	
		Сирий протеїн, %	Сира клітко- вина, %	Сирий протеїн, %	Сира клітко- вина, %	Сирий протеїн, %	Сира клітко- вина, %
Жито 100%	Контроль (без обробки)	7,3	29,0	12,6	28,4	17,1	27,7
	Мікробіологічний препарат Біоексперт	7,6	29,2	12,9	28,4	17,4	27,5
	Стимулятор росту Вітазим	8,1	29,0	13,6	28,6	17,9	27,3
	Біоексперт + Вітазим	8,8	28,4	15,1	28,3	18,5	27,1
Жито 75%, горошок паннонський 25%	Контроль (без обробки)	10,4	28,5	13,5	27,9	17,3	27,2
	Мікробіологічний препарат Біоексперт	10,6	28,3	13,8	28,3	17,7	27,1
	Стимулятор росту Вітазим	10,8	28,3	14,2	28,1	18,1	27,1
	Біоексперт + Вітазим	11,5	28,2	15,5	27,7	19,0	27,0
Жито 50%, горошок паннонський 50%	Контроль (без обробки)	10,6	28,2	13,7	27,8	17,7	27,0
	Мікробіологічний препарат Біоексперт	10,7	28,1	14,1	28,0	18,0	26,7
	Стимулятор росту Вітазим	11,0	28,2	14,6	27,9	18,4	26,5
	Біоексперт + Вітазим	11,6	27,6	15,6	27,5	19,4	26,5
Жито 25%, горошок паннонський 75%	Контроль (без обробки)	10,7	27,9	13,9	27,6	17,9	26,7
	Мікробіологічний препарат Біоексперт	10,7	27,9	14,3	27,8	18,1	26,7
	Стимулятор росту Вітазим	11,2	28,1	14,9	27,6	18,6	26,3
	Біоексперт + Вітазим	12,0	28,7	15,9	27,2	19,5	26,8
Горошок паннонський 100%	Контроль (без обробки)	15,3	29,7	15,6	28,3	16,1	27,2
	Мікробіологічний препарат Біоексперт	15,5	29,8	15,9	28,3	16,4	26,9
	Стимулятор росту Вітазим	15,6	29,6	16,1	28,2	16,6	26,9
	Біоексперт + Вітазим	15,9	28,6	16,4	27,7	16,9	26,4

*Відсоток від повної норми висіву у одновидовому посіві

Так на контролі без проведення обробки вміст сирого протеїну становив 7,10–17,8%, а при використанні стимулятора росту Вітазим та мікробіологічного препарату БіоЕксперт зазначений підвищився до рівня 8,60–19,4% залежно

від компонентного складу травосумішки та удобрення. На контролі без добрив зазначений показник був на рівні 7,10–8,60%, а при внесенні $N_{90}P_{24}K_{24}$ спостерігалося зростання вмісту сирого протеїну до 16,9–18,4% залежно від передпосівної обробки насіння.

Вирощування горошку паннонського в одновидовому посіві з точки зору накопичення сирого протеїну є неефективним, оскільки внаслідок вилягання рослин, відбувається загнивання листків і як наслідок зниження вмісту сирого протеїну, який становив 15,2–16,8%, що виявилось значно нижчим показником ніж в бінарних сумішках із житом озимим гібридним.

Вміст сирої клітковини в кормі був на рівні 29,2–26,5% залежно від варіанту досліду. Найнижча його кількість зафіксована на варіантах із високим вмістом бобового компонента у одновидовому посіві та в сумішці із житом озимим гібридним, де норма висіву бобового компонента становила 75%, а жита 25% – 26,5–28,0%.

Серед досліджуваних способів удобрення кращими виявилися варіанти із внесенням $N_{90}P_{24}K_{24}$ – 26,5–27,1% залежно від складу травосумішки та передпосівної обробки насіння

В середньому за два роки найвищий вміст сирого протеїну 19,5% був на варіанті де висівалася сумішка жита 25% з горошком паннонським 75%.

Висновки. Таким чином, серед технологічних заходів вирощування жита озимого гібридного на кормові цілі, збільшення вмісту сирого протеїну, а отже і підвищення поживної цінності досягається проведенням передпосівної обробки насіння мікробіологічним препаратом БіоЕксперт та стимулятором росту Вітазім, велюченням горошку паннонського в травосумішку та удобренням $N_{90}P_{24}K_{24}$ – 19,0–19,5% залежно від компонентного складу агроценозу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лихопій В.І. Актуальні проблеми та перспективи розвитку тваринництва в Україні. Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Вип. 2. Т.3. Економічні науки. Полтава : ПДАА. 2011. С. 325-328.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.12.2007 № 1379 «Деякі питання продовольчої безпеки». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1379-2007-%D0%BF#Text> (Дата звернення 20.04.2026).
3. Лупенко Ю.О., Месель-Веселяк В.Я. Стратегічні напрями розвитку сільськогосподарства України на період до 2020 року. К.: ННЦ “ІАЕ”, 2012. 182 с.
4. Петриченко В.Ф. Теоретичні основи інтенсифікації кормовиробництва в Україні. Вісник аграрної науки. Київ. 2007. № 10. С. 19– 22.
5. Бовсуновська О.В. Формування кормової продуктивності бінарних сумішей горошку посівного паннонського із тритикале озимим залежно від елементів технології вирощування в Лісостепу правобережного. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Том 10, № 1-2. С. 87-93. doi: 10.31548/bio2018.01.011.
6. Бовсуновська О.В. Критерії оцінки накопичення сухої речовини рослинами озимих культур у Лісостепу Правобережного. Вісник аграрної науки. 2018. № 7. С. 79-84. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201807-12>
7. Сайко В.Ф. Землеробство в контексті змін клімату. *Збірник наукових праць Національного наукового центру “Інститут землеробства УААН”* К.: ВД “ЕКМО”, 2008. Спецвипуск. С. 3–14
8. Kusvuran A., Kaplan M., and Nazli R.I. Intercropping of Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.) and barley (*hordeum vulgare*) under different plant varieties and mixture rates. *Legume research*. 2014. 37 (6). P. 590–599.
9. Захлебна Т. Змішаний посів озимих проміжних культур як спосіб отримання високоякісного зеленого корму, сіна та силосу. *Корми та кормовиробництво*. 2021. № 91, С. 116-123. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202191-10>

10. Гетман Н.Я. Дослідження інновацій в кормовиробництві – горошок паннонський *Vicia rannonica crantz*). Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 22 (3). С. 45-55. DOI:10.37128/2707-5826-2021-3-4
11. Гетман Н.Я. Порівняльна оцінка продуктивності агрофітоценозів з горошком посівним залежно від гідротермічних ресурсів. Сільське господарство та лісівництво. 2023. № 4 (31). С. 48-57. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-4-4
12. Козленко О.М. Векленко Ю.А., Гетман Н.Я., Захлебна Т.П. Наукові основи формування високої продуктивності польових кормових культур у збалансованих агрофітоценозах. Кормові ресурси польових агроєкосистем: монографія. Київ: Аграрна наука. 2023. С. 205-357.
13. Петриченко В.Ф., Камінський В.Ф., Патики В.П. Бобові культури і сталий розвиток агроєкосистем. *Корми і кормовиробництво*. 2003. Вип. 51. С. 3–6.
14. Гетман Н.Я., Векленко Ю.А., Захлебна Т.П., Ксенчіна О.Н. Зміна ростових процесів однорічних культур залежно від способу обробітку, норми висіву та удобрення. *Корми та кормовиробництво*. 2019. (87), 43-48. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo201987-07>
15. Hetman, N., Veklenko, Yu., Petrychenko, V., Korniiichuk, O., & Buhaiov, V. Agrobiological substantiation of growing Hungarian vetch in mixed crops. *Scientific Horizons*, 27(4), 2024, 61-75. <https://doi.org/10.48077/scihor4.2024.61>
16. Гетман Н.Я., Бугайов В.Д., Лілик Т.В., Іскра О.В., Василенко Р.М., Степанова І.М. Продуктивність сумішей горошку паннонського з тритикале озимим залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82. С. 96–101.
17. Гетман Н.Я., Іскра О.В. Вирощування тритикале озимого з горошком паннонським у проміжних посівах. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 68–73.
18. Каталог гібридів озимого жита KWS. URL: https://www.kws.com/ua/media/katalog-gibrydiv-ozumogo-zhyta_2025.pdf (Дата звернення 20.04.2026)
19. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин: [під редакцією А. О. Бабича.] Вінниця, 1998. 78 с.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 636.4.087.7:612.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.26>

ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТУ ТА ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СВИНЕЙ НА ДОРОЩУВАНІ ЗА ЗГОДОВУВАННЯ КОРМОВОГО ПІДКИСЛЮВАЧА «КОРМОЦИД»

Загамула Ю.І. – аспірант кафедри технології розведення, виробництва
та переробки продукції тваринництва,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0009-0001-7197-1504

Огороднічук Г.М. – к.с.-г.н., доцент,

завідувач кафедри технології розведення, виробництва та переробки продукції
дрібних тварин,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-9398-2036

Використання підкислювачів у годівлі сільськогосподарських тварин, є одним із важливих стратегічних напрямків підвищення їх продуктивності та покращення стану здоров'я. Метою наших досліджень було встановити вплив кормового підкислювача «Кормоцид» на інтенсивність росту та гематологічні показники помісних поросят на дорощуванні. Досліджувана кормова добавка-підкислювач «Кормоцид» виробляється ДП «Ензим», Україна. Це – високоякісний підкислювач на основі 5 органічних кислот (мурашина, пропіонова, молочна, лимонна, аскорбінова). Сума органічних кислот у готовому продукті становить не менше 50 %.

Експеримент було проведено на чотирьох групах-аналогах свиней на дорощуванні, по 14 голів у кожній, отриманих від схрещування свиноматок великої білої породи з кнурами породи ландрас. Дослідні групи свиней формували з урахуванням походження, живої маси, віку та статті. Контрольна група свиней під час зрівняльного та основного періодів споживала основний раціон – повнораціонний комбікорм ТМ «Цехавіт». Дослідним групам додатково до основного раціону згодовували різні дози кормової добавки-підкислювача «Кормоцид». Тривалість зрівняльного та основного дослідного періодів становила відповідно 10 та 45 діб.

Встановлено, що додавання до раціону свиням на дорощуванні кормової добавки-підкислювача «Кормоцид» у дозі 1, кг/1т комбікорму дозволяє підвищити живу масу та на 1,88 кг або на 5,7 % та знизити витрати кормів на одиницю приросту порівняно з контрольними аналогами.

Додавання підкислювача корму «Кормоцид» сприяє збільшенню вмісту еритроцитів та гемоглобіну в крові піддослідних тварин четвертої групи на 8,3 % та 4,6 % порівняно з контролем.

Введення добавки-підкислювача молодняку свиней на дорощуванні, сприяє збільшенню вмісту загального білка у сироватці крові свиней четвертої дослідної групи на 8,5 %, підвищенню активності АЛАТ, у 2-й дослідній групі на 7,4 %, у 3-й – на 6,4 % та у 4-й – на 9,6 % та збільшенню концентрації кальцію на 9,6 % у тварин четвертої групи порівняно з контрольними аналогами.

Ключові слова: кормова добавка, підкислювач «Кормоцид», дорощування, свині, жива маса, витрати кормів, гематологічні показники, біохімічні показники.

Zahamula Yu.I., Ohorodnichuk H.M. Growth intensity and hematological parameters of pigs during the rearing period when fed the feed acidifier “Kormocid”

The use of acidifiers in feeding farm animals is one of the important strategic directions for increasing their productivity and improving their health status. The aim of our research was to determine the effect of the feed acidifier «Kormocid» on growth intensity and hematological



parameters of crossbred piglets during the rearing period. The studied feed additive acidifier «Kormocid» is produced by SE «Enzyme», Ukraine. It is a high-quality acidifier based on five organic acids (formic, propionic, lactic, citric, and ascorbic). The total content of organic acids in the finished product is at least 50%.

The experiment was conducted on four analogous groups of pigs during the rearing period, with 14 animals in each group, obtained by crossing Large White sows with Landrace boars. The experimental groups of pigs were formed taking into account origin, live weight, age, and sex. During both the equalization and main periods, the control group consumed the basal diet – a complete compound feed «Isekhavit». The experimental groups were additionally fed different doses of the feed acidifier «Kormocid» along with the basal diet. The duration of the equalization and main experimental periods was 10 and 45 days, respectively.

It was established that adding the feed acidifier «Kormocid» at a dose of 1 kg per 1 ton of compound feed to the diet of pigs during the rearing period increased live weight by 1.88 kg, or 5.7%, and reduced feed consumption per unit of gain compared to the control group.

The addition of the feed acidifier «Kormocid» contributed to an increase in erythrocyte count and hemoglobin content in the blood of animals in the fourth experimental group by 8.3% and 4.6%, respectively, compared to the control.

The inclusion of the acidifier in the diet of growing pigs contributed to an increase in total protein content in the blood serum of pigs in the fourth experimental group by 8.5%, an increase in ALT activity in the second experimental group by 7.4%, in the third group by 6.4%, and in the fourth group by 9.6%, as well as an increase in calcium concentration by 9.6% in animals of the fourth group compared to the control counterparts.

Key words: feed additive, acidifier «Kormocid», rearing period, pigs, live weight, feed consumption, hematological parameters, biochemical parameters.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день для підтримки корисної мікрофлори шлунково–кишкового тракту сільськогосподарських тварин використовують багато препаратів рослинного та мікробного походження. Особливе місце серед яких займають підкислювачі. Сприятливий вплив цих препаратів доведено чисельними дослідженнями вітчизняних та зарубіжних вчених [5, 7, 17, 18, 22].

Важливість здоров'я шлунково–кишкового тракту тварин, яке пов'язано з добре збалансованою його мікрофлорою, вважається основою для ефективного та екологічно чистого тваринництва. Ця мікрофлора надзвичайно важлива для захисту тварини від вторгнення патогенних інфекцій, особливо у різних стресових ситуаціях.

Підкислювачі – органічні кислоти й солі в синергічній комбінації. Вони оптимізують процеси травлення, обміну і використання поживних речовин, підвищують природну резистентність тварин і птиці, покращують кількісні та якісні показники їх продуктивності. За додавання в корм знижують рівень кислотності в шлунку, тим самим покращують перетравність кормів і попереджають виникнення діареї [8, 14, 19, 20].

Підкислювачі знижують значення рН корму, тим самим створюють оптимальні умови для перетравлення білків і істотно зменшують навантаження на шлунок. Підкислювачі виконують багато функцій, які не завжди безпосередньо відносяться до годівлі тварин, але важливі для її оптимізації та безпеки. Тому одним з ефективних способів обмеження зростання патогенної мікрофлори є створення несприятливого середовища для патогенів, через підвищення кислотності корму [15].

Кислоти (лимонна, мурашина, оцтова, пропіонова, янтарна) мають консервуючу дію, оскільки гальмують або пригнічують розмноження небажаних мікроорганізмів у кормах. Доцільно у корми додавати суміші кислот, щоб повніше використовувати різноманітний спектр їх дії проти мікроорганізмів [1].

О.М. Бучко [3] досліджено, що додавання мурашиної кислоти до стандартного раціону поросят з 10- і до 40-добового віку стимулює дихальну функцію крові, клітинну ланку імунітету, посилює енергетичні та анаболічні процеси, підвищує середньодобові прирости і збереженість.

Встановлено, що органічні кислоти підвищують перетравність корму та інтенсивність росту тварин, їх багатоплідність, збереження новонародженого молодняку, мають антиоксидантну і нейротропну дію, нормалізують енергетичний обмін, загальний фізіологічний стан тварин, посилюють процеси біосинтезу. Підкислення корму підвищує шлунковий протеоліз, перетравлення протеїну та амінокислот. Аніони кислот створюють комплекси з Ca, P, Mg, Zn, що сприяє засвоєнню цих мінералів. У свиней найсильніший ефект у разі їх додавання до раціону за зниження рН і антимікробної дії встановлено в шлунку і тонкому кишечнику [11].

Завдяки додаванню біологічно активної кормової добавки гумілід до стандартного раціону свиноматок і поросят у критичні періоди онтогенезу в їх організмі посилюються енергетичні та анаболічні процеси, підвищуються показники продуктивності та збереженості. Установлено, що гумілід має пролонговану дію – підтримує обмін речовин в організмі на вищому рівні навіть після припинення його згодовування, що є позитивним для тварин під час впливу на них різноманітних стресових чинників [2].

Встановлено, що добавка гумілід нормалізує концентрацію глюкози, підвищує вміст загального білка, активність лужної фосфатази, аспартатамінотрансферази та аланінамінотрансферази в крові тварин у межах фізіологічної норми, підвищує продуктивність і збереженість поросят.

Експериментально встановлено оптимальний рівень включення рідкого підкислювача на основі молочної кислоти з додаванням мінеральних елементів до комбікорму перепелів м'ясного напряму продуктивності віком 1–49 діб у кількості 0,3 мл/100 г, завдяки чому отримані найвищі показники продуктивності: збільшення живої маси на 6,8–8,7 % (у період 7–49 діб), середньодобового приросту на 4,9–10,5 % (у період 1–35 діб), маси патраної тушки на 6,7–7,6 %, збільшення маси істивних частин: грудних м'язів на 7,6–9,1 %, м'язів нижніх кінцівок на 8,2–10,4 % та зменшення витрат корму на 1 кг приросту на 2,3–6,0 % [7].

Органічні кислоти покращують смакові якості корму, знижують рівень рН у шлунково-кишковому тракті тварин, активують травні ферменти та пригнічують ріст патогенних мікроорганізмів, зберігаючи при цьому корисну мікрофлору. Ці кислоти покращують метаболізм, покращують засвоєність корму та прискорюють ріст. Крім того, органічні кислоти підтримують загальне здоров'я птиці, що є ключовим фактором, що впливає на продуктивність і, як наслідок, на економічні показники та прибутковість птахівництва [16].

Органічні кислоти, крім підкислення, можуть відігравати метаболічну роль, покращуючи трофіку слизової оболонки кишечника та модулюючи загальний метаболізм, особливо коротколанцюгових жирних кислот та кислот циклу Кребса. Після недавньої заборони на використання антибіотиків як стимуляторів росту в ЄС, використання органічних кислот у годівлі свиней і птиці є перспективною альтернативою. Проте вплив органічних кислот на продуктивність свиней та птиці значно варіює, тому потрібні подальші дослідження для кращого розуміння механізму їх дії та ефективності цих сполук [13].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У останні роки проведено чи мало досліджень щодо використання органічних кислот у тваринництві як кормових кислотних регуляторів. Однією з основних умов використання органічних кислот

є високий ступінь електролітичного дисоціювання, що характерно для середовища травного тракту. Серед таких кислот особливо позитивний ефект має молочна кислота, яка знайшла широке застосування не лише як кислотний регулятор, ароматизатор і консервант, але й як природний стимулятор продуктивності тварин, сприяє розвитку ворсинок кишечника, є дезінфікуючим і лікувальним засобом [3].

Доведено, що застосування 2 % водорозчинного концентрату на основі молочної кислоти «Оптілак» сприяло тенденції покращення багатоплідності свиноматок до 4–8 %, маси гнізда при відлученні у 45 діб до 10–12 %, збільшило приріст живої маси поросят сисунів до 18 %, а також показник їх збереженості – до 4 % [10].

Піддослідні тварини, які отримували препарат «Кроноцид-Л» протягом першого етапу основного періоду (75–110 діб) та другого етапу основного періоду (111–165 діб), переважали свиней контрольної групи за живою масою відповідно на 5,9 та 7,4 %, середньодобовим приростом за весь період відгодівлі на 9,5 % ($P < 0,05$). Введення свиням препарату «Кроноцид-Л» сприяє підвищенню у крові еритроцитів на 6,6 % ($P < 0,01$), еозинофілів на 12,7 % ($P < 0,05$), нейтрофілів паличкоядерних і сегментоядерних відповідно на 5,7 % ($P < 0,01$) і 8,09 % ($P < 0,05$) порівняно з контрольною групою. Водночас під впливом кормової добавки спостерігається тенденція до підвищення вмісту загального білка та вірогідне збільшення альбумінів на 14,1 % ($P < 0,01$) [9].

Експериментальним шляхом встановлено, що додавання підкислювача (19 % мурашиної кислоти + 19 % оцтової кислоти + 3,5 % пропіонової кислоти + 15 % молочної кислоти) у питну воду відлучених поросят, значно покращує середньодобовий приріст маси тіла та середньодобове споживання корму. Крім того, також виявлено, що додавання підкислювачів у питну воду значно покращує загальну антиоксидантну здатність сироватки крові у відлучених поросят. Додавання підкислювача у питну воду збільшує відносну чисельність Firmicutes та Lactobacillus у кишківнику свиней та покращує структуру кишкової флори свиней. Ці результати також демонструють потенціал підкислювачів як альтернативу антибіотикам для стимулювання росту відлучених поросят, поліпшення антиоксидантної здатності та поліпшення кишкової мікрофлори [21].

Для кращого розуміння механізму дії підкислювачів на організм тварин, велике значення має визначення морфологічних та біохімічних показників крові у тварин. У адаптації, що відбуваються в організмі свиноматок і поросят, велике стратегічне значення має визначення інтенсивності білкового обміну в плазмі крові тварин у найкритичніші періоди їх розвитку.

Біохімічні показники є одним із найпоширеніших інструментів оцінки гомеостазу організму. Зміна рівня навіть одного з них може слугувати, як свідчення порушень обміну речовин і розвитку захворювань, виступаючи індикаторами, або бути результатом впливу змін умов утримання, навколишнього середовища чи інших факторів. Помітне покращення біохімічних показників крові сільськогосподарських тварин, за введення до раціону підкислювачів виявлено у дослідженнях [2, 9, 20, 22, 23].

Мета дослідження – встановити вплив кормового підкислювача «Кормоцид» на інтенсивність росту та гематологічні показники помісних поросят на дорощуванні.

Матеріал і методи дослідження. Для вирішення поставленої мети в умовах ФГ «Щербич», Вінницької області було проведено науково-господарський дослід на помісних свинях (Велика біла х Ландрас). Дослід проводився за методом

груп-аналогів [6]. Після відлучення у 28-добовому віці відібрали 56 голів свиней, з яких сформували 4 групи – контрольну і 3 дослідних, по 14 голів у кожній. Групи формували з урахуванням походження, живої маси, віку та статті.

Схема науково-господарського досліді з використання в раціонах помісних свиней на дорощуванні кормової добавки «Кормоцид» представлена у таблиці 1.

Таблиця 1

Схема науково-господарського досліді

Група	Тривалість періоду, днів		Кількість голів у групі	Умови годівлі
	Зрівняльний	Основний		
1 контрольна	10	45	14	ОР*
2 дослідна	10	45	14	ОР*+препарат Кормоцид у дозі 0,5 кг/1т комбікорму
3 дослідна	10	45	14	ОР*+препарат Кормоцид у дозі 0,75 кг/1т комбікорму
4 дослідна	10	45	14	ОР*+препарат Кормоцид у дозі 1,0 кг/1т комбікорму

Примітка: *Основний раціон (комбікорм «Престартер» та «Стартер» відповідно періоду дорощування).

Кормова добавка «Кормоцид» – високоякісний підкислювач на основі 5 органічних кислот (мурашина, пропіонова, молочна, лимонна, аскорбінова). Сума органічних кислот у готовому продукті становить не менше 50 %. Виробник ДП «Ензим», Україна.

Експеримент тривав 55 діб і був поділений на 2 періоди: зрівняльний і дослідний. На початку досліді в зрівняльний період тварини отримували престартерний комбікорм ТМ «Цехавіт». Поживність такого раціону становила за обмінною енергією 2680,0 Ккал.

За досягнення тваринами живої маси 10 кг вони споживали стартерний комбікорм. Контрольна група під час зрівняльного та основного періодів отримувала основний раціон (ОР) – повнораціонний комбікорм ТМ «Цехавіт». Комбікорм складається з суміші зернових концентрованих кормів та містив у своєму складі за поживністю: пшениці – 27 %, ячменю – 20 %, кукурудзи – 28 %, Цехавіт Піг концентрат Стартер – 25 %. Поживність такого раціону становила за обмінною енергією 3192,6 Ккал.

Свині 2-ої дослідної групи додатково до основного раціону отримували кормову добавку-підкислювач «Кормоцид» у дозі 0,5 кг/1т комбікорму, тварини 3-ої експериментальної групи отримували препарат «Кормоцид» у дозі 0,75 кг/1т комбікорму, та свині 4-ої дослідної групи додатково до основного раціону отримували препарат «Кормоцид» у дозі 1,0 кг/1т комбікорму.

Усі піддослідні поросята утримувалися в одному приміщенні, вільним доступом до води. Основні параметри мікроклімату в приміщенні відповідали нормативним показникам.

Облік росту тварин здійснювали шляхом індивідуального зважування на початок і кінець зрівняльного та основного періодів. За результатами зважування визначали живу масу тіла, середньодобові, абсолютні та відносні прирости живої маси протягом досліді. Під час експерименту проводили облік з'їдених кормів та обраховували витрати комбікорму на 1 кг приросту.

Збереженість поголів'я контролювали щоденно за кількістю вибракуваних і загиблих тварин.

Показники крові: вміст еритроцитів, гемоглобіну, лейкоцитів, базофілів, еозинофілів, нейтрофілів, лімфоцитів, моноцитів, тромбоцитів, загального білка, альбумінів, кальцію фосфору та кольоровий показник визначали за методиками, викладеними в довіднику під редакцією В.В. Влізла [4].

Статистичну обробку цифрового матеріалу проведено за допомогою персонального комп'ютера з програмним забезпеченням.

Результати дослідження та обговорення. Динаміка росту свиней на вирощуванні за дії різних доз кормового підкислювача «Кормоцид» представлена на рисунку 1.

Установлено, що тварини усіх дослідних груп упродовж досліді мали високі темпи нарощування живої маси, характерні для помісних свиней.

На початку експерименту помісні свині контрольної та усіх дослідних груп у 28-денному віці не мали відмінностей за живою масою (8,19–8,34), що зумовлено початковим підбором за цим показником. Проте вже на кінець періоду дорощування найвища жива маса спостерігалася у тварин четвертої дослідної групи, які додатково до повноцінного раціону отримували кормову добавку «Кормоцид» у дозі 1,0 кг/1т комбікорму. За живою масою свині четвертої дослідної групи переважали своїх аналогів контрольної групи на 5,7 %, тоді як свиней другої та третьої дослідних груп жива маса була вищою відповідно на 4,65 та 3,6 %.

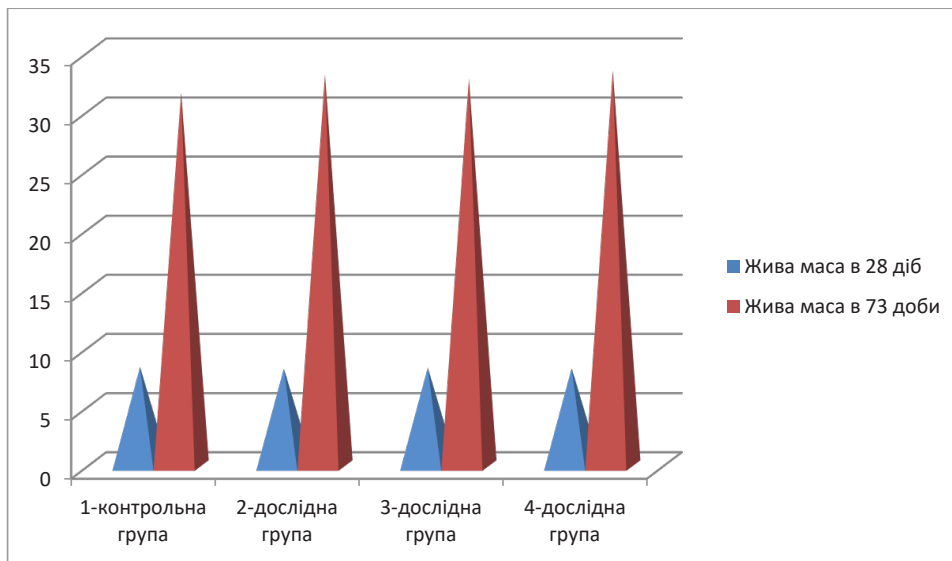


Рис. 1. Динаміка живої маси піддослідного молодняку свиней на дорощування за введення до раціону препарату «Кормоцид»

За додавання кормового підкислювача «Кормоцид» з розрахунку 1,0 кг/1т комбікорму витрати кормів на 1 кг приросту становлять 1,62 кг, що на 3,6 % менше порівняно з витратами кормів на 1 кг приросту у тварин 1-ої контрольної групи. Слід зауважити, що це найкращий результат серед усіх дослідних груп.

В організмі тварин кров виконує життєво важливі функції, а саме живлення, обмін газів, виділення, захисту, регулювання температури тіла та механічну. За показниками крові можна дати оцінку стану здоров'я та обмінну речовин. Результати досліджень морфологічних показників крові піддослідних тварин за різних доз кормового підкислювача «Кормоцид» представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

Морфологічні показники крові свиней на дорощуванні, ($M \pm m$, $n=4$)

Показник	Норма	Група			
		1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Еритроцити, Т/л	5,0-6,5	$5,21 \pm 0,06$	$5,27 \pm 0,08$	$5,32 \pm 0,07$	$5,68 \pm 0,08^*$
Гемоглобін, г/л	99-119	$117,7 \pm 6,40$	$117,4 \pm 5,31$	$118,3 \pm 7,14$	$123,4 \pm 6,25$
Лейкоцити, Г/л	8-16	$15,2 \pm 0,13$	$15,4 \pm 0,22$	$14,8 \pm 0,25$	$15,7 \pm 0,28$
ШОЕ, мм/год	2-9	$1,65 \pm 0,17$	$1,59 \pm 0,15$	$1,52 \pm 0,21$	$1,41 \pm 0,22$

Аналіз морфологічних показників крові підтверджує позитивний вплив згодовування кормового підкислювача «Кормоцид» свиням на дорощуванні. У тварин 4-ої дослідної групи, які споживали препарат Кормоцид у дозі 1,0 кг/1т комбікорму збільшився вміст еритроцитів на 8,3 % порівняно з контрольними аналогами. Поряд з цим у тварин четвертої дослідної групи спостерігалось підвищення рівня гемоглобіну на 5,7 г/л або на 4,6 %, у тварини другої та третьої дослідних груп показник гемоглобіну знаходився на рівні контрольних показників.

Вміст лейкоцитів у крові дослідних груп знаходиться в межах фізіологічної норми і суттєво не відрізняється, що свідчить про відсутність стресових реакцій організму на введення кормовий фактор та стабільний рівень імунітету.

Не спостерігається також значних змін між контрольною та дослідними групами за швидкістю осідання еритроцитів, що свідчить про відсутність запальних процесів у організмі тварин.

Отже, згодовування кормового підкислювача свиням на дорощуванні позитивно впливає на стан морфологічних показників крові.

Результати досліджень біохімічних показників крові піддослідних тварин за споживання добавки підкислювача «Кормоцид» представлено у таблиці 1.

Відомо, що біохімічні показники крові є важливим індикатором інтенсивності обмінних процесів та функціонального стану організму тварин.

Серед піддослідних груп найвищий вміст загального білка у сироватці крові порівняно з контролем відмічено у свиней четвертої дослідної групи (+8,5), які споживали добавку підкислювач «Кормоцид» в у дозі 1,0 кг/1т комбікорму. У другій та третій дослідних групах різниця була не значна і складала відповідно 2,8 та 1,8 %, що також свідчить про покращення білкового обміну.

Концентрація альбуміну в усіх групах залишалася відносно стабільною та коливалася в межах 46,7-47,7 г/л, що вказує на відсутність негативного впливу підкислювача на роботу печінки.

Введення добавки підкислювача «Кроноцид» до раціону молодняку свиней на дорощуванні пряло підвищенню активності АлАТ, у 2-й дослідній групі на 7,4 %, у 3-й – на 6,4 % та у 4-й – на 9,6 %. В той час, як активність АсАТ залишалася практично незмінною. Отримані дані свідчать про певне посилення метаболічного навантаження на печінку без ознак її патологічного ураження. Рівень білірубину

в сироватці крові свиней дослідних груп не зазнавав суттєвих змін і перебував у межах фізіологічної норми.

Таблиця 1

Біохімічні показники крові піддослідних тварин ($M \pm m$, $n=4$)

Показник	Група			
	1- контрольна	2- дослідна	3- дослідна	4-дослідна
Загальний білок, г/л	71,4 $\pm$ 5,11	73,5 $\pm$ 4,40	72,7 $\pm$ 2,60	78,1 $\pm$ 3,14
Альбумін, г/л	46,7 $\pm$ 2,21	46,9 $\pm$ 3,55	47,3 $\pm$ 3,01	47,7 $\pm$ 3,41
АЛАТ, од./л	42,3 $\pm$ 2,25	45,7 $\pm$ 1,94	45,2 $\pm$ 2,13	46,8 $\pm$ 3,33
АсАТ, од./л	45,6 $\pm$ 4,32	45,2 $\pm$ 3,45	46,0 $\pm$ 4,25	46,8 $\pm$ 3,37
Білірубін, мкмоль/л	6,9 $\pm$ 0,39	7,4 $\pm$ 0,51	7,1 $\pm$ 0,55	7,3 $\pm$ 0,63
Лужна фосфатаза, од/л	90,5 $\pm$ 8,22	88,9 $\pm$ 7,03	93,5 $\pm$ 5,33	94,2 $\pm$ 6,44
Холестерол, ммоль/л	4,1 $\pm$ 0,05	3,9 $\pm$ 0,07	4,0 $\pm$ 0,02	3,8 $\pm$ 0,06*
Глюкоза, ммоль/л	4,8 $\pm$ 0,04	4,7 $\pm$ 0,07	4,7 $\pm$ 0,08	4,9 $\pm$ 0,07
Креатинин, мкмоль/л	128,6 $\pm$ 6,41	130,3 $\pm$ 5,44	127,9 $\pm$ 8,17	133,0 $\pm$ 6,33
Сечовина, ммоль/л	5,68 $\pm$ 0,03	6,04 $\pm$ 0,05	5,97 $\pm$ 0,07*	6,06 $\pm$ 0,08*
Ca, ммоль/л	2,8 $\pm$ 0,05	2,9 $\pm$ 0,05	2,8 $\pm$ 0,09	3,1 $\pm$ 0,09*
P, ммоль/л	2,6 $\pm$ 0,04	2,6 $\pm$ 0,06	2,8 $\pm$ 0,04*	2,7 $\pm$ 0,07

Активність лужної фосфатази у 3-й та 4-й дослідних групах порівняно з контролем підвищувалася (до 93,5 та 94,2 од./л) відповідно, що може бути пов'язано з інтенсифікацією процесів росту та мінерального обміну.

Встановлено тенденцію до зниження концентрації холестеролу в крові свиней дослідних груп. Найнижче значення спостерігається у 4-й групі – 3,8 ммоль/л, що достовірно менше порівняно з контролем (на 7,8 %). Це свідчить про позитивний вплив підкислювача на ліпідний обмін.

За концентрацією глюкози та креатиніну в крові свиней не відмічено суттєвих змін відносно контрольних аналогів.

Водночас рівень сечовини у третій та четвертій дослідних групах достовірно підвищувався та становив 5,97 і 6,06 ммоль/л відповідно до контрольних показників, що може свідчити про посилення інтенсивності білкового обміну та ефективніше використання протеїну корму.

Аналіз мінерального складу крові показав, що за згодовування кормового підкислювача у 4-й дослідній групі достовірно підвищилася концентрація кальцію до 3,1 ммоль/л (на 9,6 % більше порівняно з контролем), а у 3-й дослідній групі достовірно збільшилася концентрація фосфору до 2,8 ммоль/л (на 7,1 % більше порівняно з контрольними аналогами), що свідчить про покращення засвоєння мінеральних речовин під впливом підкислювача.

Таким чином, додавання підкислювача «Кормоцид» до раціону молодняка свиней на дорощуванні сприяє покращенню білкового, мінерального та ліпідного обміну. Найбільш виражений позитивний ефект встановлено у тварин 4-ї дослідної групи, які отримували препарат у дозі 1,0 кг/1т комбікорму, що може свідчити про доцільність застосування даної дози підкислювача у раціонах свиней.

Висновки. Додавання до повноцінного раціону свиням на дорощуванні кормової добавки-підкислювача корму «Кормоцид» у дозі 1,0 кг/1т комбікорму дозволяє

підвищити інтенсивність росту тварин на 1,88 кг або на 5,7 %, а також знизити витрати кормів на одиницю приросту.

Згодовування добавки-підкислювача корму «Кормоцид» сприяє збільшенню вмісту еритроцитів та гемоглобіну в крові піддослідних тварин четвертої групи на 8,3 % та 4,6 % порівняно з контролем.

Установлено, що введення добавки-підкислювача корму «Кормоцид» молодняку свиней на дорощуванні, сприяє активації метаболічних механізмів в організмі, зокрема збільшився вміст загального білка у сироватці крові свиней четвертої дослідної групи на 8,5 %, підвищилася активність АЛАТ, у 2-й дослідній групі на 7,4 %, у 3-й – на 6,4 % та у 4-й – на 9,6 %, у 4-й дослідній групі достовірно підвищилася концентрація кальцію на 9,6 % порівняно з контрольними аналогами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бомко В.С., Сиваченко Є.В., Сметаніна О.В. Корми і кормові добавки та ефективність їх використання в годівлі тварин: навч. посібник. Біла Церква, 2023. 225 с.
2. Бучко О.М. Вплив добавки гумінової природи на показники білкового та енергетичного обміну в свиней. *Вісник аграрної науки*. 2015. С. 31-35.
3. Бучко О.М. Вплив мурашиної кислоти на обмін речовин в організмі поросят. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 3 (780). С. 25-29.
4. Влізло В. В., Федорук Р. С., Ратич І. Б. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині. Львів: Сполом, 2012. 64 с.
5. Демчишин О.В. Підбір кислот для створення підкислювачів у годівлі курчат бройлерів. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2017. № 83. С. 56-60.
6. Ібатуллін І.І., Жуковский О.М. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посібник. К.: Аграр. Наука, 2017. 328 с.
7. Ібатуллін І.І., Нечай Н.М., Дейнеко Р.М., Отченашко В.В. Ефективність застосування підкислювачів та пробіотика за вирощування молодняку перепелів. *Біологія тварин*. 2016. Т. 18, № 1. С. 33-39.
8. Молчанов А.А., Жукова О.І., Антіпін С.Л. Обґрунтування використання фітобіотиків для корекції захисних функцій організму свиней. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2016. Т. 18, № 1 (65), ч. 3. С. 45-52.
9. Огороднічук Г., Разанова О., Скоромна О., Фаріонік Т. Продуктивність та гематологічні показники свиней за згодовування препарату «Кроноцид-Л». *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2023. Т. 25, № 99. С. 42-47. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9907>
10. Семенов С.О., Троценко З.Г., Білик Л.Г., Отченашко В.В. Новий вітчизняний біопротектор на основі молочної кислоти для свиноматок і приплоду. *Свинарство*. 2014. С. 224-232.
11. Ahmed S.T., Hwang J.A., Hoon J., Mun H.S., Yang C.J. Comparison of single and blend acidifiers as alternative to antibiotics on growth performance, fecal microflora, and humoral immunity in weaned piglets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2014. Vol. 27, № 1. P. 93-100. DOI: 10.5713/ajas.2013.13411
12. Gerzilov V., Hristakieva P. Organic acids supplementation in poultry nutrition: a review. *Open Veterinary Journal*. 2025. 15(8). P. 3448-3458. DOI: 10.5455/OVJ.2025.v15.i8.8
13. Giannenas I.A. Organic acids in pig and poultry nutrition. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 2006. 57(1). P. 51-62.
14. Kil D.Y., Kwon W.B., Kim B.G. Dietary acidifiers in weanling pig diets: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2011. Vol. 24. P. 231-247

15. Kucheruk M.D., Zasekin D.A., Dymko R.O. Microbiological and sanitary-hygienic significance of intestinal eubiozys in agricultural animals. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8, № 2. P. 287-293. DOI: 10.15421/2018_340
16. Partanen K.H., Mroz Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutrition Research Reviews*. 1999. 12(1). P. 117-145. DOI: <https://doi.org/10.1079/NRR19990007>
17. Pham V.H., Kan L., Huang J., Geng Y., Zhen W., Guo Y., Abba W., Wang Z. Dietary encapsulated essential oils and organic acids mixture improves gut health in broiler chickens challenged with necrotic enteritis. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2020. Vol. 11. P. 1-18. DOI: 10.1186/s40104-019-0421-y
18. Roth N., Mayrhofer S., Gierus M., Weingut C., Schwarz C., Doupovec B. Effect of an organic acids based feed additive and enrofloxacin on the prevalence of antibiotic-resistant *E. coli* in cecum of broilers. *Poultry Science*. 2017. Vol. 96. P. 4053–4060.
19. Wang Y.B., Wang Y., Lin X.J., Gou Z.Y., Fan Q.L., Ye J.L., Jiang S.Q. Potential effect of acidifier and amylase as substitutes for antibiotic on the growth performance, nutrient digestion and gut microbiota in yellow-feathered broilers. *Animals*. 2020. Vol. 10. P. 1858. DOI: 10.3390/ani10101858
20. Xin-Dong Xiang, Zhang-Chao Deng, You-Wei Wang, Hua Sun, Li Wang, Yan-Ming Han, Yuan-Yuan Wu, Jian-Gao Liu, Lv-Hui Sun. Organic Acids Improve Growth Performance with Potential Regulation of Redox Homeostasis, Immunity, and Microflora in Intestines of Weaned Piglets. *Antioxidants*. 10(11), 2021. doi: 10.3390/antiox10111665
21. Xu Q.L., Liu C., Mo X.J., Chen M., Zhao X.L., Liu M.Z., Wang S.B., Zhou B., Zhao C.X. Drinking water supplemented with acidifiers improves the growth performance of weaned pigs and potentially regulates antioxidant capacity, immunity, and gastrointestinal macrobiotic diversity. *Antioxidants*. 2022. 11 (5) 809. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11050809>
22. Yang X., Xin H., Yang C., Yang X. Impact of essential oils and organic acids on the growth performance, digestive functions and immunity of broiler chickens. *Animal Nutrition*. 2018. Vol. 4. P. 388-393.
23. Zhang B., Du L., Yu T., Zhang K., Zhao R., Yang C., Song X. Impact of drinking water supplemented with complex acidifiers on production performance, egg quality, physiological and biochemical indicators, and microbial flora of BIAN chickens. *Life*. 2025. 15. 1700. DOI: <https://doi.org/10.3390/life15111700>

Дата першого надходження статті до видання: 22.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 636.2.082. 0.84.085. 0.33. 2.11.

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.27>

ПРОДУКТИВНІСТЬ БУГАЙЦІВ РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ НОВОЇ ПОПУЛЯЦІЇ БУКОВИНСЬКОГО ЗОНАЛЬНОГО ТИПУ М'ЯСНОГО КОМОЛОГО СИМНЕТАЛУ НА ПІДСИСІ В УМОВАХ ПЕРЕДГІРСЬКОЇ ЗОНИ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ БУКОВИНИ

Калинка А.К. — к.с.-г.н., с.н.с.,

завідувач відділу тваринництва,

Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту сільського господарства Карпатського регіону

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0000-4270-563X

Стаття присвячена комплексному аналізу результатів вирощування молодняку різних генотипів при створенні нової популяції буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу. Вперше в умовах передгір'я Карпатського регіону Буковини проведено порівняльну оцінку енергії росту та фізіологічного стану бугайців, отриманих шляхом поглинального схрещування місцевої худоби з використанням канадської, американської, австрійської та німецької селекції. Науково обґрунтовано ефективність підсисного методу вирощування до 6-місячного віку як фактору максимальної реалізації генетичного потенціалу м'ясної продуктивності. Дослідженнями встановлено, що найбільш інтенсивним ростом відзначалися бугайці VIII дослідної групи (генотип: 3/4 канадський симентал, 1/16 австрійський, 1/8 німецький, 1/16 американський). За 180 днів підсисного періоду їхні середньодобові прирости склали 974,4 г, що достовірно вище (на 6,6%) за показники контрольної групи комбінованого сименталу. Особливу увагу приділено гематологічному статусу тварин. Визначено, що рівень гемоглобіну та еритроцитів у більшості груп відповідав нижній межі фізіологічної норми на початку досліді, з подальшою стабілізацією до 6-місячного віку. Встановлено вищий рівень загального білка (на 15,9%), еритроцитів та каротину у крові бугайців складних м'ясних генотипів порівняно з аналогами комбінованого напрямку. Аналіз лейкограми засвідчив активізацію неспецифічної резистентності організму через зростання частки лімфоцитів та оптимізацію співвідношення співвідношення нейтрофілів. Найвищий вміст білка спостерігався в тварин III групи ($9,5 \pm 0,20\%$) та VI групи ($9,1 \pm 0,48\%$), що безпосередньо корелює з їхньою високою енергією росту та здатністю до трансформації поживних речовин раціону в м'язову тканину. Отримані результати є фундаментальною базою для подальшої селекції м'ясної худоби в умовах Буковини.

Ключові слова: м'ясне скотарство, комолий симентал, бугайці, підсисний метод, енергія росту, генотип, лейкоцитарна формула, резистентність.

Kalinka A.K. Productivity of bugayts of different genotypes of the new population of the Bukovyn zonal type of meat common simmental on the subsoil in the conditions of the footmountain zone of the Carpathian region of Bukovyn

The article is devoted to a comprehensive analysis of the results of rearing young stock of different genotypes during the creation of a new population of the Bukovina zonal type of beef polled Simmental. For the first time in the conditions of the foothills of the Carpathian region of Bukovina, a comparative assessment of the growth energy and physiological state of bull-calves obtained by absorbing crossing of local cattle using Canadian, American, Austrian, and German selections was carried out. The efficiency of the suckling method of rearing up to 6 months of age as a factor in the maximal realization of the genetic potential of meat productivity is scientifically



© Калинка А.К., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

substantiated. Studies have established that bull-calves of the VIII experimental group (genotype: 3/4 Canadian simmental, 1/16 Austrian, 1/8 German, 1/16 American) were characterized by the most intensive growth. During the 180 days of the suckling period, their average daily gains amounted to 974,4 g, which is significantly higher (by 6,6%) than the indicators of the control group of combined Simmental. Particular attention is paid to the hematological status of animals. It was determined that the level of hemoglobin and erythrocytes in most groups corresponded to the lower limit of the physiological norm at the beginning of the

experiment, with subsequent stabilization by 6 months of age. A higher level of total protein (by 15,9%), erythrocytes, and carotene was established in the blood of bull-calves of complex beef genotypes compared to analogues of the combined direction. Analysis of the leucogram showed the activation of non-specific resistance of the organism through an increase in the proportion of lymphocytes and optimization of the neutrophil ratio. The highest protein content was observed in animals of group III ($9,5 \pm 0,20\%$) and group VI ($9,1 \pm 0,48\%$), which directly correlates with their high growth energy and ability to transform dietary nutrients into muscle tissue. The results obtained are a fundamental basis for further selection of beef cattle in the conditions of Bukovina.

Key words: *beef cattle breeding, polled simmental, bull-calves, suckling method, growth energy, genotype, leucocyte formula, resistance.*

Постановка проблеми. В умовах ринкової економіки та викликів воєнного стану перед вітчизняною аграрною наукою постають нові завдання щодо забезпечення продовольчої безпеки в державі. Пріоритетним напрямом з яких є реалізація генетичного потенціалу молодняку жуйних тварин нових популяцій, зокрема буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу. Використання класичної технології підсисного вирощування в умовах Карпатського регіону Буковини є актуальним методом інтенсифікації виробництва дешевої та якісної яловичини [14, с. 49].

На сучасному етапі висока продуктивність м'ясної худоби, яка вимагає комплексного підходу: оздоровчих заходів, контролю умов утримання та оптимізації годівлі на основі власних кормів. Це дозволяє досягти високої енергії росту в критичні фізіологічні періоди [10]. Проте часто молодняк відстає в рості через стресові фактори: порушення раціону, зміну середовища, температурні коливання, що знижує загальну резистентність організму.

Тому вивчення м'ясної продуктивності різних генотипів симентальської худоби при підсисному методі до 6-місячного віку є науково обґрунтованою необхідністю для базових діючих господарств Буковини [6].

В зв'язку з цим для виробництва дешевої яловичини важливо не тільки виявити генетичний потенціал в різних створених генотипах жуйних по м'ясному комолому сименталу худоби в оптимальних умовах утримання та годівлі, коли спадкові задатки тварин проявляються найповніше, а й вивчити середньодобові прирости в нащадків до 6-місячного віку в виробничих умовах передгірської зони Карпатського регіону Буковини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання вивчення генетичного потенціалу м'ясного комолого сименталу в умовах воєнних подій, що набуває стратегічного значення [8, с. 14]. Попередні дослідження [1, с. 93; 2, с. 7], які висвітлювали загальні аспекти м'ясної продуктивності в Україні, проте специфіка вирощування різних генотипів м'ясного комолого сименталу, а саме в передгір'ї Карпат, ще залишалася недостатньо вивченою.

Оскільки існують дані [10, с. 69; 12, с. 37], що інтенсивна відгодівля бугайців німецької та канадської селекції, яка дозволяє досягати середньодобових приростів на рівні 1128–1217 г. Наші попередні напрацювання, які демонстрували результати у 950–1150 г, проте без диференціації за конкретними складними генотипами, що і зумовило проведення даного дослідження.

Тому нашою головною ціллю є вивчення продуктивності різних створених генотипів нової популяції м'ясного комолого сименталу худоби з використанням максимально класичного методу підсису з виявлення власного генетичного продуктивного потенціалу, що і послужило нашими науковими дослідженнями в Карпатському регіоні Буковини [8, с. 14].

В сучасних умовах в господарствах суспільного сектору різних форм власності в яких потребує подальшого детального вивчення виявленого високого генетичного потенціалу створених різних генотипів по м'ясному комолому сименталу худоби, що розводяться в умовах регіону Буковини.

Такий потенціал виявляється не лише при застосуванні встановлених рецептів раціонів та типах годівлі, але й при середньому рівні годівлі з використанням класичного методу підсису, що дуже важливо для виробництва для отримання дешевої яловичини за повний цикл вирощування в зоні Українських Карпат.

Тому виходячи з вище сказаного, необхідно розробити нові адаптовані рецепти раціонів і їх оптимізувати кормові ресурси годівлі та встановити ефективність їх використання жуйними на підсисі різних створених генотипів по м'ясному комолому сименталу худоби, що і було досліджено в умовах передгірської зони регіону Буковини [5, с. 23; 6, с. 14].

Оскільки, отримання такої вперше наукової інформації, що дозволить прискорити селекцію на збільшення енергії росту, живої маси в усі фізіологічні періоди розвитку, для отримання рентабельної та якісної яловичини в умовах діючого та ведучого в Україні племінного заводу ДПДГ «Чернівецьке» Буковинської ДСГДС ІСГ КР НААН.

Отже наведений огляд літератури, який свідчить про те, що за останні 5 років групою українських вчених-аграрників в галузі м'ясного скотарства де було проведено ряд дослідів з вивчення генетичного м'ясного потенціалу молодняку м'ясної худоби в різних регіонах України [1, с. 93; 2, с. 7; 3, с. 77; 14, с. 39]. Але вивчення різних створених генотипів по новій популяції м'ясного комолого сименталу жуйних за всі роки так і не вивчалось науковцями в галузі м'ясного скотарстві в Карпатському регіоні України.

В даній представленій статті висвітлені результати досліджень з використанням методу підсису, що викликало позитивні зміни в біохімічних важливих зоотехнічних показниках.

Відомо теж, із результатів проведених досліджень [10, с. 30; 12, с. 266], з інтенсивної відгодівлі бугайців симентальської породи в генотипі німецького і канадського м'ясного комолого симентала худоби, що засвідчив високу енергію росту молодняку на підсисі за технологією м'ясного скотарства в усіх дослідних групах, що становила 1128–1217 г в даному регіоні Карпат.

Цікавим в минулих дослідженнях є те, що ми проводили вирощування з використанням методу підсису за технологією м'ясного скотарства та отримували середньодобові прирости на рівні 950,0–1150,0 г з досягнення живої маси 191,0–215 кг в 6-ти міс. віці, але не вивчали різні нової генерації створені генотипи м'ясної худоби в зоні Карпат.

Метою – вивчити особливості росту, розвитку та гематологічні показники бугайців різних генотипів м'ясного комолого сименталу при підсисному вирощуванні в умовах передгірської зони регіону Буковини.

Для досягнення цієї мети було поставлено ряд важливих завдань: визначення середньої живої маси бугайців, середньодобових приростів, гематологічних досліджень крові, отриманих у ході досліджень, за весь підсисний період в регіоні Буковини.

Об'єкти та методика досліджень. Об'єктом досліджень були бугайці різних генотипів нової популяції буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу худоби, які вирощувалися при середньому рівні вирощуванні з використанням методу підсису і їх оптимізації в зимовому періоді годівлі з розрахунком економічної їх доцільності для різних діючих базових господарств з розведення даних жуйних в даному регіоні Буковини.

Дослідження проводилися на базі діючого племінного заводу ДПДГ «Чернівцьке». Об'єктом стали бугайці – аналоги ($n=64$) восьми генотипів (по 8 голів у групі) з початковою живою масою на початок дослідів 31,3–35,3 кг в місячному віці, які всі народилися в січні місяці згідно проробленої такої схеми досліджень (табл. 1).

Утримання дослідних бугайців різних генотипів в стійловому періоді за технологією м'ясного скотарства. Роздавання сіна та сінажу підводами. Згодовування концентрованих кормів в сухому вигляді два рази на добу. Дослід проводився в умовах, близьких до виробничих. Підбір піддослідних тварин і комплектування груп проводили методом збалансованих груп при груповій годівлі, та методом пар-аналогів з індивідуальним обліком факторів годівлі та продуктивності, що дає можливість зменшити кількість дослідних тварин в групах [4, с. 23; 13, с. 546].

Контроль за інтенсивністю росту дослідних тварин здійснювали індивідуальним зважуваннями та виводили середню живу масу тварин по кожній групі на початку дослідів, кожного місяця контрольне зважування і в кінці облікового періоду. За різницею між кінцевою та початковою живою масою визначали абсолютний, а на його основі – середньодобовий приріст живої маси.

Таблиця 1

Схема науково-господарського дослідів

Група	Порода, генотип	Обліковий період (180днів)
		Зимовий період
Дослідна – I	Симентал комбінований	Основний раціон (ОР): молоко цільне, сіно, концентрати, сінаж
Дослідна – II	Симентал комбінований 1/2 симентал канадський 1/2	Так, як в 1 – дослідній групі
Дослідна – III	Симентал комбінований 1/2 симентал американський 1/2	
Дослідна – IV	Симентал комбінований 1/8+ симентал канадський 1/2 + симентал американський 1/2	
Дослідна – V	Симентал комбінований 1/8 + симентал канадський 1/2 симентал американський 3/8	
Дослідна – VI	Симентал канадський 5/8 симентал австрійський 1/4 симентал американський 1/2	
Дослідна – VII	Симентал канадський 3/4 симентал австрійський 1/8 симентал американський 1/2	
Дослідна – VIII	Симентал канадський 3/4 симентал австрійський 1/16 симентал німецький 1/8 симентал американський 1/16	

В проведеному досліді, число тварин в групі обумовлювалось такими основними факторами, але головними були: вирівняні по породності, ступеню спорідненості, віку, статі, живій масі на основі даних зоотехнічного обліку. Вівся показник по живій масі, який записувався в спеціальному журналі. Для визначення оцінки добових приростів до 6-місячного віку.

Кров для досліджень брали із яремної вени через 2–2,5 години до годівлі та після годівлі від 3 бугайців – аналогів з кожної групи перед початком досліджень і в кінці досліджу.

Під час проведення даного експерименту в якому досліджували морфологічні та біохімічні показники крові бугайців і включало визначення кількості еритроцитів та лейкоцитів (підрхунком у камері з сіткою Горяєва).

Всі отримані дані математично оброблені за методикою, описаною [12].

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати визначення середньої живої маси бугайців різних створених генотипів нової популяції буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу худоби за основний період досліджу приведено в (табл. 2).

Таблиця 2

Зміни живої маси дослідних бугайців, ($M \pm t$, $n=8$)

Показник	Групи тварин							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Кількість гол.	8	8	8	8	8	8	8	8
Жива маса на початок досліджу, кг	33,5 $\pm$ 1,2	31,3 $\pm$ 0,8	33,1 $\pm$ 1,3	32,5 $\pm$ 1,4	35,3 $\pm$ 0,8	35,5 $\pm$ 1,2	34,5 $\pm$ 1,4	32,6 $\pm$ 1,1
В кінці 6-ти місячного віку, кг	178,0 $\pm$ 1,5	175,1 $\pm$ 2,4	172,0 $\pm$ 1,8	175,0 $\pm$ 1,6	177,0 $\pm$ 1,9	191,0 $\pm$ 1,5	174,0 $\pm$ 2,3	193,0 $\pm$ 1,7
Приріст: Загальний, кг	164,6 $\pm$ 1,12	153,8 $\pm$ 1,35	158,9 $\pm$ 1,5	162,5 $\pm$ 1,6	161,7 $\pm$ 1,2	165,5 $\pm$ 1,5	169,5 $\pm$ 1,1	175,4 $\pm$ 1,3
Добовий, г	914,4 $\pm$ 0,563	854,4 $\pm$ 0,355	882,8,6 $\pm$ 0,650	902,8,7 $\pm$ 0,750	898,3 $\pm$ 0,850	919,4,0 $\pm$ 0,556	941,7,0 $\pm$ 0,450	974,4,0 $\pm$ 0,550

За результатами досліджень встановлено, що протягом 180 днів досліджу де бугайці створеного генотипу нової популяції (Симентал канадський 3/4 симентал австрійський 1/16 симентал німецький 1/8 симентал американський 1/16) – Y111 група в яких добові прирости склали – 974,4 г, що на 60,0 г (6,6%) більше від ровесників – аналогів (I – група) – сименталу породи худоби в умовах передгірській зоні Буковини.

Встановлено, що бугайці VIII групи (складний генотип з перевагою канадської селекції) переважали контроль за середньодобовим приростом на 60,0 г або 6,6% ($P < 0,05$). Це підтверджує ефективність класичного поглинального схрещування для формування високої м'ясної продуктивності.

Доведено, що при однаковій структурі та поживності рецептів раціонів, більш скороспілими були бугайці Y111-дослідної групи генотипу (симентал канадський 3/4 симентал австрійський 1/16 симентал німецький 1/8 симентал американський 1/16) в передгірській зоні даного Карпатського регіону Буковини.

Отже, є підстава вважати, що формування м'ясної продуктивності нової популяції м'ясних комолих сименталів худоби для отримання дешевої та якісної

яловичини, високої продуктивності при поглинального схрещування місцевої симентальської породи з бугаями м'ясних порід, є найбільш ефективним в умовах Карпатського регіону Буковини.

В кінці досліджень при досягненні 6-ти місячного віку було взято кров на гематологічні показники крові в дослідних бугайців різних генотипів м'ясного комолого сименталу на початок і в кінці досліді (табл. 3).

Таблиця 3
Результати гематологічних досліджень крові бугайців (М+м, n=4)

Показник	Групи тварин							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Лейкоцити 10 ⁹ /л	4,30±1,23 5,10±0,95	4,70±0,46 6,70±0,65	3,50±1,29* 6,80±0,86	4,25±1,12 4,95±0,65	4,5±1,35 4,97±0,87	4,61±1,13 7,25±0,76	3,95±0,86 6,15±0,56	4,65±0,85 5,89±0,57
Еозинофіли, %	2,20±0,02 1,10±0,75	0,40±0,07 0,90±0,03	0,50±0,25 0,65±0,13	0,45±0,15 0,55±0,25	1,95±0,04 1,68±0,87	0,87±0,05 0,75±0,08	0,58±0,21 0,86±0,07	0,45±0,6 0,95±0,45
Юні, %	0,10±0,05 0,25±0,03	0,40±0,07 0,30±0,05	0,50±0,03 0,25±0,03	0,40±0,02 0,55±0,02	0,35±0,04 0,25±0,32	0,15±0,07 0,15±0,03	0,35±0,02 0,21±0,02	0,45±0,06 0,23±0,03
Паличкояд- ерні %	11,30±0,60 10,7±1,33	9,86±1,05 8,30±2,31	11,20±0,94 6,70±0,62	9,15±0,41 8,50±0,55	9,54±1,24 11,5±1,55	12,1±0,86 10,3±1,45	11,5±1,07 8,7±0,86	9,7±0,88 7,6±1,56
Сегментояд- ерні %	18,25±4,56 28,4±2,34	21,60±1,80 24,6±3,10	22,30±3,50 30,8±4,30	21,5±2,85 18,4±3,20	19,15±2,4 21,34±1,8	22,3±2,12 24,8±3,12	19,6±2,51 28,6±2,56	23,0±1,68 27,6±2,75
Лімфоцити, %	63,4±3,08 54,6±4,02	60,4±1,86 61,0±4,60	56,1±1,77 68,2±3,13*	62,4±2,95 50,4±3,50	68,8±2,45 57,5±3,67	61,4±1,75 62,5±4,12	58,8±2,35 60,2±3,55	61,7±2,13 53,5±2,56
Моноцити, %	6,80±0,33 5,15±0,68	7,60±0,40 4,90±1,71	9,20±2,40 4,75±1,83	6,50±0,25 5,05±0,65	7,6±0,65 6,75±0,98	11,4±0,52 4,85±1,67	9,15±0,35 4,73±2,15	7,55±0,67 4,85±1,76

Примітка: в чисельнику показники крові на початку досліді, в знаменнику на кінець досліді

Аналіз морфологічних показників крові (табл. 3), що дозволяє оцінити стан неспецифічної резистентності та загальний фізіологічний статус організму бугайців різних створених генотипів м'ясного комолого сименталу у динаміці вирощування в зоні Карпат.

Загальна кількість лейкоцитів на початку досліді в усіх групах спостерігався дещо знижений рівень лейкоцитів порівняно з фізіологічною нормою, що може бути пов'язано з адаптаційними процесами організму в ранній період розвитку.

Проте до 6-місячного віку (кінець досліді), що відмічено позитивну динаміку: кількість лейкоцитів зросла і стабілізувалася в межах 4,95–7,25 × 10⁹/л. Найбільш виражене зростання показника зафіксовано у бугайців VI групи (з 4,61 до 7,25 × 10⁹/л) та III групи (з 3,50 до 6,80 × 10⁹/л), що вказує на активізацію захисних сил організму.

Отже при детальному вивченні лейкограми виявлено важливі структурні зміни: Нейтрофільний профіль: Спостерігалася тенденція до зниження частки паличкоядерних нейтрофілів до кінця досліді (особливо у III, VII та VIII групах), що свідчить про завершення гострої фази адаптації та стабільний стан кровотвірної системи.

Таким чином вміст сегментоядерних нейтрофілів у більшості груп (I, II, III, VI, VII, VIII) до 6-місячного віку, навпаки, мав тенденцію до зростання, що підтверджує зміцнення клітинної ланки імунітету. Зокрема, у бугайців III групи цей показник зріс з 22,30% до 30,8%.

Так важливим індикатором високої імунобіологічної реактивності є рівень лімфоцитів. Наприкінці досліді найвищий рівень лімфоцитів зафіксовано в тварин

III групи ($68,2 \pm 3,13\%$, $P < 0,05$) та VI групи ($62,5 \pm 4,12\%$). Високий вміст лімфоцитів на тлі оптимального росту, що свідчить про інтенсивний обмін речовин та добру пристосованість цих генотипів до передгір'я Буковини.

Кількість моноцитів у всіх групах на початку досліду була підвищеною, що є типовою реакцією на формування імунної системи у молодняку нової генерації жуйних. До кінця підсисного періоду спостерігалось їх зниження до фізіологічно виправданих показників ($4,73\text{--}6,75\%$). Рівень еозинофілів залишався стабільним, що свідчить про відсутність алергічних реакцій або глистових інвазій в піддослідних тварин.

Таким чином отримані дані гематологічних досліджень, які свідчать, що використання методу підсису та оптимізація раціонів сприяли формуванню міцного імунітету в усіх генотипів.

Проте найбільш збалансований морфологічний склад крові та високий адаптаційний потенціал виявили бугайці III та VI дослідних груп, що корелює з їхніми показниками живої маси та енергії росту.

Важливим критерієм оцінки інтенсивності метаболічних процесів в організмі бугайців різних генотипів є біохімічні показники крові (табл. 4).

Таблиця 4

Показники крові бугайців різних дослідних груп (М+м, n=3)

Показник	Дослідні групи							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Еритроцити, млн.мм ³	$5,10 \pm 0,1$ $6,5 \pm 0,15$	$5,11 \pm 0,09$ $6,9 \pm 0,35$	$5,20 \pm 0,12$ $7,5 \pm 0,24$	$5,26 \pm 0,07$ $6,4 \pm 0,35$	$5,67 \pm 0,11$ $7,2 \pm 0,23$	$6,35 \pm 0,08$ $6,5 \pm 0,56$	$5,55 \pm 0,3$ $6,1 \pm 0,45$	$5,75 \pm 0,76$ $8,8 \pm 0,76$
Гемоглобін, г/%	$9,10 \pm 0,1$ $11,4 \pm 0,1$	$9,15 \pm 0,06$ $12,3 \pm 0,08$	$9,26 \pm 0,11$ $13,3 \pm 0,04$	$9,30 \pm 0,09$ $11,4 \pm 0,08$	$8,75 \pm 0,04$ $12,05 \pm 0,1$	$9,35 \pm 0,05$ $11,5 \pm 0,04$	$8,75 \pm 0,1$ $12,5 \pm 0,1$	$9,65 \pm 0,07$ $13,2 \pm 0,03$
Загальний білок, %	$7,07 \pm 0,1$ $7,6 \pm 0,45$	$7,14 \pm 0,11$ $8,5 \pm 0,58$	$7,31 \pm 0,15$ $9,5 \pm 0,20$	$7,37 \pm 0,19$ $8,2 \pm 0,15$	$6,81 \pm 0,25$ $8,5 \pm 0,56$	$9,75 \pm 0,23$ $9,1 \pm 0,48$	$8,51 \pm 0,4$ $7,3 \pm 0,35$	$8,2 \pm 0,21$ $7,6 \pm 0,52$
Цукор, мг/%	$56,0 \pm 0,3$ $61,5 \pm 0,2$	$55,5 \pm 0,09$ $63,5 \pm 0,23$	$56,3 \pm 1,10$ $60,3 \pm 0,18$	$57,4 \pm 0,80$ $61,6 \pm 0,35$	$58,5 \pm 0,05$ $62,5 \pm 0,27$	$62,5 \pm 0,21$ $63,6 \pm 0,45$	$57,6 \pm 0,7$ $60,3 \pm 0,2$	$55,6 \pm 0,68$ $62,5 \pm 0,19$
Лужний резерв, мг/%	$484 \pm 7,4$ $546 \pm 11,3$	$488 \pm 8,0$ $568 \pm 13,8$	$496 \pm 11,6$ $570 \pm 16,5$	$490 \pm 8,9$ $555 \pm 13,7$	$495 \pm 6,7$ $535 \pm 11,5$	$499 \pm 9,34$ $552 \pm 12,2$	$515 \pm 8,76$ $685 \pm 13,8$	$505 \pm 7,45$ $585 \pm 12,5$
Сечовина, ммоль/л	$2,51 \pm 0,1$ $3,2 \pm 0,15$	$2,63 \pm 0,18$ $3,0 \pm 0,35$	$2,80 \pm 0,14$ $3,4 \pm 0,24$	$2,70 \pm 0,12$ $2,9 \pm 0,38$	$2,21 \pm 0,14$ $2,7 \pm 0,17$	$1,16 \pm 0,09$ $2,2 \pm 0,56$	$2,15 \pm 0,2$ $3,2 \pm 0,76$	$1,93 \pm 0,15$ $2,4 \pm 0,55$
Кальцій, мг %	$11,4 \pm 0,2$ $12,5 \pm 0,5$	$11,5 \pm 0,44$ $13,6 \pm 0,25$	$12,0 \pm 0,30$ $13,0 \pm 0,12$	$11,9 \pm 0,34$ $14,6 \pm 0,45$	$9,14 \pm 0,17$ $11,3 \pm 0,52$	$12,5 \pm 0,35$ $14,5 \pm 0,45$	$11,6 \pm 0,3$ $13,5 \pm 0,4$	$12,0 \pm 0,34$ $14,3 \pm 0,36$
Фосфор, мг %	$6,3 \pm 0,10$ $7,5 \pm 0,15$	$6,4 \pm 0,4$ $7,8 \pm 0,45$	$6,2 \pm 0,08$ $8,1 \pm 0,35$	$6,4 \pm 0,13$ $8,0 \pm 0,27$	$5,8 \pm 0,14$ $8,6 \pm 0,23$	$7,5 \pm 0,08$ $8,5 \pm 0,34$	$6,5 \pm 0,17$ $7,4 \pm 0,37$	$7,1 \pm 0,15$ $7,8 \pm 0,45$
Каротин, мг %	$0,29 \pm 0,1$ $0,45 \pm 0,2$	$0,30 \pm 0,1$ $0,42 \pm 0,23$	$0,31 \pm 0,12$ $0,67 \pm 0,34$	$0,36 \pm 0,01$ $0,53 \pm 0,04$	$0,19 \pm 0,12$ $0,35 \pm 0,34$	$0,54 \pm 0,15$ $0,75 \pm 0,35$	$0,34 \pm 0,2$ $0,67 \pm 0,1$	$0,41 \pm 0,11$ $0,51 \pm 0,31$

Примітка: в чисельнику показники крові на початку досліду, в знаменнику на кінець досліду

Результатами досліджень встановлено, що в кінці досліду в III групі тварин в крові кількість еритроцитів, гемоглобіну, загального білку та каротину було на $0,6$ млн.мм, $1,0\%$, $1,0\%$ та $0,253\%$, більше від ровесників-аналогів II-дослідної групи.

Встановлено, що рівень загального білка у 6-місячному віці коливався в межах $7,3\text{--}9,5\%$, що свідчить про інтенсивний білковий синтез.

Найвищий вміст білка, який спостерігався в тварин III групи ($9,5 \pm 0,20\%$) та VI групи ($9,1 \pm 0,48\%$), що безпосередньо корелює з їхньою високою енергією росту та здатністю до трансформації поживних речовин раціону в м'язову тканину.

Особливу увагу приділено вуглеводному обміну. Рівень цукру в крові піддослідних тварин наприкінці періоду вирощування стабілізувався на рівні 60,3–63,6 мг%. Показник цукру в бугайців VI групи (63,6 мг%) та II групи (63,5 мг%) дещо переважав контроль, що вказує на активний енергетичний обмін та ефективне використання легкодоступних вуглеводів молока та рослинних кормів.

Аналіз мінерального складу крові виявив наступні закономірності: Вміст кальцію у всіх групах знаходився в межах фізіологічної норми (11,3–14,6 мг%). Найвищий рівень відмічено в бугайців IV групи ($14,6 \pm 0,45$ мг%) та VI групи ($14,5 \pm 0,45$ мг%), що свідчить про інтенсивні процеси остеогенезу та гарний розвиток скелета у цих різних генотипів по м'ясному сименталу.

Показники неорганічного фосфору зросли до кінця досліду до 7,4–8,6 мг%. Найкраще співвідношення кальцію до фосфору спостерігалось у V та VI групах, що є індикатором збалансованості мінерального живлення та високої активності ферментативних систем.

Показник лужного резерву, який характеризує кислотно-лужну рівновагу в організмі, був найвищим у бугайців VII групи ($685 \pm 13,8$ мг%) та VIII групи ($585 \pm 12,5$ мг%), що підтверджує високу адаптаційну здатність цих тварин до умов передгір'я Карпат та їхній інтенсивний гомеостаз.

Вміст каротину у крові тварин III та VI груп ($0,67\text{--}0,75$ мг%) був значно вищим порівняно з початком досліду, що вказує на краще засвоєння вітамінних ресурсів корму та вищий рівень антиоксидантного захисту організму бугайців цих створених генотипів по м'ясному комолому сименталу.

В зв'язку з цим, існуюча сьогодні система нормування енергетичного живлення молодняку м'ясного контингенту худоби різних генотипів худоби по м'ясному комолому сименталу, при середньому рівні годівлі з використанням власних кормів без підгодівлі біологічно активними речовинами і стимуляторами росту з виробництва якісної яловичини, ще не має експериментального обґрунтування у досягненні живої маси 173,0–191,0 кг в 6-місячному віці в умовах Буковини.

При розведенні на Буковині різних продуктивних створених генотипів по м'ясному комолому сименталу худоби, які виявляють свій високий генетичний м'ясний потенціал не лише при прийнятому типі годівлі, а й вивчити при середньому рівні енергії в раціонах при помірному вирощуванні на кормах власного виробництва для отримання якісної яловичини в умовах регіону Буковини.

Таким чином в проведених нами дослідженнях з отримання добових приростів при середньому рівні на підсисі та маючи на увазі, що в зоотехнічній літературі не описані дослідження по вивченню кількості різних генотипів по м'ясному комолому сименталу худоби саме таких досліджень, які є проведені вперше в даному підконтрольному регіоні та в Україні.

Висновки та пропозиції. Встановлено, що найвищу інтенсивність росту протягом 180 днів досліду бугайці генотипу нової популяції (Симентал канадський 3/4 симентал австрійський 1/16 симентал німецький 1/8 симентал американський 1/16) – Y111 група в яких добові прирости склали – 974,4 г, що на 60,0 г (6,6%) більше від ровесників (I – група) – сименталу худоби комбінованого напрямку продуктивності в умовах передгірської зони Карпатського регіону Буковини. Визначено, що вміст гемоглобіну у тварин I, I, U1-дослідних груп становив 89,0–90,0 г/л, у IV-дослідній був підвищений на 4,4% на однакових раціонах годівлі та утримання.

Виявлено зниження вмісту лейкоцитів в усіх групах, що становив $3,50\text{--}6,80 \times 10^9/\text{л}$. У бугайців У1 – дослідної групи в кінці дослідів, спостерігали зниження паличко-ядерних нейтрофілів. Дослідженнями встановлено, що кількість сегментоядерних нейтрофілів у бугайців на кінець дослідів знижувалась і становила в І-дослідній 28,40%, в ІІ-групі – 24,66, в У1-групі – 24,80 і в ІV-групі – 18,4%, при зниженні кількості моноцитів. Доведено, що кількість лімфоцитів в крові бугайців у всіх груп на початку дослідів збільшувалася, в той час, як на кінець дослідів спостерігалася тенденція до зменшення їх кількості. За результатами досліджень виявлено, що при вивченні якості яловичини, кількість лейкоцитів у бугайців була знижена в усіх групах, і становила $3,50\text{--}6,80 \times 10^9/\text{л}$, тільки в тварин ІІІ дослідної групи в кінці дослідів, спостерігали зниження паличкоядерних нейтрофілів. Визначено, що в кінці дослідів у бугайців ІІІ – дослідної групи в крові знаходилося сліду-юча кількість еритроцитів, гемоглобіну, загального білку на 12,7%, 0,1% та 15,9, більше від сименталу худоби. Підсисний метод вирощування сприяє нормалізації морфо-біохімічного складу крові до 6-місячного віку, підвищуючи рівень гемоглобіну та загального білка. Показники лімфоцитарного профілю свідчать про міцну резистентність створених генотипів у специфічних умовах передгір'я Буковини. В умовах воєнного стану та необхідності зміцнення продовольчої безпеки України, результати досліджень набувають особливого стратегічного значення. Впровадження технології підсисного вирощування складних генотипів м'ясного сименталу дозволяє суттєво знизити собівартість яловичини за рахунок використання пасовищних ресурсів та кормів власного виробництва, мінімізуючи залежність від дорогих імпортованих добавок. Створення та розведення адаптованого буковинського зонального типу худоби забезпечує стабільне виробництво високоякісного білка для потреб населення та Збройних Сил України, що є вагомим внеском аграрної науки у стійкість агропромислового комплексу регіону та держави в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гурський І. М. Продуктивні якості бичків різних генотипів. Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: *Зб. наук. пр. Мін-во аграр. політики. Укр. Харк. зоовет. ін-т*. Х., 2001. Вип. 8 (32). Ч. 1: с.-г. науки. С. 91-94.
2. Дідківський А., Ткачук І., Вишневський В. Ріст та розвиток тварин різних порід і типів. *Тваринництво України*. 1997. № 9. С. 7.
3. Доротюк Е., Іванущенко В., Шкурін І. Ріст, розвиток та м'ясна продуктивність телиць різних генотипів симентальської м'ясної породи. *Молочне і м'ясне скотарство: Міжвід. тем. наук. зб. Укр. акад. аграр. наук. Ін-т тваринництва. К.: Аграрна наука*, 1998. Вип. 88. С. 76-80.
4. Калинка А.К., Казьмірук Л.В., Прусова Г.Л. Продуктивність телиць м'ясного комолого сименталу з використанням в годівлі екологічно чистих рецептів раціонів в умовах Буковини. *Збірник наукових праць. Аграрна наука та харчові технології*. Вип. 2 (101). Вінниця 2018. С. 23-24.
5. Калинка А., Казьмірук Л., Прусова Г. Вирощування ремонтних телиць м'ясного комолого сименталу на Буковині. *Тваринництво України*. № 6. 2018. С. 12-17.
6. Калинка А.К. Ефективність годівлі бугайців різних порід та їх помісей під час виробництва яловичини в умовах регіону Покуття. *Таврійський науковий вісник*. Випуск № 101. м. Херсон. 2018. С. 151- 161.
7. Калинка А.К. Енергія росту бугайців різних генотипів симентальської худоби в літній період. *Науковий бюлетень. Господарсько-біологічні особливості худоби м'ясного сименталу нової популяції в Карпатському регіоні України*. Під науковою редакцією А.К. Калинка. ТОВ, Вінниця – Ніла ЛТД, 2018. С. 13-15.

8. Калинка А. К. Інтенсивність розвитку бугайців буковинського м'ясного комолого сименталу нової генерації в умовах передгірської зони Буковини. *Науковий бюлетень. Господарсько-біологічні особливості худоби м'ясного сименталу нової популяції в Карпатському регіоні України*. Під науковою редакцією А. К. Калинка. ТОВ, Вінниця. Нілан – ЛТД, 2018. С. 18-22.

9. Калинка А.К. Високо вагові туші бугайців м'ясного комолого сименталу худоби нової генерації в умовах Буковини. *Науковий бюлетень. Господарсько-біологічні особливості худоби м'ясного сименталу нової популяції в Карпатському регіоні України*. Під науковою редакцією А. К. Калинка. ТОВ, Вінниця. Нілан-ЛТД, 2018. С. 29-31.

10. Калинка А.К. Відгодівельні, м'ясні, забійні якості бугайців різних генотипів м'ясного сименталу худоби в умовах Буковини. *Науковий бюлетень. Господарсько-біологічні особливості худоби м'ясного сименталу нової популяції в Карпатському регіоні України*. Під науковою редакцією А.К. Калинка. ТОВ, Вінниця- Нілан ЛТД, 2018. С. 68-70.

11. Приліпко Т., Шутяк О., Калинка. А. Ефективність годівлі бичків різних порід та їх помісей при виробництві яловичини в умовах Буковини. Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції. Зб. науков. практ.-конф. 20-22 березня 2018 р. Частина1. м. Кам'янець – Подільський. 2018. С. 265-267.

12. Методичні рекомендації уніфікації досліджень по годівлі м'ясної худоби. Богданов Г.О., Славов В. П., Ібатулін І. І. і ін. Київ. 2002. 42 с.

13. Поляк І. І. Інтенсивність росту молодняка м'ясної худоби різних генотипів в умовах Прикарпаття. Сучасні проблеми ветеринарної медицини, зооінженерії та технології продуктів тваринництва: Зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. (м. Львів, 9-11 жовт. 1997 р.). М-ва АПК Укр. Львів. акад. вет. медицини ім. С.З. Гжицького. Львів, 1997. С. 545-546.

14. Шкурин Г.Т. Продуктивні якості худоби різних генотипів при розведенні "у собі" створюваної симентальської м'ясної породи. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 4. С. 48-50.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 636.2.082 / 57.087.01

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.28>

ВПЛИВ МАСО-МЕТРИЧНИХ ОЗНАК НА РАННЄ ВИБРАКУВАННЯ КОРІВ МОЛОЧНИХ ПОРІД

Каратєєва О.І. – к.с.-г.н., доцентка,
доцентка 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 даного дослідження був аналіз прогностичної цінності масо-метричних ознак для раннього вибракування корів молочних порід.

Інтенсивність вибракування корів молочного стада на ранніх етапах продуктивного використання є високою: після I-ї лактації вона становить 18,5 % (95 % ДІ: 13,6...24,7 %), а по завершенню перших двох лактацій зростає до 42,9 % (95 % ДІ: 36,0...50,0 %), що свідчить про значні втрати поголів'я вже на початкових стадіях експлуатації.

Після I-ї лактації встановлено статистично вірогідні міжпородні відмінності інтенсивності вибракування ($\chi^2 = 7,16$; $df = 2$; $P = 0,028$): у корів української чорно-рябої молочної породи ризик вибракування був у 4,56 разів вищим ($OR = 4,56$; $P = 0,012$), ніж у корів української червоної молочної породи. По завершенню перших двох лактацій ці відмінності нівелюються, що вказує на зменшення ролі породного фактора з віком.

Жива маса телиць у різні вікові періоди (від народження до 24 міс.) не має прогностичної цінності для вибракування після I-ї лактації, що підтверджується відсутністю статистично вірогідних ефектів та міжпородних відмінностей ($\chi^2 = 3,22$; $df = 2$; $P = 0,200$).

Водночас для вибракування після перших двох лактацій виявлено породоспецифічний ефект живої маси: у корів української червоної молочної породи вищі значення живої маси у всі вікові періоди асоціювалися з підвищеним ризиком вибракування. Інтегральна оцінка розміру ефекту була статистично вірогідною (+0,33; 95 % ДІ: +0,12...+0,54), що свідчить про наявність узагальненого впливу цього показника.

Проміри будови тіла корів-первісток мають прогностичну цінність лише для української чорно-рябої молочної породи: встановлено, що зменшення їх значень асоціюється зі зростанням ризику вибракування після I-ї лактації (інтегральний ефект -0,37; 95 % ДІ: -0,60...-0,14). Для корів української червоної молочної та червоної степової порід таких закономірностей не виявлено.

Для корів червоної степової породи характерна різноспрямованість зв'язків між окремими промірами будови тіла та вибракуванням: за одними ознаками (глибина грудей, обхват грудей, обхват п'ястка) вибракувані тварини поступалися ровесникам, у той час як за іншими (ширина грудей, ширина в маклоках) – переважали їх.

Після перших двох лактацій проміри будови тіла стають статистично вірогідними факторами вибракування для двох порід – української чорно-рябої молочної та української червоної молочної, однак напрямок їх впливу є протилежним: для української чорно-рябої



молочної породи зберігається негативна залежність (менші проміри → вищий ризик вибракування); для української червоної молочної породи встановлено зворотну закономірність (більші проміри → вищий ризик вибракування).

Для корів червоної степової породи і на цьому етапі зберігається неоднорідність ефектів: вибракувані тварини можуть як перевищувати, так і поступатися ровесницям залежно від конкретного проміру (зокрема, перевага за висотою в холці, косою довжиною тулуба, шириною в маклоках і менші значення за обхватом п'ястка).

У цілому отримані результати свідчать про відсутність універсальних предикторів вибракування серед окремих масо-метричних ознак і про виражену породоспецифічність їх впливу, а також про зміну значущості та напрямку ефектів залежно від етапу продуктивного використання тварин.

Ключові слова: масо-метричні ознаки, вибракування, молочна худоба.

Karatieieva O.I., Kramarenko O.S., Kramarenko S.S. The effect of body weight and morphometric traits on early culling of dairy cows

The main objective of this study was to analyze the predictive value of body weight and morphometric traits for early culling of dairy cows.

The culling intensity of dairy herds at the early stages of productive period is high: after the 1st lactation it reaches 18.5 % (95 % CI: 13.6...24.7 %), and after the first two lactations it increases to 42.9 % (95 % CI: 36.0...50.0 %), indicating substantial herd losses already at the initial stages of exploitation.

After the 1st lactation, statistically significant interbreed differences in culling intensity were established ($\chi^2 = 7.16$; $df = 2$; $P = 0.028$): in the Ukrainian Black-and-White dairy cows, the risk of culling was 4.56 times higher ($OR = 4.56$; $P = 0.012$) than in the Ukrainian Red dairy cows. After the first two lactations, these differences leveled off, indicating a reduced influence of breed with age.

Live weight of heifers at different age periods (from birth to 24 months) has no predictive value for culling after the 1st lactation, as evidenced by the absence of statistically significant effects and interbreed differences ($\chi^2 = 3.22$; $df = 2$; $P = 0.200$).

At the same time, for culling after the first two lactations, a breed-specific effect of live weight was identified: in the Ukrainian Red dairy cows, higher live weight at all age periods was associated with an increased risk of culling. The integrated effect size estimate was statistically significant (+0.33; 95 % CI: +0.12...+0.54), indicating a generalized influence of this trait.

Body conformation measurements of primiparous cows have predictive value only for the Ukrainian Black-and-White dairy cows: it was established that lower values are associated with an increased risk of culling after the 1st lactation (integrated effect size estimate: -0.37; 95 % CI: -0.60...-0.14). No such patterns were found for the Ukrainian Red dairy and Red Steppe breeds.

For the Red Steppe cows, multidirectional relationships between individual body conformation traits and culling are characteristic: for some traits (chest depth, heart girth, cannon bone circumference), culled animals had lower values than their contemporaries, whereas for others (chest width, hook width) they exceeded them.

After the first two lactations, body conformation traits become statistically significant factors of culling for two breeds – the Ukrainian Black-and-White dairy and Ukrainian Red dairy – however, the direction of their effects is opposite: for the Ukrainian Black-and-White dairy cows, the negative relationship persists (lower estimates → higher culling risk), whereas for the Ukrainian Red dairy cows the opposite pattern is observed (higher estimates → higher culling risk).

For the Red Steppe cows, heterogeneity of effects persists at this stage: culled animals may either exceed or fall behind their contemporaries depending on the specific trait (in particular, higher values in height at withers, oblique body length, hook width, and lower values for cannon bone circumference).

Overall, the obtained results indicate the absence of universal predictors of culling among individual conformation traits, as well as a pronounced breed-specific nature of their effects and changes in both their significance and direction depending on the stage of productive period of animals.

Key words: body weight and morphometric traits, culling, dairy cows.

Постановка проблеми. Сучасне тваринництво України орієнтовано на підвищення ефективності молочного скотарства, при цьому, одним із ключових чинників економічної та селекційної результативності є продуктивне

довголіття корів. Триваліше використання тварин у стаді забезпечує більший довічний надій та підвищує ефективність відтворення. Досягнення оптимальної тривалості продуктивного життя потребує комплексного підходу, що охоплює генетичний відбір, належні умови утримання, збалансовану годівлю та ветеринарний контроль. Скорочення довголіття часто пов'язане з порушеннями умов утримання, незбалансованою годівлею, репродуктивними захворюваннями та маститами, що знижують тривалість ефективної лактації. За цих умов важливим є баланс між високою продуктивністю та збереженням здоров'я тварин, оскільки інтенсивні технології можуть спричинити передчасне виснаження організму [8; 10].

Продуктивне довголіття є одним із базових критеріїв ефективності галузі. Встановлено, що за тривалості використання менше 2,5 лактації корови вибувають зі стада раніше, ніж їхні дочки вступають у продуктивний період [5].

Постановка завдання. За літературними даними, середня тривалість продуктивного використання корів в Україні становить лише 3,2...3,5 лактації, що свідчить про недосягнення тваринами свого генетичного потенціалу. Раннє вибракування зумовлює значні економічні втрати, оскільки доходи від продукції не компенсують витрат на вирощування ремонтного молодняку. Крім того, скорочення довголіття уповільнює селекційний прогрес та знижує інтенсивність селекційного процесу [17].

Тривалість господарського використання суттєво впливає на економіку виробництва, оскільки близько 65 % прибутку зумовлено довголіттям корів. Вирощування корів до першого отелення (понад два роки) потребує значних витрат, що мають окупність лише за достатнього рівня продуктивності. За надоїв 4000...5000 кг витрати компенсуються за 2-3 роки, у той час як за 3000 кг – за 4-5 лактацій. Тому економічно доцільним є тривале використання корів, що забезпечує зростання довічної продуктивності та виходу приплоду. Оптимальний термін експлуатації становить 5-7 лактацій, у той час як використання менше чотирьох лактацій є економічно невиправданим [16].

У зв'язку з багатофакторністю причин вибуття, селекція в розвинених країнах спрямована на комплекс господарськи корисних ознак із використанням інтегрованих продуктивно-екстер'єрних моделей. Доведено, що підвищення довголіття пов'язане з поліпшенням екстер'єру, особливо стану кінцівок та ратиць, вим'я і загальної лінійної оцінки [18].

Отже, *головною метою* даної роботи був аналіз прогностичної цінності масо-метричних ознак для раннього вибракування корів молочних порід.

Матеріали і методи досліджень. В дослідженні було використано матеріали первинного зоотехнічного обліку тварин молочної худоби трьох порід: червоної степової породи (RS; ДП «Племрепродуктор «Степовий» Миколаївської області; $n = 88$), української чорно-рябої молочної породи (UBP; ДП «Племрепродуктор «Степовий» Миколаївської області; $n = 52$) та української червоної молочної породи (URM; ПСГП «Козирське» Миколаївської області; $n = 49$).

Для кожної особини було визначено живу масу (у кг) при народженні (BW0) та у віці 3 (BW3), 6 (BW6), 9 (BW9), 12 (BW12), 15 (BW15), 18 (BW18) та 24 міс. (BW24).

Крім того, під час 2-3 місяців I-ї лактації для кожної тварини були виміряні основні проміри будови тіла (у см): висота у холці (HW), коса довжина тулуба (DLB), глибина (ChD), ширина (ChW) та обхват (ChC) грудей, обхват п'ястка (CaC) та ширина в маклоках (WR).

Для визначення прогностичного значення масо-метричних ознак було розраховано оцінки *розміру ефекту (effect size)* між відповідними значеннями групових середніх для корів, яких було вибракувано після I-ї лактації (та по завершенню перших двох лактацій) та корів, які залишилися у стаді. На підставі відповідних оцінок *розміру ефекту* для кожної ознаки (окремо було розглянуто результати оцінювання за живою масою у різному віці та промірами будови тіла) було розраховано інтегральний показник, що враховував результати, отримані для кожної ознаки окремо. У якості оцінки розміру ефекту було використано міру *g*-Геджеса (*Hedges' g*).

Його перевага над окремими ознаками полягала у більшій статистичній потужності. Навіть при наявності лише певних невірогідних тенденцій (але обов'язково односпрямованих) для кожної окремо взятої ознаки, цей інтегральний показник може досягати рівня статистичної значущості ($P < 0,05$).

Всі розрахунки було проведено за допомогою онлайн програмного забезпечення *MetaAnalysisOnline* [21] на підставі алгоритмів, що описано у роботі [20].

Виклад основного матеріалу дослідження. В таблиці наведено оцінки інтенсивності вибракування корів різних порід протягом після I-ї та після перших двох лактацій.

В цілому, після I-ї лактації було вибракувано 18,5 % корів (із 95 % ДІ: 13,6...24,7 %). Було відмічено наявність міжпородних відмінностей інтенсивності вибракування після I-ї лактації (критерій узгодженості хі-квадрат Пірсона: $\chi^2 = 7,16$; $df = 2$; $P = 0,028$). Це було пов'язано із статистично вірогідними відмінностями даної оцінки між тваринами української чорно-рябої молочної породи та української червоної молочної породи ($OR = 4,56$; $P = 0,012$). Отже, для корів української чорно-рябої молочної породи шанс на вибракування після I-ї лактації був у 4,56 рази вищим, ніж для корів української червоної молочної породи.

Таблиця 1

Оцінки інтенсивності вибракування ($P_{cull} \pm SE_{Pcull}$) корів різних порід після I-ї та після перших двох лактацій

Порода	n, гол.	Вибракувано, гол.	$P_{cull} \pm SE_{Pcull}$	95 % ДІ
після I-ї лактації				
RS	88	16	$0,182 \pm 0,041$	0,115 – 0,275
UBP	52	15	$0,288 \pm 0,063$	0,183 – 0,423
URM	49	4	$0,082 \pm 0,039$	0,032 – 0,192
Разом	189	35	$0,185 \pm 0,028$	0,136 – 0,247
після перших двох лактацій				
RS	88	41	$0,466 \pm 0,053$	0,365 – 0,569
UBP	52	23	$0,442 \pm 0,069$	0,316 – 0,577
URM	49	17	$0,347 \pm 0,068$	0,229 – 0,487
Разом	189	81	$0,429 \pm 0,036$	0,360 – 0,500

Примітка: RS – червона степова порода; UBP – українська чорно-ряба молочна порода; URM – українська червона молочна порода.

Після перших двох лактацій ймовірність вибракування становила 42,9 % (95 % ДІ: 36,0...50,0 %), що свідчить про суттєву інтенсивність вибуття вже на ранніх

етапах продуктивного використання. Водночас у цьому віці статистично вірогідних міжпородних відмінностей не виявлено, що може вказувати на домінування факторів середовища та менеджменту над генетичними відмінностями у формуванні ризику вибракування.

Отримані результати узгоджуються із даними попередніх досліджень, що також фіксували високі рівні вибракування корів після перших лактацій. Зокрема, для української червоно-рябої молочної породи після I-ї, II-ї та III-ї лактацій відбувало, відповідно, 28,6 %, 21,9 % і 19,2 % тварин [2], що в сумі формує значне кумулятивне вибракування вже на ранніх стадіях використання.

Подібну закономірність встановлено і для корів голштинської породи: частка вибракування після I-ї лактації становила 11,6...16,6 %, після II-ї – 15,4...32,6 %, після III-ї – 16,0...20,0 %, тобто, сумарно після трьох лактацій досягала 43,1...69,1 % [4]. Це підтверджує, що незалежно від породи найбільш критичним періодом є саме початок продуктивного періоду.

Аналіз вибракування до більш пізніх лактацій демонструє подальше наростання кумулятивного ефекту. Так, понад 52 % корів української чорно-рябої молочної породи відбували до IV-ї лактації [1], а за іншими даними – 56 % до її початку, при цьому вже серед корів-первісток рівень вибракування становив близько 22,0 % [9].

Узагальнені результати для різних порід (переважно для голштинської та української чорно-рябої молочної породи) свідчили, що до завершення II-ї лактації рівень вибракування коливався у межах 8,6...36,5 %, у той час як до V-ї лактації він зростав до 71,9...97,1 % [15]. Отже, основна частина тварин не досягала пізніх лактацій, що істотно обмежувало реалізацію їх генетичного потенціалу довголіття.

Важливою є й структура вибракування за окремими лактаціями. Для корів голштинської породи максимальні значення вибракування припадали на I-у (43,4 %) та II-у (22,0 %) лактації [3], що ще раз підкреслює критичність початкового періоду використання корів молочного стада. Аналогічна тенденція була характерна і для корів української чорно-рябої молочної породи: 31,9 % вибракування після I-ї лактації та 12,6 % – після II-ї [11].

Загалом сукупність наведених вище даних дозволяє зробити узагальнення, що вибракування молочних корів має виражений нелінійний характер із піковими значеннями у перші дві лактації та подальшим накопиченням вибракування впродовж продуктивного життя. При цьому узгодженість результатів різних авторів свідчить про системний характер цього явища, у той час як відсутність міжпородних відмінностей на ранніх етапах вказує на першочергову роль умов утримання, годівлі та відтворення у формуванні продуктивного довголіття корів.

У результаті аналізу міжпородної мінливості оцінок розміру ефекту для живої маси в різному віці телиць, яких було вибраковано після I-ї лактації та тих, які залишилися в стаді, можна зробити висновок про відсутність прогностичної цінності будь-якої оцінки живої маси телиць (та її динаміки) щодо майбутнього вибракування тварин (рис. 1). Також не було доведено вірогідних відмінностей між породами у відношенні оцінок розміру ефекту для живої маси телиць в різному віці (критерій узгодженості χ^2 -квадрат Пірсона: $\chi^2 = 3,22$; $df = 2$; $P = 0,200$).

Що стосується можливості прогнозування вибракування корів після перших двох лактацій, то у даному випадку оцінки живої маси телиць у різному віці вірогідно відрізнялися серед тварин, яких було вибраковано та тих тварин, які залишилися у стаді. Але ці відмінності було встановлено лише для корів української червоної молочної породи (рис. 2).

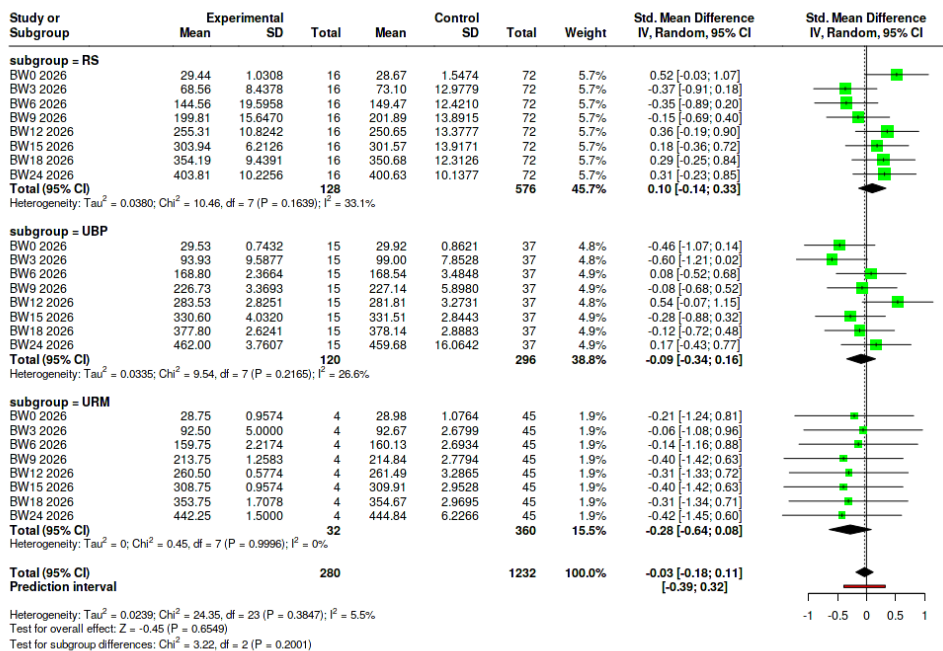


Рис. 1. Міжпородна мінливість оцінок розміру ефекту для живої маси в різному віці телиць, яких було вибракувано після I-ї лактації (Experimental) та тих, які залишилися в стаді (Control): RS – червона степова порода; UBP – українська чорно-ряба молочна порода; URM – українська червона молочна порода

При цьому, корови даної породи, яких було вибракувано після перших двох лактацій, у всі вікові періоди (від народження до 24 міс.) характеризувалися більш високими оцінками живої маси. І хоча для кожного вікового періоду відповідні оцінки розміру ефекту не вірогідно відхилялися від нуля, інтегральний показник досягав рівня значущості – +0,33 (95 % ДІ: +0,12...+0,54). Отже, чим вище була жива маса телиць від народження до 24 міс. віку, тим вище був шанс, що таку тварину буде вибракувано після перших двох лактацій.

У результаті аналізу міжпородної мінливості оцінок розміру ефекту для промірів будови тіла корів-первісток, яких було вибракувано після I-ї лактації та тих, які залишилися в стаді, можна зробити висновок про відсутність прогностичної цінності будь-якої оцінки для тварин червоної степової породи та української червоної молочної породи, у той час як для корів української чорно-рябої молочної породи прогностичну роль промірів будови тіла було статистично доведено (рис. 3).

В цілому, для всіх промірів будови тіла тварини, яких було вибракувано після I-ї лактації, поступалися ровесникам, яких було залишено у стаді. І хоча для окремих промірів ці відмінності не були вірогідні, інтегральний показник досягав рівня значущості – -0,37 (95 % ДІ: -0,60... -0,14). Отже, чим менше були проміри будови тіла корів-первісток, тим вище був шанс, що цю тварину української чорно-рябої молочної породи буде вибракувано вже після I-ї лактації.

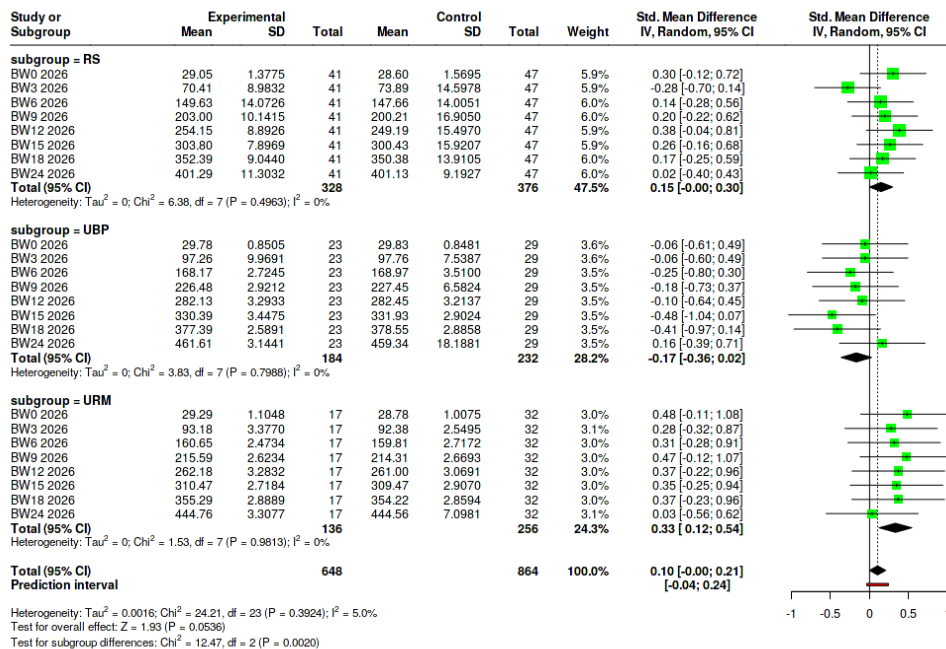


Рис. 2. Міжпородна мінливість оцінок розміру ефекту для живої маси в різному віці телиць, яких було вибракувано після перших двох лактацій (Experimental) та тих, які залишилися в стаді (Control): RS – червона степова порода; UBP – українська чорно-ряба молочна порода; URM – українська червона молочна порода

При цьому, якщо для тварин першої породи закономірність, що було виявлено для первісток, зберігається і чим менше були проміри будови тіла цих корів, тим вище був шанс, що цю корову української чорно-рябої молочної породи буде вибракувано вже після перших двох лактацій. То для корів української червоної молочної породи закономірність мала протилежний знак – чим більше були проміри будови тіла цих корів, тим вище був шанс, що цю особину української червоної молочної породи буде вибракувано вже після перших двох лактацій.

І знову ж було виявлено різноспрямованість оцінок розміру ефекту для різних промірів будови тіла корів червоної степової породи, яких було вибракувано та тих, які залишилися у стаді після перших двох лактацій. За деякими ознаками (висота в холці, коса довжина тулуба, ширина в маклоках) вибракувані тварини вірогідно переважали своїх ровесниць, за іншими (наприклад, обхватом п'ястка), навпаки, поступалися.

Отже, отримані нами результати свідчать про складний і неоднозначний характер взаємозв'язку між показниками росту, будови тіла та ризиком вибракування корів молочного стада. Їх зіставлення з літературними даними дозволяє виділити як спільні закономірності, так і принципові розбіжності, що потребують подальшого аналізу.

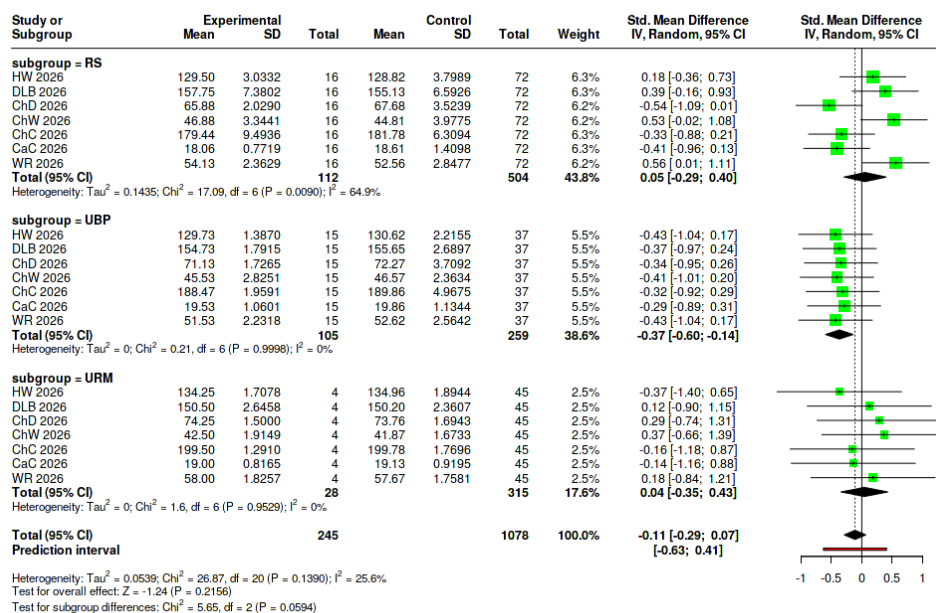


Рис. 3. Міжпородна мінливість оцінок розміру ефекту промірів будови тіла корів-первісток, яких було вибракувано після першої лактації (Experimental) та тих, які залишилися в стаді (Control): RS – червона степова порода; UBP – українська чорно-ряба молочна порода; URM – українська червона молочна порода

Дуже цікавим феноменом виявилася різноспрямованість оцінок розміру ефекту для різних промірів будови тіла корів червоної степової породи, яких було вибракувано та тих, які залишилися у стаді після I-ї лактації. За такими промірами, як глибина грудей, обхват грудей та обхват п'ястка, вибракувані тварин поступалися коровам, які залишилися у стаді, а за шириною грудей та шириною в маклоках, навпаки, переважали їх.

Вибракування після перших двох лактацій було вірогідно пов'язано із промірами будови тіла для тварин двох порід – української чорно-рябої молочної породи та української червоної молочної породи (рис. 4).

Встановлена у нашому дослідженні залежність між промірами будови тіла первісток української чорно-рябої молочної породи та ризиком вибракування після I-ї лактації (а саме, підвищення ризику вибракування при зменшенні значень промірів) узгоджується з результатами попередніх досліджень. Зокрема, у роботі [13] було показано наявність вірогідних позитивних кореляцій між окремими екстер'єрними ознаками та ефективністю довічного використання ($r = +0,33 \dots +0,48$), а у роботі [19] було встановлено позитивний зв'язок між рівнем розвитку тварин і тривалістю їх господарського використання ($r = +0,300 \dots +0,540$ для живої маси). Отже, недостатній розвиток тіла можна розглядати як важливий предиктор підвищеного ризику раннього вибракування. Аналогічна закономірність зберігається і для тварин цієї породи після перших двох лактацій, що свідчить про відносну стабільність впливу масо-метричних ознак упродовж продуктивного життя. Це також узгоджується з концепцією лінійного позитивного впливу екстер'єру на довголіття, представленою у цитованих вище роботах.

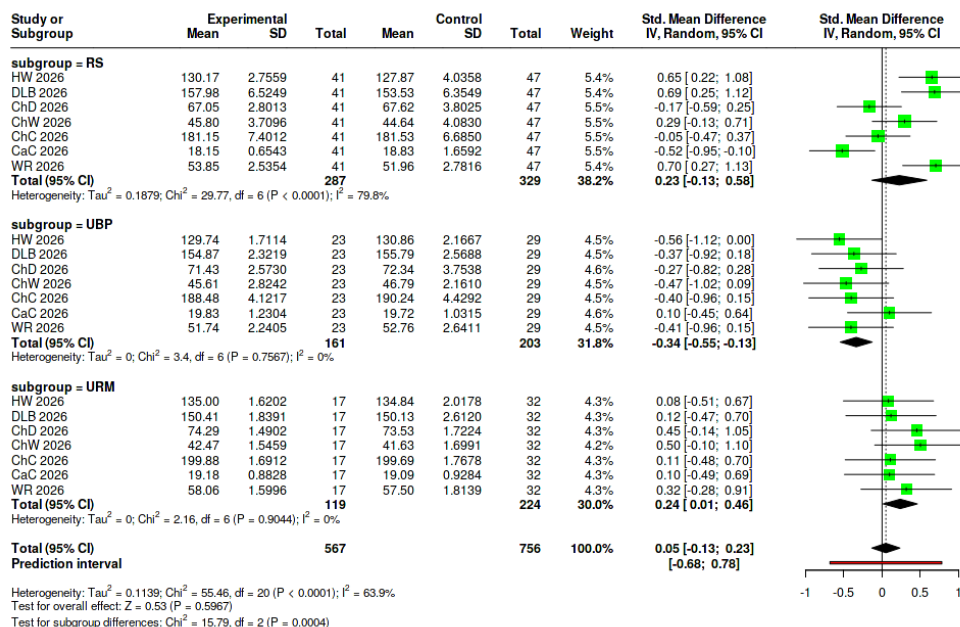


Рис. 4. Міжпородна мінливість оцінок розміру ефекту промірів будови тіла корів-первісток, яких було вибракувано після перших двох лактацій (Experimental) або тих, які лишилися в стаді (Control): RS – червона степова порода; UBP – українська чорно-ряба молочна порода; URM – українська червона молочна порода

Водночас для української червоної молочної породи було виявлено протилежну залежність: чим більшими були проміри будови тіла, тим вищим був ризик вибракування після перших двох лактацій. Такий результат не узгоджується із раніше опублікованими уявленнями про однозначно позитивний ефект розвитку тіла, проте відповідає більш сучасним даним. Зокрема, у дослідженні [12] встановлено широкий діапазон і різноспрямованість кореляцій між промірами тіла та продуктивним довголіттям ($r = -0,409 \dots +0,264$), що вказує на відсутність стабільного лінійного зв'язку. Подібні висновки наведено і у роботі [22], де показано, що залежності між показниками будови тіла та тривалістю господарського використання можуть мати як лінійний, так і криволінійний характер, із переважанням тварин із середніми значеннями ознак. У цьому контексті отримані результати можна інтерпретувати як прояв нелінійного ефекту, за якого як недостатній, так і надмірний розвиток морфологічних характеристик може бути пов'язаний із підвищеним ризиком вибракування.

Найбільш дискусійним є встановлений зв'язок між живою масою телиць української червоної молочної породи у період від народження до 24-місячного віку та ризиком їх вибракування після перших двох лактацій: підвищення живої маси асоціювалося зі збільшенням шансу вибуття. Цей результат суперечить більшості наявних літературних даних. Так, у роботах [6; 7] було показано, що більша жива маса телиць у 18-місячному віці пов'язана зі зниженням частки вибракування та збільшенням продуктивного довголіття (до 2,48 лактацій проти

1,13...1,51 лактацій). Аналогічно, у роботі [19] було встановлено стабільний позитивний зв'язок між живою масою та тривалістю господарського використання ($r = +0,300...+0,540$).

З огляду на це, отриманий у нашому дослідженні результат не може бути безпосередньо підтверджений наведеними джерелами. Водночас певне узгодження можливе у межах концепції багатофакторності та нелінійності зв'язків. Так, у роботі [14] показано, що окремі фактори в моделі прогнозування довголіття можуть мати різноспрямований вплив. Це, разом із даними про криволінійний характер залежностей [22], дозволяє припустити, що ефект живої маси може змінюватися залежно від її рівня або взаємодії з іншими ознаками. Проте прямих доказів такої інверсії ефекту саме для живої маси у наведених джерелах немає, що обмежує можливості інтерпретації.

Загалом результати опублікованих раніше дослідження підтверджують, що використання окремих лінійних промірів як універсальних предикторів вибракування є обмеженим, що узгоджується з широкою варіабельністю коефіцієнтів кореляції, наведеною у літературі. Більш адекватним підходом є врахування комплексної дії ознак, що було продемонстровано у моделях множинної регресії [14], а також використання сучасних методів оцінки екстер'єру, що дозволяють виявляти оптимальні, а не максимальні значення ознак.

Отже, отримані результати в цілому узгоджуються з сучасним уявленням про нелінійний і багатофакторний характер формування продуктивного довголіття корів, хоча окремі встановлені залежності (зокрема, щодо живої маси) потребують подальшої перевірки та уточнення на розширених вибірках і з використанням більш складних статистичних моделей, насамперед, багатовимірних [23].

Висновки.

1. Інтенсивність вибракування корів є високою вже на ранніх етапах використання: 18,5 % (95 % ДІ: 13,6...24,7 %) після I-ї лактації та 42,9 % (95 % ДІ: 36,0...50,0 %) після перших двох лактацій; міжпородні відмінності спостерігаються лише після I-ї лактації.

2. Жива маса телиць не має прогностичної цінності щодо вибракування після I-ї лактації, однак для української червоної молочної породи більша жива маса (у віці 0...24 міс.) асоціюється з підвищеним ризиком вибракування після перших двох лактацій (інтегральний розмір ефекту: +0,33; 95 % ДІ: +0,12...+0,54).

3. Проміри будови тіла були інформативними предикторами вибракування для української чорно-рябої молочної породи: менші їх значення пов'язані з вищим ризиком вибуття як після I-ї, так і після перших двох лактацій (інтегральний розмір ефекту: -0,37; 95 % ДІ: -0,60...-0,14).

4. Вплив морфометричних ознак має виражений породоспецифічний і різноспрямований характер.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Афанасенко В. Ю. Оцінка продуктивного довголіття корів залежно від характеру функціональних порушень та типу лактаційної діяльності. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2015. № 1. С. 5–8.

2. Башенко М. І., Хмельничий Л. М. Тривалість господарського використання корів української червоно-рябої молочної породи. *Розведення і генетика тварин*. 2003. Вип. 37. С. 22–25.

3. Безруков М. Ю., Власенко С. А. Причини передчасної вибраковки неплідних корів з молочного стада. В кн.: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції магістрантів та молодих вчених «Наукові пошуки молоді у XXI сто-

літті. *Актуальні проблеми ветеринарної медицини*», Біла Церква, 17 листопада 2022 року. Біла Церква, 2022. С. 149–151.

4. Високос М. П., Милостивий Р. В., Тюпіна Н. В., Тюпіна, Н. П. Порівняльна оцінка захворюваності і вибуття імпортованої голштинської худоби залежно від способів утримання в еколого-господарських умовах Придніпров'я. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*. 2011. Вип. 23. Ч. 2. Т.2. С. 556–559.

5. Гавриленко М. Високопродуктивні корови мають жити довго. *Пропозиція*. 2007. № 7. С. 118–123.

6. Данець Л. М. Взаємозв'язок живої маси ремонтних телиць з терміном їх продуктивного використання молочної породи у період їх вирощування. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Тваринництво*. 2014. № 2(2). С. 132–135.

7. Данець Л. М., Шабля В. П. Вплив живої маси телиць на їх подальші терміни отелення та причини вибуття. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААНУ*. 2010. № 102. С. 61–64.

8. Каратєєва О. І., Безбабна А. В. Ефективність тривалості господарського використання корів голштинської породи. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2014. № 202. С. 175–178.

9. Климковецький А. А., Носевич Д. К. Формування молочної продуктивності та особливості довічного використання корів української чорно-рябої молочної породи в умовах господарств Київської області. *Animal science and food technology*. 2020. Т. 11. № 1. С. 33–42.

10. Ковальський Ю. В., Івахів М. А., Федина С. Р., Басараб Т. П. Методи оцінки та підвищення довголіття у корів української червоно-рябої молочної породи. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 142. Ч. 1. С. 243–250.

11. Краєвський А. Й., Чекан О. М., Гребеник Н. П., Мусієнко Ю. В., Травецький М. О., Допа В. О., Касяненко В. М., Лазоренко А. Б. Причини вибраковування корів з продуктивного стада. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. 2022. № 1. С. 14–32.

12. Мазур Н. П. Продуктивне довголіття корів української чорно-рябої молочної породи різних екстер'єрних та виробничих типів. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*. 2018. № 28. С. 65–71.

13. Полупан Ю. П. Ефективність довічного використання червоної молочної худоби. *Розведення і генетика тварин*. 2000. Вип. 33. С. 97–105.

14. Полупан Ю. П., Резникова Н. Л. Прогнозування тривалості та ефективності довічного використання молочної худоби. *Розведення і генетика тварин*. 2008. Вип. 42. С. 254–261.

15. Прийма С. В., Полупан Ю. П., Даниленко В. П. Ефективність господарського використання корів різних країн та стад селекції. *Розведення і генетика тварин*. 2021. Вип. 62. С. 72–86.

16. Складенко Ю. І. Ефективність довічного використання корів залежно від генотипових факторів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 2. С. 103–105.

17. Федорович В. В., Бабік Н. П. Ефективність довічного використання корів молочних порід в умовах Західної України. *Біологія тварин*. 2016. Т. 18. № 4. С. 197.

18. Хмельничий Л. М. Проблема ефективного довголіття та довічної продуктивності молочних корів в аспекті їхньої залежності від спадкових та паратипових чинників. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. 2016. № 7. С. 13–31.

19. Ящук Т. С., Тихонова Б. Є. Тривалість господарського використання корів різних екстер'єрно-конституційних типів. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин та ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок*. 2010. Т. 10. С. 1–6.

20. Borenstein M., Hedges L. V., Higgins J. P. T., Rothstein H. R. *Introduction to Meta-Analysis*. John Wiley & Sons, 2009. 421 p.

21. Fekete J. T., Györfy B. (2025). MetaAnalysisOnline.com: web-based tool for the rapid meta-analysis of clinical and epidemiological studies. *Journal of Medical Internet Research*. 2025. Vol. 27. e64016

22. Khmelnychi L., Samokhina E., Khmelnychi S., Karpenko B. Linear type traits that characterize body development as the predictors of lifetime of Ukrainian Black-and-White dairy and Holstein cows. *Animal Husbandry Products Production and Processing*. 2023. № 1. P. 19–28.

23. Kramarenko A. S., Kalynychenko H. I., Susol, 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.

Дата першого надходження статті до видання: 24.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 636.5.034:636.087.7(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.29>

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВІТАМІННОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯЄЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КУРЕЙ-НЕСУЧОК В УМОВАХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ ПІВДНЯ 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 оцінки ефективності застосування вітамінного комплексу для підвищення яєчної продуктивності курей-несучок в умовах фермерського господарства фермерського господарства «Стронг», Бериславського району, Херсонської області.

Малі приватні господарства часто мають обмежений доступ до повноцінних комбікормів, тому білково-вітамінні добавки можуть компенсувати нестачу поживних речовин. Такі господарства стикаються з певними викликами, а саме: необхідність правильно розраховувати дозування, щоб уникнути перевитрат чи дефіциту; важливо враховувати місцеву кормову базу (зерно, зелень, відходи) і доповнювати її комплексами.

Тому вивчення можливості застосування білково-вітамінних комплексів в раціонах курей яєчного напрямку в невеликих фермерських, селянських господарства є актуальним напрямком досліджень.

У ході дослідження оцінювалися такі показники:

- вік знесення першого яйця;
- досягнення різних рівнів несучості (5%, 25%, 50%, 75%);
- загальна несучість;
- середня маса яйця;
- вихід яєчної маси.

Для проведення дослідів було сформовано 4 групи птиці: по дві групи для кожного кросу (контрольна та дослідна). У кожній групі налічувалося по 50 голів. Дослід проводився з 16 тижневого віку курей по досягнення їх 80 – тижневого віку. До основного комбікорму вводиться 2,5% вітамінного комплексу «Хен Мікс™ Фінішер».

Підводячи підсумок, можна зазначити, що:

1. При реалізаційних цінах (6 грн/шт.) на вироблену продукцію, ми отримали від курей дослідних груп додатково грошових надходжень, відповідно – 30 000 та 48 000 гривень або відповідно 600 і 960 грн з однієї курки.

2. На основі результатів застосування вітамінного комплексу «Хен Мікс™» можемо зазначити підвищення яєчної продуктивності курей стада (дослідна група) у порівнянні середньорічним показником на 6,5 штук яєць, та отримання додатково чистого прибутку в об'ємі – 78 000 грн за період проведення досліджень.

3. Застосування преміксів «Хен Мікс™» сприяє досягненню високої ефективності, одночасно оптимізуючи витрати на формування раціону.

Ключові слова: білково-вітамінний комплекс, крос, вік несучості, несучість, середня маса яйця, вихід яєчної маси, повнораціонні корми.

Karpenko O.V. Evaluation of the effectiveness of using a vitamin complex to increase egg production of laying hens in the conditions of farms in Southern Ukraine

The article presents the results of research on the assessment of the effectiveness of using a vitamin complex to increase egg production of laying hens in the conditions of the farm of the farm "Strong", Berislavsky district, Kherson region.



© Карпенко О.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Small private farms often have limited access to high-quality compound feeds, so protein-vitamin supplements can compensate for the lack of nutrients. Such farms face certain challenges, namely: the need to correctly calculate the dosage in order to avoid overspending or deficiency; it is important to take into account the local feed base (grain, greens, waste) and supplement it with complexes. Therefore, studying the possibility of using protein-vitamin complexes in the diets of laying hens in small farms, peasant farms is a relevant area of research.

During the study, the following indicators were evaluated: age of laying the first egg; achievement of different levels of egg production (5%, 25%, 50%, 75%); total egg production; average egg weight; egg mass yield.

4 groups of poultry were formed for the experiment: two groups for each cross (control and experimental). Each group had 50 heads. The experiment was conducted from the 16-week-old age of the chickens until they reached 80 weeks of age. 2.5% of the vitamin complex "Hen MixTM Finisher" is added to the main feed. Summing up, it can be noted that:

1. At sales prices (6 UAH/piece) for the produced products, we received additional cash income from the chickens of the experimental groups, respectively – 30,000 and 48,000 UAH or 600 and 960 UAH per chicken.

2. Based on the results of using the vitamin complex "Hen MixTM", we can note an increase in egg productivity of the hens of the flock (research group) compared to the average annual figure by 6.5 eggs, and obtaining additional net profit in the amount of 78,000 UAH for the research period.

3. The use "Hen MixTM" premixes contributes to achieving high efficiency, while optimizing the costs of ration formation.

Key words: *protein-vitamin complex, cross, egg laying age, egg production, average egg weight, egg mass yield, complete feed.*

Постановка проблеми. Останніми роками для підвищення ефективності птахівництва було запропоновано низку методів корекції захисних властивостей організму птахів. Важливе місце в технології їх вирощування займають спеціально збалансовані корми, збагачені біологічно активними речовинами, такими як вітаміни, мікроелементи, пробіотики та антиоксиданти. Більша частина вітамінів не синтезується організмом, що робить їх невід’ємною складовою раціону [1, с. 40-42].

Вітаміни надходять в організм птахів з кормами як у готовому вигляді, так і у формі провітамінів. Часом частина з них може синтезуватися мікрофлорою кишечника. Проте авітамінози виникають, коли спостерігається дефіцит вітамінів або провітамінів у раціоні. Цьому сприяє також введення надмірної кількості певних речовин у корма (наприклад, жирів чи білків), які посилюють потребу у конкретних вітамінах. До цього додається використання антибіотиків, сульфаніламідів і кокцидіостатиків, що пригнічують біосинтез вітамінів у кишечнику. Потреба у вітамінах різко зростає за наявності інфекцій, розладів травлення чи інших патологічних станів, які порушують їх утворення. За даними Корнельського університету (США), при дії стрес-факторів необхідність у вітамінах груп А, D, В2, В12, а також тютюновій і пантотеновій кислотах збільшується удвічі, тоді як у вітамінах Е та К вона зростає майже вчетверо. У зв’язку з цим рекомендується додавати до кормів 10-12 різноманітних вітамінних добавок [2].

Обмін вітамінів у пташиному організмі є нестабільним і залежить від багатьох чинників, таких як вид, порода, вік, фізіологічний стан птиці, умови утримання, сезон року, а також співвідношення поживних речовин і вітамінів у кормі. Кожен із цих факторів впливає на ступінь засвоєння вітамінів і, відповідно, на зоотехнічні показники.

Нестача вітамінів суттєво знижує здатність організму засвоювати поживні речовини з корму. Це призводить до порушень функціонування окремих органів, зниження опірності організму до інфекцій, а також розвитку патологічних процесів.

Такий дефіцит може проявлятися спочатку у прихованих формах як гіповітамінози, які за відсутності корекції поступово переходять в авітамінози [3, с. 101-113].

Малі господарства часто мають обмежений доступ до повноцінних комбікормів, тому білково-вітамінні добавки можуть компенсувати нестачу поживних речовин. Такі господарства стикають з певними викликами:

- необхідність правильно розраховувати дозування, щоб уникнути перевищень чи дефіциту;
- важливо враховувати місцеву кормову базу (зерно, зелень, відходи) і доповнювати її комплексами.

Тому вивчення можливості застосування білково-вітамінних комплексів в раціонах курей яєчного напрямку в невеликих фермерських, селянських господарства є актуальним напрямком досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основна мета використання кормових добавок полягає в отриманні додаткового прибутку та забезпеченні високої рентабельності у виробництві. У птахівництві застосування таких добавок сприяє зростанню продуктивності птиці, а також допомагає збалансувати кормові суміші за вмістом мінеральних речовин і вітамінів.

Застосування системи БМВД максимально спрощує процес приготування комбікормів власними силами на кормоцехах чи комбікормових заводах. Для отримання корму достатньо змішати добавку БВД із зерновою основою господарства. Норма введення таких добавок варіюється від 5% до 25% від загальної маси комбікорму, а сам процес змішування з зерном може виконуватися на простих конструкціях [4, с. 183-188].

Втім, використання БВД має й певні обмеження. Воно дещо знижує оперативність коригування раціону спеціалістами у відповідь на зміни продуктивності, якості яєць чи рівня споживання корму. Тому важливо ретельно підходити до вибору компонентів та забезпечити максимально якісне змішування БВД із зерновими сумішами, щоб досягти оптимального результату [5, с. 55-57].

Деякі кормові добавки, що додаються до раціону птиці, майже не містять поживних речовин. Їх кількість у раціоні може становити від 0,001% до 1%. Однак ці добавки значно впливають на процеси травлення, оптимізуючи їх і мінімізуючи негативні наслідки, пов'язані з промисловим вирощуванням тварин і птиці. Сьогодні існує широкий спектр таких кормових добавок, які застосовують у годівлі. До них належать сорбенти, підкислювачі, пробіотики, засоби для стимуляції апетиту та травлення, гепатопротектори, смакові добавки, препарати на основі фітоекстрактів, а також добавки з компонентами імунної системи (наприклад, імуноглобуліни та лізоцим), що сприяють санації шлунково-кишкового тракту від патогенних агентів [6, с. 198-202]. Рациональне використання цих добавок дозволяє перетворити мало рентабельне виробництво на успішний бізнес із стабільним рівнем прибутковості.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є оцінка ефективності застосування вітамінного комплексу для підвищення яєчної продуктивності курей-несучок в умовах фермерських господарств півдня України. У ході дослідження оцінювалися такі показники:

- вік знесення першого яйця;
- досягнення різних рівнів несучості (5%, 25%, 50%, 75%);
- загальна несучість;
- середня маса яйця;
- вихід яєчної маси.

Дослідження виконувалися відповідно до загальноприйнятих зоотехнічних методик у птахівництві.

Формування груп здійснювалося за принципом аналогів, з урахуванням віку, живої маси, фізіологічного стану та продуктивності птиці. Усі групи утримувалися в однакових умовах мікроклімату, освітлення та технології утримання, що забезпечувало достовірність отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами був проведений дослідження в 2021 році на базі фермерського господарства «Стронг», Бермславського району, Херсонської області. Досліджувався вплив вітамінного комплексу «Хен Мікс™ Фінішер 1 – 2,5%» та «Хен Мікс™ Фінішер 2 – 2,5%» в різні вікові періоди на яєчну продуктивність (вік значення першого яйця, несучість, маса яйця та вихід яєчної маси) курей несучок двох кросів «Хай – Лайн білий» та «Хай – Лайн коричневий».

Для проведення дослідів було сформовано 4 групи птиці: по дві групи для кожного кросу (контрольна та дослідна). У кожній групі налічувалося по 50 голів. Дослід проводився з 16 тижневого віку курей по досягнення їх 80 – тижневого віку. Схема дослідів наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Схема дослідів

Крос	Група	Поголів'я, гол.	Годівля	
			вік птиці (16 тиж. – по досягненню 5% несучості)	вік птиці (по досягненню 5% несучості – 80 тижнів)
Хай – Лайн білий	контрольна	50	повнораціонний комбікорм фірми «АГРО – КОМ»	повнораціонний комбікорм фірми «АГРО – КОМ»
	дослідна	50	введення до існуючого комбікорму 2,5% премікса «Хен Мікс™ Фінішер 1»	введення до існуючого комбікорму 2,5% премікса «Хен Мікс™ Фінішер 2»
Хай – Лайн коричневий	контрольна	50	повнораціонний комбікорм фірми «АГРО – КОМ»	повнораціонний комбікорм фірми «АГРО – КОМ»
	дослідна	50	введення до існуючого комбікорму 2,5% премікса «Хен Мікс™ Фінішер 1»	введення до існуючого комбікорму 2,5% премікса «Хен Мікс™ Фінішер 2»

Під час дослідів згодовування комбікорму відбувалося в таких об'ємах: контрольна і дослідна група для кросу «Хай – Лайн білий» – 110 г/гол/добу; контрольна і дослідна група для кросу «Хай – Лайн коричневий» – 114 г/гол/добу згідно рекомендацій по утриманню курей даних кросів [7, 8]. До основного комбікорму вводиться 2,5% вітамінного комплексу. Цим повністю виключається введення таких компонентів, як премікс (0,5%), лізину та метіоніну.

Під час дослідів клітки з птицею були помічені різної фарбою. Результати дослідів наведені в таблиці 2.

Проаналізувавши отримані результати дослідів, ми можемо зробити певні висновки, а саме:

- під час застосування комплексу «Хен Мікс™ Фінішер 1» вік знесення першого яйця в дослідних групах для обох кросів наставав раніше. Для кросу «Хай Лайн білий» в 121 день, що на 5 днів раніше ніж у контрольній групі, а для кросу «Хай Лайн коричневий» у 128 днів, що на 2 дні раніше за контрольну групу;

Таблиця 2

Основні результати досліджень (16–80 тижнів)

Показник	Крос			
	«Хай – Лайн білий»		«Хай – Лайн коричневий»	
	група			
	контрольна	дослідна	контрольна	дослідна
Поголів'я, гол.	50	50	50	50
Вік досягнення інтенсивності несучості, дні				
знесення 1 яйця	126	121	130	128
5%	136	130	139	133
25%	148	143	152	147
50%	160	156	164	159
75%	183	178	188	182
Несучість на середню курку – несучку, шт. яєць	306	311	298	306
+ / -, шт. яєць	-	+ 5	-	+ 8
+ / -, %	-	+ 1,63	-	+ 2,68
Середня маса яйця, г.	62,4	62,9	64,4	65,3
+ / -, г	-	+ 0,5	-	+ 0,9
+ / -, %	-	+ 0,80	-	+ 1,39
Вихід яєчної маси на середню курку несучку, кг	19,09	19,56	19,19	19,98
+ / -, кг	-	+ 0,47	-	+ 0,79
+ / -, %	-	+ 2,46	-	+ 4,12

Примітка: Різниця між групами є статистично достовірною ($p < 0,05$)

- тенденція досягнення певних вікових показників дослідних груп птиці раніше ніж для контрольних (для 5%, 25%, 50%, та 75% продуктивності) зберігалася і в подальшому. Вік досягнення 75% продуктивності птиці дослідних груп для обох кросів становив 178 та 182 дні, що відповідно раніше ніж у контрольних групах на 5 та 6 днів;

- в наслідок застосування комплексу «Хен Мікс™ Фінішер 2» після настання 5% продуктивності несучість курей дослідних груп перевищувала показники контрольної групи і становила відповідно 311 та 306 штук яєць у порівнянні з контрольними групами – 306 та 298 штук яєць на середню курку. Це на 1,63% та 2,68% вище за показники контрольних груп.

- також отримані вищі показники середньої маси яєць для дослідних груп, відповідно на 0,5 та 0,9 г. Це на 0,8% та 1,39% вище за показники контрольних груп птиці;

- в залежності від несучості та маси яєць отримано вихід яєчної маси на середню курку – несучку для дослідних груп – 19,56 та 19,98 кг., що на 2,46% та 4,12% вище за показник контрольних груп.

Отже, за всіма досліджуваними показниками (несучість, маса яйця та вихід яєчної маси) дослідні групи переважають контрольні, що свідчить про ефективність досліджуваного фактора.

Висновки і пропозиції. Підводячи підсумок, можна зазначити, що:

1. При реалізаційних цінах (6 грн/шт.) на вироблену продукцію, ми отримали від курей дослідних груп додатково грошових надходжень, відповідно – 30 000 та 48 000 гривень або відповідно 600 і 960 грн з однієї курки.

2. На основі результатів застосування вітамінного комплексу «Хен Мікс™» можемо зазначити підвищення яєчної продуктивності курей стада (дослідна група) у порівнянні середньорічним показником на 6,5 штук яєць, та отримання додатково чистого прибутку в об'ємі – 78 000 грн за період проведення досліджень.

3. Застосування преміксів «Хен Мікс™» сприяє досягненню високої ефективності, одночасно оптимізуючи витрати на формування раціону.

Отже, для підвищення яєчної продуктивності курей-несучок та отримання додатково прибутку рекомендується фермерським господарствам Півдня України розглянути можливість придбання вітамінного комплексу «Хен Мікс™» та включення його до раціонів годівлі різних вікових груп курей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бігун Ю.П. Доцільність застосування біологічних кормових добавок у птахівництві та їх вплив на якість продукції. *Проблеми харчування*. 2006. № 3. С. 40-42.

1. 2. Добавки для птиці. Поліпшення якості кормів. URL: https://www.systopt.com.ua/article-dobavky-dlya-ptytsi-polipshennya-yakosti-kormiv?srsId=AfmBOoqZsGer97KhP5X7zsBTdz_-4v6a55uPeVleq-nr55gVi9p6XufX (дата звернення 15.04.2026)

2. Lyasota, V., Tkachuk, S., Tereshko, B., Prilipko, T., Bukalova, N., Bogatko, N., Savchuk, L., & Kolodka, A. The impact of probiotics protecto-active on cattle productivity and beef quality. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 2019. 15(5), P. 101-113. <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.05.011>

3. Карпенко О.В., Баюра Б.М., Фізар Л.С. Дослідження факторів освітлення та годівлі під час утримання промислового стада курей-несучок у господарствах південного регіону України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 119. С. 183-188.

4. Бомко В.С., Сиваченко Є.В., Сметаніна О.В. Корми і кормові добавки та ефективність їх використання в годівлі тварин: навч. посібник. Біла Церква. 2023. С. 55-57.

5. Храполович І.В., Ведмеденко О.В. Шляхи підвищення росту і розвитку птиці. *Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний стан та перспективи розвитку тваринництва України в умовах євроінтеграції»*. ХДАЕУ. Херсон. 2021. с. 198-202.

6. Hy-Line W-80. Performance standards guide. URL: <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/W-80/80%20STD%20ENG.pdf> (дата звернення 25.04.2026)

7. Hy-Line Brown. Performance standards guide. URL: <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20STD%20ENG.pdf> (дата звернення 25.04.2026)

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.452:631.471(477.82)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.30>

ЯКІСНА ОЦІНКА РОДЮЧОСТІ ТЕМНО-СІРИХ ОПІДЗОЛЕНИХ ҐРУНТІВ МАЛОГО ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА РІВНЕНСЬКОГО РАЙОНУ В УМОВАХ КОРОТКОРОТАЦІЙНОЇ СІВОЗМІНИ

Вознюк С.А. – аспірант кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства
ім. С.Т. Вознюка,
Національний університет водного господарства та природокористування
orcid.org/0009-0004-3143-5178

У статті представлено комплексну якісну оцінку родючості ґрунту агровиробничої групи 49д – темно-сірих опідзолених і реградованих ґрунтів та чорноземів опідзолених і реградованих слабозмитих середньосуглинкових – площею 0,28 га в умовах короткоротаційної трипільної сівозміни (соя – пшениця озима – картопля) малого фермерського господарства Рівненської області. Агрохімічний та еколого-агрохімічний бали розраховано відповідно до розділу 7 Методики агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (2019) за 12 показниками родючості ґрунту. Ґрунту присвоєно IV клас якості («хороші ґрунти») з еколого-агрохімічним балом 67,1. Виявлено три лімітуючі показники: рухомий цинк (найкритичніший дефіцит), рухома мідь та рухома сірка. Показники фосфору, калію, марганцю, кобальту і бору відповідають еталонному рівню або перевищують його. Вміст обмінного магнію, визначений додатково поза стандартним переліком 14 показників Методики, виявився нижчим за оптимальний діапазон. Дефіцит Cu і Zn пояснюється хелатуючим ефектом ґрунтової органічної речовини: підвищений вміст гумусу зв'язує ці елементи в недоступні для рослин комплекси – закономірність, підтверджена як вітчизняною, так і міжнародною літературою. Встановлено кореляцію між від'ємним балансом гумусу в умовах досліджуваної сівозміни і зниженими балами за показниками органічної речовини та азоту. Обговорено агрономічні наслідки виявлених дефіцитів і запропоновано пріоритетні напрями підвищення агрохімічного балу ділянки: корекція мікроелементного живлення (Cu , Zn , Mg) шляхом позакореневого підживлення, внесення сірковмісних добрив, підтримання бездефіцитного балансу органічної речовини в сівозміні. Розрахований еколого-агрохімічний бал є базовим показником для моніторингу динаміки родючості ґрунту в наступних турах агрохімічної паспортизації.

Ключові слова: якісна оцінка ґрунту, агрохімічний бал, еколого-агрохімічний бал, темно-сірий опідзолений ґрунт, агровиробнича група 49д, лімітуючі фактори родючості, Рівненська область.



© Вознюк С.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Vozniuk S.A. Qualitative Assessment of Dark Grey Podzolized Soil Fertility on a Small Private Farm of Rivne District under Short-Rotation Crop Sequence Conditions

The paper presents a comprehensive quality assessment of the soil fertility in agroproduction group 49d – dark grey podzolized and regraded soils and podzolized and regraded weakly eroded medium loam chernozems – covering an area of 0.28 ha under a short-rotation three-field crop rotation (soybean – winter wheat – potato) at a small farm in Rivne Oblast, Ukraine. The agrochemical and eco-agrochemical scores were calculated in accordance with Section 7 of the Methodology for Agrochemical Certification of Agricultural Lands (2019) using 12 soil fertility indicators. The soil was assigned Quality Class IV ('good soils'), with an eco-agrochemical score of 69.9. Three limiting indicators were identified: mobile zinc (the most critical deficiency), mobile copper, and mobile sulphur. The indicators for phosphorus, potassium, manganese, cobalt, and boron met or exceeded the reference levels. The exchangeable magnesium content, determined additionally outside the standard 14-indicator list of the Methodology, was found to be below the optimal range. The deficiency of Cu and Zn is attributed to the chelating effect of soil organic matter: elevated humus content binds these elements into plant-unavailable complexes, a pattern well-documented in both national and international literature. A correlation was established between the negative humus balance under the studied crop rotation and the reduced scores for organic matter and nitrogen indicators. The agronomic implications of the identified deficiencies are discussed, and priority directions for improving the agrochemical score of the study plot are proposed: correction of micronutrient nutrition (Cu, Zn, Mg) through foliar fertilization, application of sulphur-containing fertilizers, and maintenance of a non-deficit organic matter balance in the crop rotation. The calculated eco-agrochemical score serves as a baseline for monitoring soil fertility dynamics in subsequent agrochemical certification cycles.

Key words: soil quality assessment, agrochemical score, eco-agrochemical score, dark grey podzolized soil, agroproduction group 49d, limiting soil fertility factors, Rivne Oblast.

Актуальність теми дослідження. Якісна оцінка ґрунту є невід'ємною складовою раціонального землекористування і науково обґрунтованого ведення сільськогосподарського виробництва. На відміну від традиційного агрохімічного аналізу, який характеризує окремі показники родючості, якісна оцінка дозволяє отримати інтегральний показник – агрохімічний бал, що відображає загальний рівень родючості у порівнянні з еталонним ґрунтом [1]. Цей підхід є особливо цінним для малих фермерських господарств, де прийняття рішень щодо системи удобрення та заходів з відтворення родючості потребує чіткої пріоритизації на основі об'єктивних даних.

Постановка проблеми. Темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані слабозмиті середньосуглинкові (агрогрупа 49д) є типовими для Рівненської області та Західного Лісостепу. Незважаючи на відносно сприятливий агрохімічний фон, ці ґрунти мають характерні обмеження родючості, пов'язані з дефіцитом ряду мікроелементів та зниженим вмістом рухомої сірки [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методологічну основу якісної оцінки ґрунтів в Україні становить Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (2019) [1]. Метод базується на порівнянні фактичних значень показників з еталонними, де за 100 балів прийнято оптимальний рівень показника еталонного ґрунту. Цей підхід відповідає принципу закону оптимуму і дозволяє об'єктивно ідентифікувати як дефіцитні, так і надлишкові показники [4, 1].

Результати моніторингу ґрунтів України свідчать про тенденцію до зниження вмісту гумусу і мікроелементів в орному шарі внаслідок інтенсивного землекористування [2]. Дослідженнями встановлено, що на ґрунтах Лісостепу основними лімітуючими показниками агрохімічного балу є вміст гумусу, рухомих форм Cu і Zn та запаси продуктивної вологи [2]. Фатєєв А. І. і Мірошніченко М. М. [5]

встановили, що для темно-сірих опідзолених ґрунтів Лісостепу характерний природний дефіцит рухомої міді і цинку, який посилюється за підвищеного вмісту органічної речовини.

У міжнародній практиці інтегральні підходи до оцінки якості ґрунту широко застосовуються для виявлення лімітуючих факторів. Tóth G. et al. (2016) у великомасштабному дослідженні ґрунтів ЄС підтвердили, що дефіцит Cu і Zn є поширеною проблемою на ґрунтах із високим вмістом органічної речовини і нейтральною реакцією [6]. Alloway B. J. (2008) систематизував механізми зниження доступності мікроелементів залежно від pH і вмісту органічної речовини [7]. Kabata-Pendias A. (2010) описала хелатуючий ефект гумусових кислот щодо Cu і Zn як ключовий фактор їх дефіциту на гумусних ґрунтах [3].

Практичні аспекти агрохімічної паспортизації в Україні висвітлено у роботах Волонтира А. В. і Ротте С. В. [8], питання динаміки родючості ґрунтів Рівненської області – у дослідженнях Долженчука В. І. і Крупко Г. Д. [9]. Класифікацію агровиробничих груп ґрунтів та характеристику агрогрупи 49д наведено у праці Полупана М. І. та ін. [10].

Об'єктом нашого дослідження є ґрунт агровиробничої групи 49д – темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані слабозмиті середньосуглинкові – площею 0,28 га малого фермерського господарства Рівненського району Рівненської області в умовах короткоротаційної трипільної сівозміни (соя – пшениця озима – картопля).

Предметом дослідження є показники родючості ґрунту, їх бальна оцінка відповідно до Методики агрохімічної паспортизації 2019 року та виявлення лімітуючих факторів, що знижують агрохімічний бал ділянки.

Мета – провести якісну оцінку родючості ґрунту за методом розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балів, визначити лімітуючі фактори родючості, встановити їх причини і обговорити агрономічні наслідки для управління родючістю ділянки.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводилося на ділянці площею 0,28 га малого фермерського господарства Рівненського району Рівненської області. Ґрунтовий покрив представлений агровиробничою групою 49д – темно-сірими опідзоленими і реградованими ґрунтами та чорноземами опідзоленими і реградованими слабозмитими середньосуглинковими. Щільність складення орного шару – 1,19 г/см³. Сівозміна трипільна: соя – пшениця озима – картопля.

Агрохімічне обстеження орного шару ґрунту (0–30 см) виконано акредитованою лабораторією Рівненським регіональним центром ДУ «Держґрунтохорона» з використанням стандартизованих методів відповідно до вимог ДСТУ 4362:2004 [4] та Методики агрохімічної паспортизації [1]. Рухомі сполуки фосфору і калію визначено методом Чирікова, рекомендованим для ґрунтів із нейтральною реакцією середовища. Вміст гідролізованого азоту визначено за методом Корнфілда, гумусу – за Тюрнімом, мікроелементів – з використанням ацетатно-амонійного буферного розчину (pH 4,8), сірки – за ДСТУ 8347:2015, обмінного магнію – комплексометричним методом, бору – за методом Бергера і Труога. Вміст обмінного магнію визначено додатково поза переліком 14 стандартних показників Методики для повноти характеристики мікроелементного живлення ґрунту.

Максимально можливі запаси продуктивної вологи (ММЗПВ) у шарі 0–100 см прийнято з агрокліматичних довідникових даних для Рівненської області – 165 мм.

Якісну оцінку проведено за Методикою [1]. Ділянка складається з однієї ґрунтової відміни (агрогрупа 49д), тому розрахунок середньозваженого балу не

проводився. Поправочний коефіцієнт на нейтральну реакцію ґрунтового розчину становить 1,00; кліматичний коефіцієнт для Рівненської області – 0,93. Коефіцієнти на забруднення не застосовувалися.

Результати досліджень. Бальна оцінка показників родючості та виявлення лімітуючих факторів. Розрахунок балів за 12 визначеними показниками проведено за формулою 1 Методики [1]. Результати оцінки наведено в табл. 1.

$$B_i = \frac{a_i \cdot 100}{v_i}, \quad (1)$$

де B_i – бал i -го показника; a_i – бал ґрунту за вмістом i -го показника; v_i – еталонне значення i -го показника.

Таблиця 1

Бальна оцінка показників родючості ґрунту агрогрупи 49д

Показник	Клас забезпеченості	Бал (B_i)	Оцінка
ММЗПВ, шар 0-100 см	достатній	82,5	норма
Сума увібраних основ	середній	61,7	норма
Гумус	підвищений	58,1	норма
N (легкогідролізований)	дуже високий	58,7	норма
P ₂ O ₅	дуже високий	100,0	норма
K ₂ O	дуже високий	100,0	норма
S	низький	45,8	дефіцит
Mn	вище норми	100,0	норма
Zn	нижче норми	17,1	дефіцит
Cu	нижче норми	31,4	дефіцит
Co	норма	100,0	норма
B	вище норми	100,0	норма
Mo	не визначався	—	—

Примітка: Mo – лабораторією не визначається; виділено червоним – дефіцитні показники; якщо фактичне значення перевищує еталонне, бал обмежується 100

Більшість показників родючості знаходяться в нормі або перевищують еталонний рівень. Забезпеченість рухомими сполуками фосфору і калію відповідає найвищому класу; марганець, кобальт і бор також отримують максимальний бал. ММЗПВ, сума увібраних основ, гумус і гідролізований азот знаходяться в прийнятному діапазоні, хоча й дещо нижче еталонного рівня, що є типовим для ґрунтів агрогрупи 49д порівняно з еталонними чорноземами середньогумусними [9, 10].

Натомість три показники є виразно лімітуючими. Найнижчий бал отримав цинк – суттєво нижче оптимуму. Мідь також знаходиться значно нижче еталонного рівня. Дефіцит Cu і Zn є закономірним для ґрунтів із підвищеним вмістом органічної речовини: гумус зв'язує ці елементи в стабільні хелатні комплекси, знижуючи їх рухомість і доступність для рослин [3, 7]. Це підтверджується і результатами регіональних досліджень [5, 9]. Сірка отримала бал нижче оптимального, що є характерною особливістю ґрунтів досліджуваного типу і потребує врахування при плануванні системи удобрення.

Окремо слід зазначити обмінний магній, визначений додатково поза переліком 14 показників Методики [1]: його вміст у ґрунті виявився нижчим за оптимальний діапазон. Дефіцит Mg у поєднанні з дефіцитом Cu і Zn вказує на необхідність цілеспрямованої корекції мікроелементного живлення рослин, зокрема через позакореневе підживлення у критичні фази вегетації.

Розрахунок агрохімічного та еколого-агрохімічного балів. Агрохімічний бал розраховано як середнє балів макроелементних показників і середнього балу мікроелементів з урахуванням поправочного коефіцієнта на реакцію ґрунтового розчину (формула 2).

$$B = \frac{B_{\text{БММЗПВ}} + B_{\text{основи}} + B_{\text{зум}} + B_N + B_{\text{P}_2\text{O}_5} + B_{\text{K}_2\text{O}} + B_S + \left(\frac{B_{\text{Mn}} + B_{\text{Zn}} + B_{\text{Cu}} + B_{\text{Co}} + B_{\text{Mo}} + B_B}{n} \right)}{n} \cdot K_{\text{pH}}, \quad (2)$$

де B – агрохімічний бал агровиробничої групи; БММЗПВ, Бгум,...,Бв – бал за окремими показниками ґрунту; n – кількість доданків у чисельнику; K_{pH} – поправочний коефіцієнт за реакцією ґрунтового розчину.

Еколого-агрохімічний бал отримано множенням агрохімічного на кліматичний коефіцієнт (формула 3).

$$B_e = B \cdot K_{\text{клімат}} \cdot K_{\text{зрош}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n, \quad (3)$$

де B_e – еколого-агрохімічний бал; K_{клімат} – поправочний коефіцієнт на кліматичні умови; K_{зрош} – поправочний коефіцієнт на зрошення; K₁, K₂, K_n – поправочні коефіцієнти на негативні властивості.

Підсумок розрахунку наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**Підсумок якісної оцінки родючості ґрунту ділянки
(агрогрупа 49д, площа 0,28 га)**

Показник	Бал за макроелементами	Бал за мікроелементами
Середній бал групи показників	72,4	69,7
Поправочний коефіцієнт на рН (нейтральний)	× 1,00	
Агрохімічний бал	72,1	
Кліматичний коефіцієнт (Рівненська обл.)	× 0,93	
Еколого-агрохімічний бал	67,1	
Клас якості	IV клас – хороші ґрунти	

Еколого-агрохімічний бал 67,1 відповідає IV класу якості («хороші ґрунти», 70–61 балів [1]). Цей результат підтверджує достатній потенціал родючості ділянки для ведення інтенсивного землеробства в умовах короткоротаційної сівозміни.

Лімітуючі фактори та агрономічні рекомендації щодо підвищення балу родючості. У попередній публікації авторами обґрунтовано баланс гумусу в умовах короткоротаційної сівозміни [12]. Від’ємний баланс гумусу, встановлений для умов досліджуваної короткоротаційної сівозміни [12], безпосередньо пояснює, чому бали за гумусом і гідролізованим азотом є нижчими за еталонний рівень. Без компенсуючих заходів тенденція до зниження вмісту органічної речовини збережеться і з часом знижуватиме загальний агрохімічний бал ділянки. Для

стабілізації гумусного балансу доцільним є застосування сидератів, побічної продукції (солома) або органічних добрив.

Дефіцит Cu і Zn є найбільш критичним лімітуючим фактором: їх низькі бали (17,1 і 31,4 відповідно) суттєво знижують загальний агрохімічний бал. При переході цих показників до нормального рівня еколого-агрохімічний бал ділянки міг би зрости до рівня III класу (80–71 балів). Оскільки дефіцит обумовлений хелатуванням органічною речовиною [3, 7], найефективнішим агрономічним заходом є позакореневе підживлення хелатними формами Cu і Zn у критичні фази вегетації культур сівозміни.

Аналогічно слід діяти щодо магнію, дефіцит якого виявлено додатково.

Сірка потребує корекції через внесення сірковмісних добрив: сульфату амонію, простого суперфосфату або елементарної сірки. Підвищення вмісту S до оптимального рівня дозволило б підняти її бал з 45,8 до 100, що дало б приріст загального агрохімічного балу приблизно на 3–4 одиниці. Сірка також є важливим елементом для формування якості білка і клейковини зерна пшениці [7, 11].

Таким чином, комплексне усунення чотирьох виявлених дефіцитів (Zn, Cu, S, Mg) у поєднанні зі стабілізацією гумусного балансу є реалістичним і агрономічно обґрунтованим шляхом переведення ґрунту ділянки з IV до III класу якості.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Якісна оцінка родючості ґрунту агровиробничої групи 49д показала IV клас якості («хороші ґрунти», еколого-агрохімічний бал 67,1), що підтверджує достатній потенціал родючості для ведення інтенсивного землеробства в умовах короткоротаційної сівозміни у Рівненській області. Виявлено чотири лімітуючі фактори родючості у порядку зростання балу: рухомий цинк (найкритичніший дефіцит), рухома мідь і рухома сірка, магній. Показники фосфору, калію, марганцю, кобальту і бору відповідають еталонному рівню або перевищують його. Вміст обмінного магнію, визначений додатково, є нижчим за оптимальний діапазон.

Від’ємний баланс гумусу в умовах досліджуваної сівозміни [12] в перспективі може спричинити зниження балів за гумусом і азотом. Для підвищення цих показників необхідне застосування органічних добрив, сидератів та залишення соломи на полі.

Пріоритетними напрямками підвищення агрохімічного балу є: позакореневе підживлення хелатними формами Cu, Zn і Mg у критичні фази вегетації; внесення сірковмісних добрив; підтримання бездефіцитного балансу органічної речовини в сівозміні. Комплексне усунення виявлених дефіцитів є реалістичним шляхом переведення ґрунту з IV до III класу якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. Яцука І. П., Балюка С. А. 2-ге вид. Київ, 2019. 108 с.
2. Медведєв В. В. Моніторинг ґрунтів України. Харків : Антика, 2003. 428 с.
3. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th ed. Boca Raton : CRC Press, 2010. 534 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/b10158>
4. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 18 с.
5. Фатєєв А. І., Мірошніченко М. М. Фонові вміст і склад сполук важких металів та мікроелементів у ґрунтах України. Харків : ННЦ ІГА, 2003. 151 с.
6. Tóth G., Hermann T., Da Silva M. R., Montanarella L. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment International*. 2016. Vol. 88. P. 299–309. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.017>

7. Alloway B. J. (ed.) *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*. Dordrecht : Springer, 2008. 352 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6860-7>.
8. Волонтир А. В., Ротте С. В. Агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення. Формування сталого землекористування: проблеми та перспективи : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 11 – 12 листопада 2021 р.) / НААН України, Інститут землекористування. К. : НУБіП України, 2021. 123 с. ISBN 978-617-7878-87-1. С. 77. URL : <https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/9500>.
9. Долженчук В. І., Крупко Г. Д. Динаміка родючості ґрунтів Рівненської області. *Охорона родючості ґрунтів* : наук. збірник. Вип. 6. Київ : Центр-держродючість, 2010. С. 52–57. URL : https://www.old.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/ohorona_roduchosti_gruntiv-6.pdf#page=53
10. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України. Київ : Аграрна наука, 2005. 300 с.
11. Балюк С. А., Греков В. О., Лісовий М. В., Комариста А. В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків : КП «Міська друкарня», 2011. 30 с.
12. Мошинський В. С., Вознюк С. А. Баланс гумусу в короткоротаційній сівозміні малих фермерських господарств Західного Лісостепу. *Вісник НУБіП, серія «Сільськогосподарські науки»*, Вип. 4(112), 2025. С. 168-179. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs4202513>.

Дата першого надходження статті до видання: 22.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 631.416:504.054:631.95(477.81)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.31>

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ РАДІОНУКЛІДОМ ¹³⁷CS НА ТЕРИТОРІЇ САРНЕНСЬКОГО РАЙОНУ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Гушук В.І. – аспірант кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства імені С.Т. Вознюка,

Національний університет водного господарства та природокористування
orcid.org/0009-0009-7335-7477

У статті наведено результати дослідження сучасного радіоекологічного стану ґрунтів північної частини Рівненської області на прикладі території Сарненського району. Дослідження базується на порівняльному аналізі даних агрохімічної та радіоекологічної паспортизації земель (2011–2015 рр.) і результатів власних польових та лабораторних досліджень, проведених у 2025 році, що дозволило оцінити динаміку змін рівнів радіоактивного забруднення у часовому аспекті.

У межах дослідження проаналізовано вертикальний розподіл радіонукліду ¹³⁷Cs у ґрунтовому профілі на глибинах 0–20, 20–40 та 40–60 см у різних типах угідь (луки, ліси та орні землі). Встановлено, що максимальні значення активності радіоцезію зосереджені у верхньому горизонті ґрунту (0–20 см), де його концентрація у кілька разів перевищує показники нижчих шарів, що свідчить про обмежену швидкість вертикальної міграції радіонукліду.

Найвищі рівні забруднення виявлено у природних екосистемах (лісових і лугових ділянках), що пояснюється накопиченням радіонуклідів у органічному горизонті та лісовій підстилці, а також відсутністю механічного впливу на ґрунтовий профіль. На орних землях спостерігається більш рівномірний вертикальний розподіл ¹³⁷Cs унаслідок регулярного механічного перемішування ґрунту під час агротехнічного обробітку.

Порівняння сучасних результатів із даними агрохімічної паспортизації початку 2010-х років свідчить про поступове зниження рівнів радіоактивного забруднення ґрунтів у середньому на 20–40 %, що відповідає закономірностям природного розпаду радіонукліду, а також його перерозподілу у ґрунтовому профілі під впливом природних і антропогенних чинників.

Отримані результати підтверджують необхідність продовження системного радіоекологічного моніторингу ґрунтів Українського Полісся та впровадження агроекологічних заходів, спрямованих на зменшення переходу радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію та забезпечення екологічної безпеки агроландшафтів.

Ключові слова: радіоекологія, ¹³⁷Cs, ґрунти Полісся, радіоактивне забруднення, вертикальна міграція радіонуклідів, радіологічний моніторинг.

Hushchuk V.I. Monitoring of soil contamination by the radionuclide ¹³⁷Cs in the Sarny district of the Rivne region

The article presents the results of monitoring of radioactive contamination of soils by the radionuclide ¹³⁷Cs in the northern part of Rivne region using the example of the territory of the former Dubrovysia district (currently Sarny district). The research is based on a comparative analysis of agrochemical and radioecological land passportization data obtained during 2011–2015 and the results of field and laboratory investigations conducted in 2025.

The study focuses on determining the vertical distribution of the radionuclide ¹³⁷Cs within the soil profile and assessing the current radioecological condition of agricultural lands located in the Ukrainian Polissia region. Soil samples were collected from different types of land use, including meadow, forest and arable ecosystems, at depths of 0–20, 20–40 and 40–60 cm. The activity of the radionuclide was determined using gamma spectrometric analysis.



© Гушук В.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

The results showed that the highest concentrations of radiocaesium are concentrated in the upper soil horizon (0–20 cm), where its activity significantly exceeds the values observed in deeper layers. This distribution pattern is typical for territories contaminated after the Chernobyl nuclear power plant accident and reflects the slow vertical migration of radionuclides in sandy and organic soils typical for the Polissia region.

Higher levels of contamination were observed in natural ecosystems such as forests and meadows due to the accumulation of radionuclides in the organic soil layer and forest litter. In contrast, arable soils demonstrate a more uniform vertical distribution of ^{137}Cs caused by mechanical mixing of soil during agricultural cultivation.

Comparison of modern research results with agrochemical passportization data from the early 2010s indicates a gradual decrease in soil contamination levels by approximately 20–40%. This decrease is mainly associated with radioactive decay of ^{137}Cs and its redistribution within the soil profile over time.

The obtained results confirm the necessity of continuous radioecological monitoring of soils in the Ukrainian Polissia region and highlight the importance of implementing agroecological measures aimed at reducing the transfer of radionuclides into agricultural products and ensuring environmental safety of agricultural production.

Key words: radioecology, ^{137}Cs , soil contamination, Polissia region, radionuclide migration, environmental monitoring.

Актуальність теми дослідження. Аварія на Чорнобильській атомній електростанції у квітні 1986 року спричинила масштабне радіоактивне забруднення значних територій України, Білорусі та Росії [10, с. 15]. Найбільшого радіоекологічного впливу зазнали північні регіони України, зокрема території Українського Полісся [10, с. 84], де значні площі сільськогосподарських угідь були забруднені довгоживучими радіонуклідами, передусім ^{137}Cs та ^{90}Sr .

За результатами агрохімічної та радіологічної паспортизації сільськогосподарських угідь встановлено, що у шести найбільш постраждалих областях України площа земель із щільністю забруднення ^{137}Cs у межах 37–185 кБк/м² становила близько 885 тис. га, тоді як площа земель із забрудненням понад 555 кБк/м² перевищувала 27 тис. га. Забруднення радіонуклідом ^{90}Sr охоплювало понад 3 млн га сільськогосподарських угідь різного ступеня радіоактивного навантаження [10, с. 78; 15, р. 54].

Складність радіоекологічної ситуації в регіонах Полісся значною мірою зумовлена природними ґрунтово-кліматичними умовами. Ґрунти цієї зони характеризуються підвищеною кислотністю, низьким вмістом гумусу, недостатнім забезпеченням поживними елементами та легким гранулометричним складом [1, с. 177; 2, с. 171]. Такі властивості сприяють підвищеній мобільності радіонуклідів і їх активному переходу із ґрунту в рослини, що зумовлює тривалу циркуляцію радіоактивних елементів у трофічних ланцюгах.

Одним із важливих напрямів реабілітації забруднених територій є застосування комплексу агрохімічних і меліоративних заходів, зокрема вапнування кислих ґрунтів, внесення мінеральних добрив та оптимізація структури землекористування. Однак після 1990-х років обсяги застосування таких заходів істотно скоротилися, а системне вапнування ґрунтів у багатьох районах практично припинилося. За сучасними оцінками, площа кислих ґрунтів, що потребують першого чергового вапнування, становить близько 624 тис. га, а загалом може досягати 1,5 млн га [6, с. 42].

Зменшення обсягів внесення добрив спричинило формування від’ємного балансу поживних елементів у ґрунтах, який у окремих регіонах становить від –90 до –164 кг/га. Це не лише знижує родючість ґрунтів, але й посилює ризики переходу радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію.

Постановка проблеми. У сучасних умовах проблема використання радіоактивно забруднених земель має розглядатися у двох взаємопов'язаних аспектах: забезпечення безпечних умов проживання населення на забруднених територіях та відновлення продуктивного використання сільськогосподарських угідь.

Разом з тим, реалізація протирадіаційних заходів значною мірою обмежується економічними чинниками. За оцінками фахівців, фінансування відповідних програм в Україні протягом останніх років становить лише 10–25 % від реальної потреби. У таких умовах актуалізується питання раціонального використання ресурсів та оцінки доцільності проведення відновлювальних заходів на забруднених територіях.

Унаслідок природного радіоактивного розпаду радіонуклідів та поступової міграції їх у ґрунтовому профілі частина територій поступово переводиться до категорії умовно придатних для сільськогосподарського використання. Водночас відсутність системної агрохімічної та радіоекологічної паспортизації земель після 2010-х років створює ризики недостатнього контролю за рівнями радіоактивного забруднення [7, с. 22].

У зв'язку з цим виникає необхідність проведення нових комплексних досліджень, спрямованих на оцінку сучасного радіоекологічного стану ґрунтів, аналіз динаміки змін рівнів забруднення та визначення можливостей безпечного використання сільськогосподарських угідь у регіонах Українського Полісся.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема радіоактивного забруднення ґрунтів у регіонах, постраждалих від аварії на Чорнобильській АЕС, залишається предметом численних наукових досліджень протягом останніх десятиліть. Значна увага приділяється вивченню процесів міграції радіонуклідів у ґрунтовому середовищі, особливостям їх вертикального розподілу та накопичення у різних типах екосистем [1, с. 178].

Дослідження українських науковців свідчать, що у ґрунтах Поліської зони після випадіння радіоактивних опадів основна частина радіонукліду ^{137}Cs концентрується у верхньому горизонті ґрунтового профілю. У працях М. І. Майстренка, В. І. Долженчука, Н. М. Рідей та інших авторів розглянуто агроекологічний стан ґрунтів радіоактивно забруднених територій, закономірності накопичення радіонуклідів у різних типах угідь та ефективність агротехнічних заходів щодо зменшення їх надходження у сільськогосподарську продукцію [2, с. 171; 5, с. 36].

Окремий напрям досліджень пов'язаний із вивченням поведінки радіонуклідів у ґрунтовому профілі та оцінкою швидкості їх вертикальної міграції. За результатами досліджень встановлено, що після первинного випадіння радіоцезії поступово фіксується мінеральними частками ґрунту та органічною речовиною, що обумовлює відносно повільне переміщення радіонукліду у нижчі горизонти [4, с. 114]. Значною мірою характер міграції ^{137}Cs визначається фізико-хімічними властивостями ґрунтів, зокрема гранулометричним складом, кислотністю та вмістом гумусу.

Результати міжнародних досліджень також підтверджують, що навіть через кілька десятиліть після аварії більша частина радіоцезію залишається локалізованою у верхніх шарах ґрунту. За даними Міжнародного агентства з атомної енергії (ІАЕА) та Наукового комітету ООН з дії атомної радіації (UNSCEAR), у більшості забруднених регіонів Східної Європи понад 70–90 % активності ^{137}Cs зосереджено у верхніх 10–20 см ґрунтового профілю [15, с. 72].

Разом із тим характер вертикального розподілу радіонуклідів суттєво залежить від типу землекористування. У природних екосистемах (ліси, луки)

радіоцезій накопичується переважно у поверхневих органічних горизонтах та лісовій підстилці, тоді як на орних землях спостерігається більш рівномірний його розподіл у межах орного шару внаслідок регулярного механічного обробітку ґрунту [6, с. 17].

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, питання сучасного стану радіоактивного забруднення ґрунтів у північних районах Рівненської області залишається недостатньо вивченим. Після завершення системної агрохімічної та радіоекологічної паспортизації земель у 2010-х роках комплексні польові дослідження проводяться обмежено, що ускладнює оцінку сучасної радіоекологічної ситуації. У зв'язку з цим актуальним є проведення порівняльного аналізу сучасних результатів радіологічного контролю із даними попередніх років та дослідження вертикального розподілу радіонуклідів у ґрунтовому профілі різних типів угідь.

Мета, матеріали та методи досліджень. Метою дослідження є оцінка сучасного радіоекологічного стану ґрунтів Сарненського району Рівненської області та аналіз динаміки змін рівнів забруднення радіонуклідом ^{137}Cs шляхом порівняння результатів агрохімічної паспортизації земель (2011–2015 рр.) з даними польових і лабораторних досліджень 2025 року.

Дослідження проводилися на території Сарненського району Рівненської області. У роботі використано матеріали агрохімічної та радіоекологічної паспортизації земель (2011–2015 рр.) та результати власних польових досліджень, проведених у 2025 році.

Відбір зразків ґрунту здійснювався на території громад сіл Бережниця, Висоцьк і Милячі на ділянках різних типів угідь (луки, ліси, рілля). Для визначення вертикального розподілу радіонукліду ^{137}Cs проби відбиралися з шарів ґрунту 0–20, 20–40 та 40–60 см відповідно до «Методики комплексного радіаційного обстеження територій, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи» (2007).

Вміст ^{137}Cs у ґрунтах визначали методом гамма-спектрометрії з використанням судин Марінеллі об'ємом 1 л при тривалості вимірювання 1 година. Оцінку рівнів радіоактивного забруднення проводили відповідно до нормативів ДР-2006.

Результати дослідження. Радіоактивне забруднення ґрунтів Рівненського Полісся сформувалося внаслідок випадіння радіоактивних опадів після аварії на Чорнобильській АЕС. За результатами багаторічних досліджень встановлено, що характер і рівні забруднення значною мірою залежать від типу ґрунтів, особливостей ландшафту та умов землекористування [10, с. 215].

У поліських районах Рівненської області налічується близько 21,2 тис. га органічних ґрунтів, що становить приблизно 16,2 % від загальної площі обстежених земель. Близько 30 % цих ґрунтів характеризуються щільністю забруднення понад 37 кБк/м² (6,4 тис. га), з яких незначна частина має показники понад 185 кБк/м². Відомо, що саме органічні ґрунти характеризуються підвищеним накопиченням радіоцезію, де щільність забруднення може досягати 166,5–222 кБк/м².

Перші масштабні дослідження забруднених територій Рівненської області були проведені у 1989–1992 рр., коли здійснювалося суцільне радіологічне обстеження сільськогосподарських угідь. Результати цих досліджень показали, що площа орних земель Поліської зони зі щільністю забруднення ^{137}Cs понад 37 кБк/м² становила 82,85 тис. га, що відповідало 43,11 % обстежених орних земель Полісся або 17,36 % усіх сільськогосподарських угідь області. Найбільші площі забруднених земель були зосереджені у північних районах області: у Дубровицькому районі – 83,1 %, Рокитнівському – 79,6 %, Зарічненському – 62,1 %, Володимирецькому – 61,5 % [3, с. 31].

Подальші тури агрохімічного обстеження показали поступове зменшення площ радіоактивно забруднених земель. Зокрема, за результатами 7-го туру агрохімічного обстеження (1996-2000 рр.) площа угідь зі щільністю забруднення понад 37 кБк/м² зменшилася до 34,95 тис. га. Водночас у чотирьох найбільш постраждалих районах Полісся (Володимирецькому, Дубровицькому, Зарічненському та Рокитнівському) значна частина угідь залишалася у зоні підвищеного радіоекологічного контролю.

Важливим етапом оцінки радіоекологічного стану ґрунтів стало проведення десятого туру агрохімічної паспортизації земель Рівненської області у 2011–2015 роках. У межах цього етапу здійснювалася оцінка щільності забруднення ґрунтів радіонуклідом ¹³⁷Cs на територіях, що зазнали впливу Чорнобильської аварії [11, р. 108].

На рис. 1 наведено розподіл площ земель у трьох населених пунктах Сарненського району – Бережниця, Висоцьк і Милячі – залежно від рівнів забруднення ¹³⁷Cs.

Аналіз наведених даних свідчить, що станом на 2015 рік у селі Бережниця переважали умовно чисті землі із щільністю забруднення менше 1 Кі/км² (82,9 %). У селі Висоцьк, навпаки, більшість території характеризувалася рівнями забруднення у межах 1–5 Кі/км² (75,2 %), що свідчить про збереження підвищеного радіоекологічного навантаження на цій території. У селі Милячі спостерігалася більш змішана структура забруднення ґрунтів.

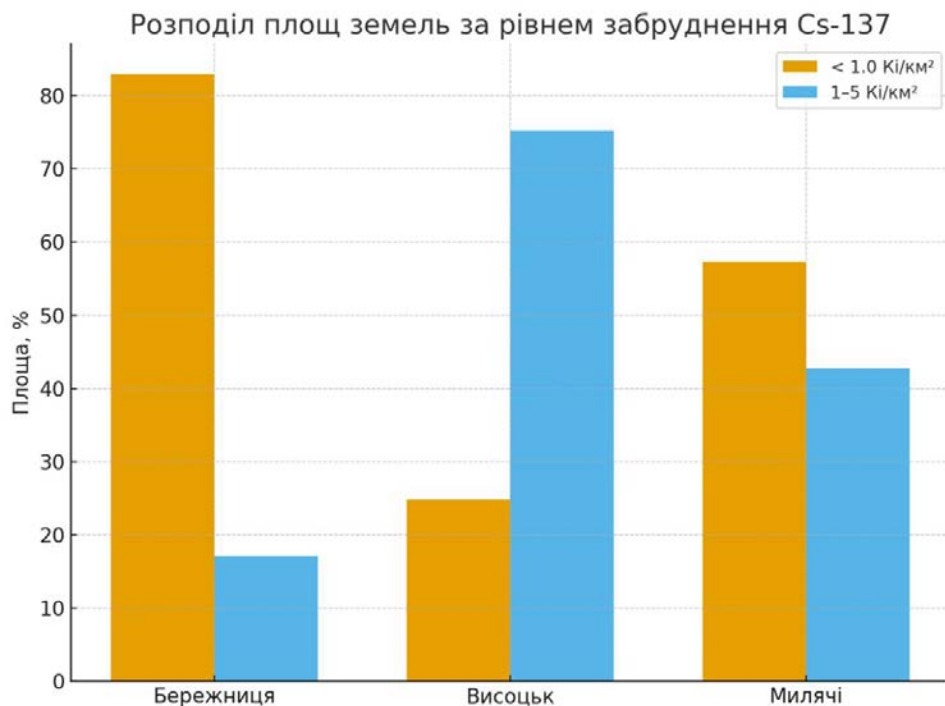


Рис. 1. Розподіл площ земель за рівнем забруднення Cs137

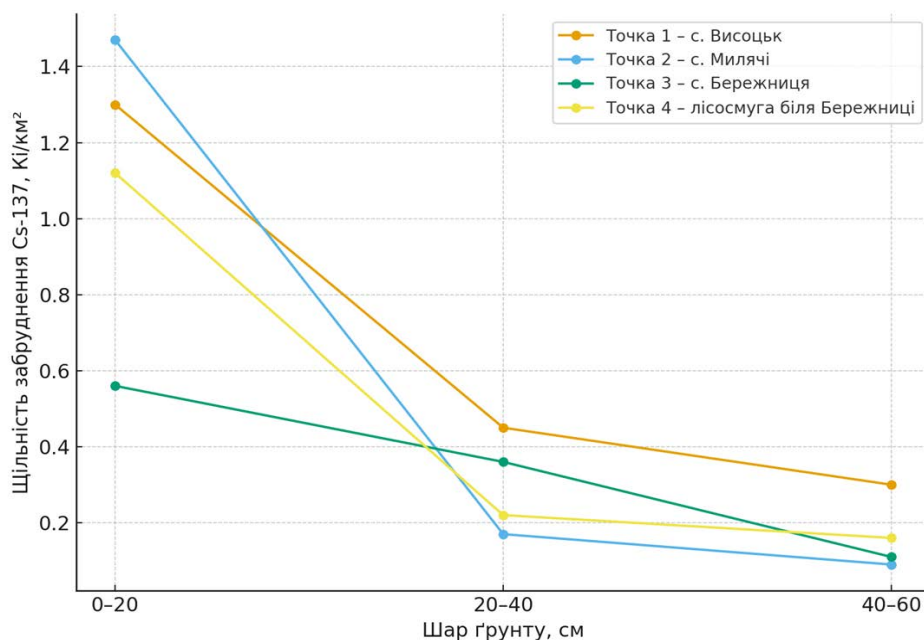
Для оцінки сучасного радіоекологічного стану ґрунтів у 2025 році було проведено власні польові дослідження на території Сарненського району. Вибір ґрунтових зразків здійснювався на території громад населених пунктів (Бережниця, Висоцьк, Милячі) на ділянках різних типів землекористування – луках, лісових масивах та орних землях.

Результати лабораторних досліджень вмісту ^{137}Cs у ґрунтовому профілі наведені у табл. 2 та на рис. 2.

Таблиця 2

Результати лабораторних досліджень

Точка	Місце відбору	Шар ґрунту, см	Щільність забруднення Cs-137 , Кі/км^2
1	Луки, пасовище с. Висоцьк	0–20	1,3
1	Луки, пасовище с. Висоцьк	20–40	0,45
1	Луки, пасовище с. Висоцьк	40–60	0,30
2	С. Милячі, західна околиця, сосновий ліс	0–20	1,47
2	С. Милячі, західна околиця, сосновий ліс	20–40	0,17
2	С. Милячі, західна околиця, сосновий ліс	40–60	0,09
3	Ріля, посіви сої, околиці с. Бережниця	0–20	0,56
3	Ріля, посіви сої, околиці с. Бережниця	20–40	0,36
3	Ріля, посіви сої, околиці с. Бережниця	40–60	0,11
4	Лісосмуга біля точки 3	0–20	1,12
4	Лісосмуга біля точки 3	20–40	0,22
4	Лісосмуга біля точки 3	40–60	0,16

Рис. 2. Розподіл Cs-137 у ґрунтовому профілі (2025 р.)

Аналіз отриманих результатів показує чітку закономірність вертикального розподілу радіонукліду ^{137}Cs у ґрунтового профілі. Найвищі значення активності радіоцезію зафіксовані у верхньому горизонті ґрунту (0–20 см), тоді як у глибших шарах (20–40 та 40–60 см) рівень забруднення зменшується у 3–10 разів.

На лугових та лісових ділянках (точки 1, 2 і 4) спостерігається найбільша концентрація радіонукліду у поверхневому шарі ґрунту. Це пояснюється накопиченням радіоцезію у органічному горизонті та лісовій підстилці, що характерно для природних екосистем. У межах орних земель (точка 3) вертикальний розподіл радіонукліду є більш рівномірним, що пов'язано з регулярним механічним обробитком ґрунту та перемішуванням орного шару.

Загалом встановлено, що сучасний рівень забруднення ґрунтів у досліджуваних ділянках становить у межах 0,5–1,5 Ки/км^2 , що відповідає територіям зони посиленого радіоекологічного контролю. Наявність значень активності понад 1 Ки/км^2 у верхньому горизонті ґрунту свідчить про необхідність подальшого моніторингу таких територій та обережного використання їх у сільськогосподарському виробництві.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Проведений аналіз результатів агрохімічної та радіоекологічної паспортизації сільськогосподарських угідь Рівненської області (2011–2015 рр.) показав, що значні площі земель північних районів області залишаються у зоні підвищеного радіоекологічного контролю. Найбільш забрудненими територіями є поліські райони, зокрема Дубровицький, Рокитнівський, Зарічненський та Володимирецький.

2. За результатами польових та лабораторних досліджень, проведених у 2025 році, встановлено, що основна частина радіонукліду ^{137}Cs зосереджена у верхньому шарі ґрунтового профілю (0–20 см). У нижчих горизонтах (20–40 та 40–60 см) активність радіоцезію зменшується у 3–10 разів, що свідчить про відносно повільну вертикальну міграцію радіонукліду.

3. Найвищі рівні забруднення ґрунтів виявлено у природних екосистемах – лісових та лугових угіддях, де радіонукліди накопичуються у верхньому органічному горизонті та лісовій підстилці. На орних землях спостерігається більш рівномірний розподіл радіоцезію у межах орного шару, що пов'язано з регулярним механічним обробитком ґрунту.

4. Порівняння сучасних результатів досліджень із даними агрохімічної паспортизації початку 2010-х років свідчить про поступове зниження рівнів радіоактивного забруднення ґрунтів у середньому на 20–40 %, що відповідає закономірностям природного радіоактивного розпаду ^{137}Cs та його перерозподілу у ґрунтовому профілі.

5. Незважаючи на загальну тенденцію до зниження активності радіонуклідів, ґрунти досліджуваних територій мають залишатися у зоні посиленого радіоекологічного контролю, що зумовлює необхідність подальшого системного моніторингу та впровадження агроєкологічних заходів, спрямованих на мінімізацію переходу радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Майстренко М. І., Дацько Л. В., Андросович Т. П. Порівняльна характеристика агроєкологічного стану ґрунтів і якості продукції у різних типах господарств. Охорона родючості ґрунтів. 2008. № 4. С. 176–180. URL: <https://share.google/bRI1H2evHvkWTWOnD>

2. Долженчук В. І., Крупко Г. Д. Агрохімічна характеристика ґрунтів Рівненщини. Охорона родючості ґрунтів. 2008. № 4. С. 170–176.
3. Шестопалов В. М. Радіоактивне забруднення і бар'єрні функції геологічного середовища в зоні відчуження. Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення Чорнобиля. К.: Інтерінформ, 2000. № 15. С. 25–39.
4. Досвід подолання наслідків Чорнобильської катастрофи / за ред. П. П. Надточія. К.: Світ, 2003. 510 с.
5. Рідей Н. М., Кічно В. О., Наумовська О. І., Сквірська Д. В. Оцінка радіологічних показників при екологічній паспортизації сільськогосподарських угідь. Агроекологічний журнал. 2007. № 4. С. 35–37.
6. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи, у віддалений період: методичні рекомендації / за заг. ред. акад. УААН Б. С. Прістера. К.: Атіка-Н, 2007. 196 с.
7. Загальнодозиметрична паспортизація населених пунктів України, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської аварії (узагальнені дані за 2001–2004 рр.). К., 2006. Збірка 10. С. 43–44. URL: <https://inis.iaea.org/records/kcc4b-86m42/files/52022212.pdf?download=1>
8. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛВЛ-моніторингу в населених пунктах України, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської аварії (узагальнені дані за 2005–2006 рр.). К., 2007. Збірка 11. С. 42–43. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/radiation-passportization-2007.pdf>
9. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді: гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1. -130-2006. К., 2006. 18 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0130282-06>
10. Кашпаров О. П., Юрченко В. І., Хомутинін Ю. В. та ін. Радіоекологічні наслідки Чорнобильської аварії у контексті сучасності. К.: Інститут радіологічного моніторингу НАН України, 2017. 412 с.
11. Хомутинін Ю. В., Кашпаров О. П., Левчук С. Є. та ін. Мобільність радіоцезію у системі ґрунт–рослина Українського Полісся. Journal of Environmental Radioactivity. 2020. Т. 213. С. 106–150. Art. 106150.
12. Бар'яхтар В. Г., Гродзинський Д. М., Лазарев М. М. Радіобіологія : підручник. Київ : Либідь, 2008. 512 с.
13. Howard B. J., Beresford N. A., Voigt G. Radionuclide Transfer to Animals and Man. Luxembourg: European Commission, 1993. 128 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/323448794_Radionuclide_transfer_to_wildlife_at_a_'Reference_site'_in_the_Chernobyl_Exclusion_Zone_and_resultant_radiation_exposures
14. Steinhauser G., Brandl A., Johnson T. E. Half-lives and biological behaviour of radionuclides. Science of the Total Environment. 2014. Vol. 470–471. pp. 800–809. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.007>
15. UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York: United Nations, 2016. 340 p. 16. UNSCEAR. Developments since the 2016 Report. New York: United Nations, 2020. 294 p.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 504.7:620.9(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.32>

ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПЛЕКС ЯК ДЕСТРУКТИВНИЙ ЧИННИК КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В УКРАЇНІ: ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Антонов М.Д. – аспірант кафедри екології та збалансованого природокористування,

Інститут сталого розвитку імені В'ячеслава Чорновола

Національного університету «Львівська політехніка»

orcid.org/0009-0008-6324-8405

Мальований М.С. – д.т.н.,

професор кафедри екології та збалансованого природокористування,

Інститут сталого розвитку імені В'ячеслава Чорновола

Національного університету «Львівська політехніка»

orcid.org/0000-0002-3868-1070

Карпій С.Є. – аспірант кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки,

Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потембіні

Запорізького національного університету

orcid.org/0009-0007-4167-7252

Паливно-енергетичний комплекс (далі ПЕК) України – один із ключових секторів економіки, що водночас є і найвагомішим джерелом антропогенного тиску на кліматичну систему. У статті здійснено спробу дослідити цю проблему комплексно, зокрема структурні характеристики галузі та поточний її стан, в тому числі зважаючи на повномасштабну війну, конкретні механізми її руйнівного впливу на клімат та пропозиції щодо виходу із ситуації. Охарактеризовано сучасний стан ПЕК України, де атомна генерація забезпечує понад 60% електровиробництва, тепла – близько 30-32%, відновлювані та гідрожерела – по 8%. Встановлено, що відповідальність за переважну більшість прямих викидів парникових газів у секторі несе саме тепла генерація, зокрема, вугільна генерація формує 80% загальнонаціонального обсягу викидів діоксиду сірки, а за рівнем SO_2 -забруднення 12 із 30 найбільш забруднюючих вугільних електростанцій Євро регіону розташовані на території України. Детально розглянуто конкретні механізми деструктивного впливу кожного виду генерації: теплових, атомних, гідро-, вітрових та сонячних електростанцій, в тому числі зроблено акцент на забруднення атмосфери, деградацію ґрунтів і водних ресурсів, здоров'я населення та руйнування екосистем. В ході дослідження виявлено, що за даними Центру досліджень в галузі енергетики і чистого повітря (CREA),



© Антонов М.Д., Мальований М.С., Карпій С.Є., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

у 2019 році шкода здоров'ю від викидів вугільних теплових електростанцій (далі ТЕС) в Україні оцінювалась у 8,3 млрд євро, а показник втрачених років здорового життя складав 2.538 на 100 тис. осіб – що став найвищим у Європі. Також розглянуто вплив повномасштабної війни на довкілля: за три роки вторгнення воєнно-спричинені викиди сягнули 230 млн. т. CO₂-еквіваленту, з яких лише за 2024 рік – 2,1 млн. т. від атак на енергетичну інфраструктуру, що на 16% більше ніж за попередні два роки разом взяті. Проаналізовано основні сценарії, визначені Довгостроковою стратегією низьковуглецевого розвитку (далі ДСНБР) (WEM, WAM та NZE) і виокремлено пріоритетні напрями трансформації: декарбонізація генерації, нарощування відновлюваних джерел до 25% у балансі до 2030 р., підвищення енергоефективності, впровадження найкращих доступних технологій та розвиток кліматичної грамотності фахівців галузі.

Ключові слова: паливно-енергетичний комплекс, кліматичні зміни, парникові гази, декарбонізація, відновлювані джерела енергії, тепла генерація, атомна енергетика, вугільні ТЕС, екологічна безпека, Україна.

Antonov M.D., Malovanyy M.S., Karpiy S.Ye. The fuel and energy complex as a destructive factor of climate change in Ukraine: general characteristics, trends and prospects

The fuel and energy complex (hereinafter FEC) of Ukraine is one of the key sectors of the economy and at the same time the most significant source of anthropogenic pressure on the climate system. This article attempts to examine the issue comprehensively, covering the sector's structural characteristics and current state, including in the context of the full-scale war, the specific mechanisms of its destructive impact on the environment, and proposed solutions. The current state of Ukraine's FEC is described where the nuclear generation accounts for over 60% of electricity production, thermal generation for approximately 30-32%, and renewables and hydropower for around 8% each. It is established that thermal generation bears responsibility for the vast majority of direct greenhouse gas emissions in the sector; in particular, coal generation accounts for 80% of national sulfur dioxide emissions, and 12 of the 30 most polluting coal-fired power plants in the Euro region are located in Ukraine. The specific mechanisms of destructive impact of each generation type are examined in detail, namely thermal, nuclear, hydro, wind, and solar power plants – with emphasis on atmospheric pollution, soil and water resource degradation, public health impacts, and ecosystem destruction. The study finds that, according to the Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA), in 2019 the health damage caused by emissions from coal-fired thermal power plants (hereinafter TPPs) in Ukraine was estimated at €8.3 billion, with a disability-adjusted life year indicator of 2,538 per 100,000 people – the highest in Europe. The impact of the full-scale war on the environment is also examined: over three years of invasion, war-induced emissions reached 230 million tonnes of CO₂ equivalent, of which 2.1 million tonnes were recorded in 2024 alone from attacks on energy infrastructure – a figure 16% higher than the previous two years combined. Drawing on regional monitoring data, the main scenarios defined by the Long-Term Low-Carbon Development Strategy (hereinafter LTLCDs) – WEM, WAM, and NZE – are analyzed, and the priority areas for transformation are identified: decarbonization of generation, scaling up renewables to 25% of the energy balance by 2030, improving energy efficiency, introducing best available technologies, and developing climate literacy among sector professionals.

Key words: fuel and energy complex, climate change, greenhouse gases, decarbonization, renewable energy sources, thermal generation, nuclear energy, coal power plants, environmental safety, Ukraine.

Постановка проблеми. Якщо уявити глобальну кліматичну кризу у вигляді будівлі, то паливно-енергетичний комплекс є її фундаментом. Саме на частку спалювання викопного палива для виробництва тепла і електроенергії, за оцінками МГЕЗК, припадає близько двох третин антропогенних змін клімату, що почалися з кінця XIX ст. [1, с. 6]. Глобальна температура поверхні планети у 2011–2020 роках перевищила доіндустріальний рівень на 1,09°C – і ця тенденція лише прискорюється [2, с. 5]. Прогнози ООН свідчать: без кардинальних змін у структурі енергетики до кінця цього століття потепління сягне 3,2°C, що катастрофічно перевищить поріг 1,5°C, закріплений у Паризькій угоді [3, с. 12].

Для України все сказане вище – не абстрактна статистика. Це безпосередня реальність країни, чия економіка залишається однією з найбільш енергоємних у Європі: витрати енергоресурсів на одиницю ВВП приблизно втричі перевищують середній показник країн ОЕСР [4, с. 14]. За даними Національного кадастру, у 2021 році загальні викиди парникових газів України склали 341,5 млн т CO_2 -еквіваленту, і більша їх частина мала прямий зв'язок з ПЕК [5]. Сектор виробництва електроенергії та тепла у 2018 році сформував 99 млн т CO_2 – понад третину всіх національних викидів [2].

Галузь обтяжена структурними проблемами: застаріле обладнання (середній вік вугільних ТЕС – понад 40 років), низькосортне паливо, мінімальні вкладення у природоохоронні системи. За рівнем SO_2 -забруднення 12 із 30 найбільш забруднюючих вугільних електростанцій Євросоюзу розміщені саме в Україні, а Бурштинська ТЕС на Івано-Франківщині довгі роки значилась серед найнебезпечніших за діоксидом сірки об'єктів усієї Європи [6]. Повномасштабне вторгнення 2022 року, своєю чергою, не лише завдало колосальних збитків енергетичній інфраструктурі, а й додало новий вимір до кліматичної проблематики – прямі воєнні викиди.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Міжнародна наукова спільнота приділяє значну увагу проблемі кліматичного впливу енергетики. Шостий оцінювальний звіт МГЕЗК (AR6, 2021) – найповніший на сьогодні синтез наукових даних – прямо стверджує, що антропогенний вплив є домінуючим чинником змін клімату з безпрецедентною швидкістю за останні два тисячоліття [2]. На рівні аналізу наслідків для України принципово важливою є праця С. П. Іванюти та ін. (2020), яка системно описує ризики та адаптаційні потреби країни [1]. Структурно-економічний зріз ПЕК подано в огляді ОЕСР [4].

Серед нових вагомих досліджень – аналіз здоров'я населення від викидів вугільних ТЕС, виконаний Центром досліджень в галузі енергетики і чистого повітря (CREA, 2021), який вперше дав кількісну оцінку збитків в євро і показав, що Україна має найгірші в Європі показники втрачених років здорового життя [7]. Попов О. та ін. (2021) зосередились на проблемі золо-шлакових відходів ТЕС: золи токсичних складників можуть мігрувати з золовідвалів і забруднювати атмосферне повітря, ґрунт і підземні води на відстані кількох кілометрів [8]. Аналіз варіантів декарбонізації електросектору до 2035 р. – із розрахунком потреб у потужностях, витратах і викидах за різними сценаріями – проведено у праці Сотник І. та ін. (2024) [9]. Специфіку впливу вітроенергетики на степові екосистеми досліджено в роботі Василюка О. та ін. [10].

Метою дослідження є спроба системно дослідити роль паливно-енергетичного комплексу як деструктивного чинника кліматичних змін в Україні, розкрити конкретні механізми та масштаби негативного впливу кожного виду генерації на довкілля, проаналізувати зміни у кліматичному відбитку ПЕК під впливом воєнних дій, а також визначити стратегічні напрями й першочергові заходи для мінімізації цього впливу в рамках курсу на декарбонізацію.

Виклад основного матеріалу досліджень. ПЕК являє собою розгалужену систему державних та приватних установ, що спеціалізується на видобутку, переробки, виробництва, транспортування і споживання енергоресурсів, що пронизує всі без винятку галузі господарства [11]. Його характерна ознака – нероздільність часових фаз: виробництво, адже передача й споживання електроенергії відбуваються одночасно, що й зумовлює технологічну складність управління та підвищену вразливість [11].

У структурі виробництва електроенергії в Україні (станом на 2025-2026 рр.) домінує саме *атомна генерація*, частка якої перевищує 60% [12]. Вважаємо, що це в тому числі зумовлено воєнними реаліями сьогодення: теплові та гідроелектричні зазнали непропорційних ушкоджень і в більшості або вимагають серйозного ремонту, або зведення з нуля. Три чинних атомних блоки – Рівненська (2,8 ГВт), Хмельницька (2 ГВт) та Південноукраїнська (3 ГВт) АЕС – генерують разом близько 7,8 ГВт базового навантаження, при цьому Запорізька АЕС (найбільша в Україні і в Європі) з 2022 р. перебуває під окупацією та переведена на холодний стоп [12].

Теплова генерація (ТЕС і ТЕЦ) посідає друге місце – 30-32%, забезпечуючи гнучке балансування системи, через залежність від паливного забезпечення, сезонних факторів і наслідків руйнування енергетичної інфраструктури [4-13]. Однак саме вона залишається головним кліматичним тягарем нашого енергобалансу.

Гідроенергетика – традиційно 8% – суттєво скоротила вироблення після цілеспрямованого знищення Каховської ГЕС у 2023 р. [14]. Відновлювані джерела (ВДЕ) – вітер, сонце, біомаса – формують близько 8% і демонструють приріст, хоча і повільніший, ніж до початку повномасштабної фази війни [13]. Важлива тенденція, яку зафіксувала УкрЕнерго: 11 травня 2021 р. відновлювана генерація вперше перевищила теплову за добовим обсягом [16].

Хочемо зауважити, що на загальносистемному рівні, Міжнародне агентство з відновлюваної енергетики (IRENA) відносить Україну до країн з реальним потенціалом для масштабного розвитку ВДЕ. За сценарієм повоєнного відновлення, розрахованим дослідниками Інституту наук про навколишнє середовище (Женевський університет) та Кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування (Сумський державний університет) (2024), до 2035 р. загальну встановлену потужність потрібно збільшити у 2,7-3,2 рази відносно рівня травня 2024 р., причому впровадження екологічно орієнтованих сценаріїв (30% ВДЕ і відмова від вугілля) підвищить системні витрати лише на 5-13% [9].

Незважаючи на це, варто також згадати, що функціонування теплових електростанцій супроводжується колосальними побічними наслідками для довкілля. За хімічним складом продуктів горіння, вугільна генерація одночасно забруднює атмосферу діоксидом сірки (SO_2), оксидами азоту (NO_x), вуглекислим газом (CO_2), монооксидом вуглецю (CO), зв'язаними частинками ($\text{PM}_{2.5}$ та PM_{10}) і важкими металами [14]. Вугільні ТЕС України відповідальні за 80% загальнонаціонального обсягу викидів SO_2 і 25% – NO_x , при цьому суттєвих систем десульфурації на більшості об'єктів досі немає [6; 7]. За оцінками аналітичного центру EMBER, 72% сумарного обсягу летючої золи від вугільних електростанцій ЄС, країн Енергетичного співтовариства і Туреччини разом – формують саме українські ТЕС [6]. Бурштинська ТЕС (Івано-Франківська обл.) тривалий час посідала перше місце серед найбільших емітентів SO_2 у масштабі всього Євросоюзу. Це прямо підтверджує звіт МГЕЗК про те, що лише дві третини змін клімату, зумовлені діяльністю людини, зокрема збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері, і що замість обмеження глобального потепління до $1,5^\circ\text{C}$ згідно з Паризькою угодою 2015 року, світ наразі знаходиться на шляху до потепління на $3,2^\circ\text{C}$ до 2100 року (рис. 1) [11].

Наслідки для здоров'я є не менш деструктивними. Дослідження CREA (2021) оцінює шкоду здоров'ю населення від викидів вугільних ТЕС у 2019 р. в 8,3 млрд євро (у межах 5,5-11,2 млрд євро), з яких 3,2 млрд євро безпосередньо в Україні та 5,1 млрд євро – в інших країнах, передусім сусідніх із Польщею та

Румунією [7]. За показником втрачених років здорового життя через забруднення атмосферного повітря Україна набирає 2,538 одиниць на 100 тис. осіб – це найвищий показник у Європі, за даними ВООЗ [17].

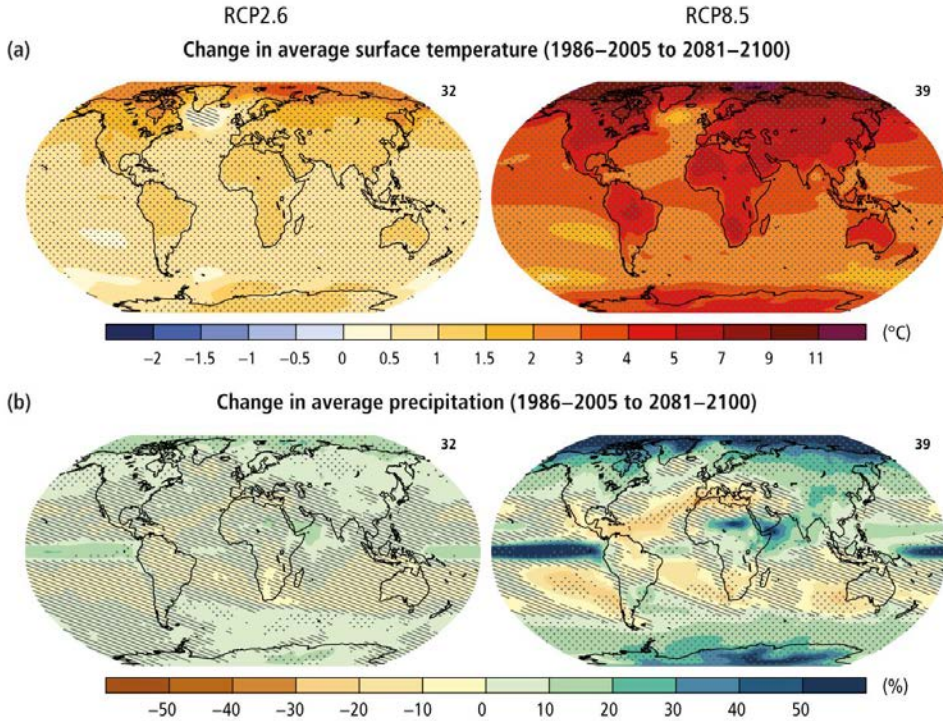


Рис. 1. Прогноз МГЕЗК щодо середньорічного підвищення температури [3]

Окрему проблему становлять золо-шлакові відходи ТЕС. Їх накопичення на золовідвалах у великих обсягах у поєднанні зі слабким моніторингом і застарілими технологіями ізоляції призводить до того, що небезпечні складники (оксиди кремнію, алюмінію, кальцію, мікроелементи важких металів) мігрують у ґрунт і підземні води в радіусі кількох кілометрів від об'єктів [8]. Особливо тривожним є накопичення важких металів – арсену, свинцю, кадмію, ванадію – у ґрунтового покриві навколо ТЕС, оскільки їх депонування визначає довгостроковий характер негативного впливу: на відміну від газових викидів, вони не розсіюються.

Нарешті, термодинамічна специфіка ТЕС така, що до двох третин виробленої теплової енергії відводиться безпосередньо в довкілля через ставки-охолоджувачі та водойми, спричиняючи масштабне теплове забруднення водних об'єктів і зміну їх гідробіологічного режиму [16]. ТЕС потужністю 1 000 МВт споживає кисню в обсязі, який виробляє близько 101,000 га лісу [15-16]. Це не метафора: це питання, наскільки компенсаторна ємність біосфери взагалі спроможна врівноважити масштаби теплоенергетики.

При дослідженні об'єкту статті, варто згадати й менш очевидні ризики атомної, відновлюваної та гідро-генерацій, адже їхнє позиціонування як беззастережно «чистих» альтернатив є неточним.

Атомна генерація в нормальному режимі дійсно майже не спричиняє викидів парникових газів, проте за нею тягнеться ціла низка некліматичних, але серйозних екологічних проблем: накопичення відпрацьованого ядерного палива, шлейф радіоактивних ізотопів у штатних викидах, поступове зростання в атмосфері концентрацій криптону-85 зі швидкістю близько 5% щороку [18]. Ситуацію з Запорізькою АЕС слід виокремити особливо: утримування найбільшої в Європі атомної станції (6 реакторів, 5,7 ГВт) у стані холодного стопу в умовах активних бойових дій і без належного міжнародного контролю формує ризики радіаційної катастрофи, наслідки якої для клімату і здоров'я населення вийшли б далеко за межі України [12].

Відновлювана генерація суттєво менш шкідлива за теплову, але не є повністю нейтральною. Вітроенергетика у степових зонах, типовому ландшафті для будівництва ВЕС в Україні, несе ризики для унікальних екосистем. Степові угіддя акумулюють від 80% рослинної біомаси у підземних частинах (глибина 2-4 м), що робить їх ефективними вуглецевими поглиначами [10]. Будівництво вітрових станцій означає масштабне порушення цього покриву, активізацію ерозійних процесів, загибель птахів і кажанів, а також вивільнення в атмосферу накопиченого у ґрунті вуглецю [10]. Сонячна генерація комунального масштабу займає значні площі, змінюючи дренажну систему та мікроклімат довкілля. Всі ці фактори не скасовують кліматичної переваги ВДЕ над вугіллям, але потребують урахування при плануванні розміщення об'єктів.

Гідроенергетика змінює не клімат безпосередньо, а гідрологічний режим та ландшафт цілих регіонів. Затоплення заплав, знищення нерестовищ прохідних риб, зміна термічного й хімічного режиму водойм – усе це добре відомі наслідки будівництва ГЕС [19]. Знищення Каховської ГЕС у 2023 р. продемонструвало ще й катастрофічний варіант гідроенергетичного ризику: раптова втрата водосховища знищила заплавні екосистеми на сотнях тисяч гектарів, зруйнувала сільськогосподарські угіддя і знелюднила цілі населені пункти – і все це разом спричинить кліматичні наслідки у вигляді масштабної деградації ґрунтового покриву на роки вперед.

Вищезазначене дає чітко зрозуміти, зміни клімату – це не абстракція. В Україні вони вже відчутні: збільшення частоти і тривалості посух, поширення посушливих умов на сільськогосподарські регіони центру та півдня, нерегулярні паводки на заході, поступова деградація ґрунтів. Відповідно до Шостого оцінювального звіту МГЕЗК, продовження нинішніх тенденцій означає потепління на 3,2°C до 2100 р. [2; 3], що для аграрної країни з великою часткою посівних площ у зоні ризику є загрозою продовольчій безпеці.

У контексті міжнародних зобов'язань Україна декларувала намір скоротити викиди парникових газів більш ніж на 65% від рівня 1990 р. до 2035 р. – до приблизно 300 млн т CO₂-еквіваленту [19, с. 27]. За поточними даними, у 2021 р. викиди склали 341,5 млн т CO₂-еквіваленту [5], що дає загальне уявлення про масштаб необхідного скорочення. Важливо розуміти: значна частина вже досягнутого скорочення порівняно з 1990 р. є наслідком деіндустріалізації, а не екологічної модернізації. Тому справжнє декарбонізаційне завдання – складніше, ніж виглядає зі статистики.

Аналізуючи ПЕК як кліматичний чинник в Україні, важливо наголосити на тому, що стало принципово новим з 2022 р. – пряму кліматичну шкоду від воєнних дій. За оцінками Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, сумарні воєнно-спричинені викиди парникових газів за три роки

повномасштабного вторгнення сягнули 230 млн т CO_2 -еквіваленту [20]. Показово, як розподіляється динаміка: якщо за перші два роки (2022-2023) викиди від атак на енергетичну інфраструктуру складали 1,1 млн т CO_2 , то лише за 2024 р. цей показник зріс до 2,1 млн т CO_2 – тобто майже подвоївся [20]. Таке різке зростання пояснюється посиленням атак саме на об'єкти електро- та теплогенерації. Загальні структурні втрати генеруючих потужностей перевищили 20 ГВт (порівняно з довоєнним рівнем) [21], а збитки тільки від ушкоджень об'єктів виробництва, транспортування і розподілу електроенергії та газу перевищили 10 млрд дол. [7].

Є й ефект «вуглецевого зворотного зв'язку», що його описала міністерка Світлана Гринчук: 2024 р. став роком, коли кліматичний і воєнний чинники поєдналися у площині лісових і степових пожеж. Площа ландшафтних пожеж в Україні подвоїлась відносно середнього довоєнного рівня, а самі пожежі стали новим великим джерелом кліматичних викидів [20].

Пропонуємо перенести теоретичні аргументи в конкретику й звернутися до регіонального рівня – Львівської області, де функціонують Добротвірська ТЕС і три ТЕЦ (Львівська, Новороздільська, Новояворівська). Показники цього регіону зручно використовувати як репрезентативний зріз, оскільки область поєднує як традиційну теплову генерацію, так і розвинений моніторинг.

Згідно зі Звітом про стан довкілля Львівської області за 2024 р., чотири зазначені підприємства сумарно виробили 866,87 млн кВт·год. електроенергії. Підприємства сектору постачання електроенергії, газу і пари викинули в атмосферне повітря 18,3 тис. т. забруднювальних речовин, що склало 31,6% загальних викидів стаціонарних джерел по регіону [22]. Для порівняння: у 2022 р. цей показник сягав 33,3 тис. т – тобто за два роки обсяг скоротився майже вдвічі [22], що є позитивною динамікою. Проте важливо розуміти причинність: зниження значною мірою пояснюється змушеним переходом частини споживачів на дизельні генератори та децентралізовані системи після обстрілів, а не екологічною модернізацією підприємств.

Окреме питання – рівень кліматичної грамотності тих, хто приймає рішення в секторі. Результати опитування представників Львівського енергетичного сектору (дані Департаменту екології та природних ресурсів ЛОДА) показали: лише 16% постійно співпрацюють з кліматичними фахівцями, ще 8% роблять це часто [22]. При цьому 44% використовують менше 30% наявної кліматичної інформації при прийнятті управлінських рішень [22] (рис. 2).

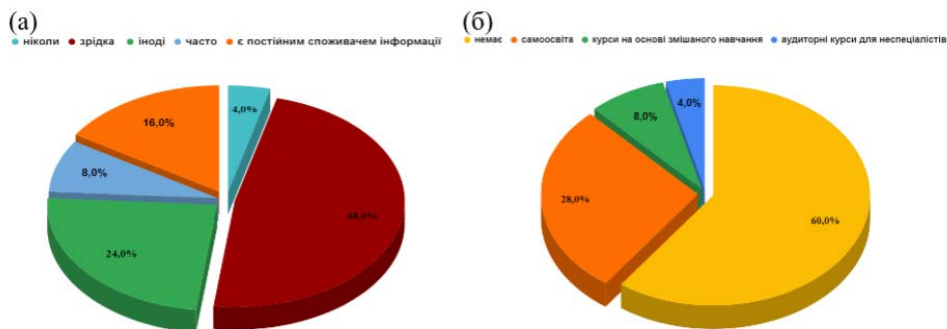


Рис. 2. Взаємодія з фахівцями в галузі кліматичного обслуговування (а) і наявність базової кліматичної освіти у представників енергетичного сектору (б)

Законодавча і стратегічна «рамка» для декарбонізації ПЕК в Україні складається з трьох ключових документів: Довгострокової стратегії низьковуглецевого розвитку до 2050 р. [19], Стратегії екологічної безпеки та адаптації до змін клімату до 2030 р. [9-23] та Національного плану з енергетики та клімату (НПЕК) на 2025-2030 рр. [24]. Ці документи узгоджуються з вимогами Регламенту ЄС 2018/1999 щодо управління Енергетичним союзом [25] і є частиною євроінтеграційного курсу.

ДСНВР описує три сценарії. Сценарій WEM (існуючих заходів) передбачає незначне зростання викидів (~5%) у 2025-2035 рр. через збільшення промислового виробництва та залишання вугілля у балансі. Сценарій WAM (з додатковими заходами) – поступове зниження на ~5% у цей самий період зі стабільним подальшим трендом. Сценарій NZE (нетто-нуль) – зниження на ~8% до 2035 р. і досягнення нульового балансу до 2050 р. [19] – Рис. 3. Реалістичний горизонт для досягнення цілей НВВ2 передбачає, що до 2030 р. викиди у сферах виробництва електроенергії та тепла знизяться на 26% від рівня 2019 р. і на 75% від рівня 1990 р. [2; 5].

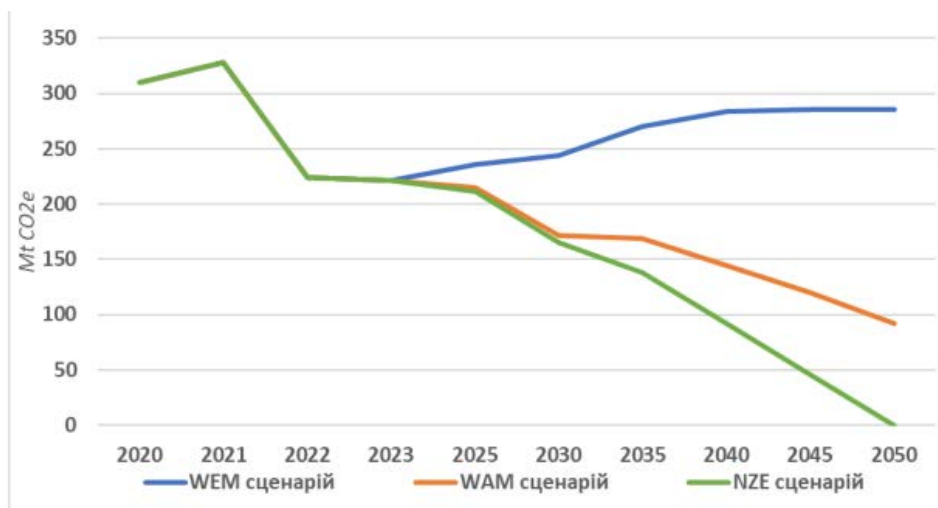


Рис. 3. Сценарій викидів ПГ в ДСНВР за сценаріями WEM, WAM та NZE

Серед конкретних інструментальних механізмів – поступовий вихід з вугільної генерації (припинення споживання вугілля для енергетики до 2040 р. відповідно до прогнозів), нарощування ВДЕ до щонайменше 25% енергобалансу до 2030 р. та досягнення кліматичної нейтральності до 2050 р. [21]. Важливим важелем є законодавче впровадження найкращих доступних технологій і методів управління (НДТМ) відповідно до законопроекту № 4167 «Про промислове забруднення» [26], що транспонує Директиву ЄС 2010/75/ЄС про промислові викиди. Не менш значущим залишається питання вуглецевого ціноутворення: поточна ставка вуглецевого податку в Україні складає 30 грн/т CO₂ [21] – і це справді одна з найнижчих ставок у Євросоюзі, що фактично позбавляє підприємства будь-яких стимулів до добровільної екомодернізації.

Є ще один аспект, який у стратегічних документах прописаний слабо, – системна освітня робота з персоналом енергетичної галузі. Як показав регіональний

моніторинг, брак кліматичної грамотності серед виконавців і менеджерів перетворюється на самостійний гальмівний чинник. 32% опитаних фахівців прямо вказують на потребу у практично орієнтованих курсах, ще 16% – у базовій кліматичній освіті [22]. Реалізація будь-якої зі стратегій без цієї складової ризикує залишитися декларацією.

Висновки. Паливно-енергетичний комплекс України поєднує значну економічну системотворчу роль зі статусом головного джерела антропогенного кліматичного тиску в країні. Структурна залежність від викопних видів палива, технічна застарілість ТЕС (середній вік понад 40 років) і вкрай низький рівень природоохоронного оснащення об'єктивно визначають ПЕК як основний деструктивний кліматичний чинник. Теплова генерація несе відповідальність за 80% SO₂ і 67% CO₂ від спалювання палива у секторі, а сукупні збитки здоров'ю населення від забруднення, що його спричиняють вугільні ТЕС, перевищують у грошовому виразі виправданий прибуток від їхньої експлуатації. Атомна, відновлювана та гідрогенерація мають суттєво менший кліматичний відбиток, ніж теплова, однак формують власні – радіаційні, екосистемні та гідрологічні – ризики, що потребують диференційованого підходу при плануванні трансформації ПЕК.

Повномасштабне вторгнення додало якісно новий вимір до кліматичного рахунку ПЕК, одночасно формуючи безпрецедентну можливість для низьковуглецевої відбудови, яку важливо не витратити на просте відновлення старих систем. Стратегічна рамка (ДСНВР, сценарій NZE, цілі НПЕК) визначає чіткий орієнтир – кліматична нейтральність до 2050 р., 25% ВДЕ до 2030 р. Однак між деклараціями і змінами на рівні підприємств сьогодні пролягає прірва: символічний вуглецевий податок, затягнуте впровадження НДТМ, відсутність системної кліматичної освіти персоналу галузі. Подолання цих прогалин є не менш важливим завданням, ніж технічна модернізація. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням уніфікованої методології розрахунку воєнних кліматичних викидів, кількісною оцінкою вуглецевого потенціалу різних сценаріїв відбудови ПЕК, а також вивченням взаємозалежності між рівнем кліматичної грамотності спеціалістів і якістю управлінських рішень у секторі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Іванюта С. П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. *Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації*. Київ : НІСД, 2020. 110 с.
2. Masson-Delmotte V. et al. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (дата звернення: 13.04.2026).
3. IPCC. *Climate Change 2014 Synthesis Report.*, 2014. URL: https://ar5-syr.ipcc.ch/topic_summary.php (дата звернення: 13.04.2026).
4. *Огляд енергетичного сектору України: інституції, управління та політичні засади*. ОЕСР, 2020. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/uk/publications/reports/2020/12/_c6854d07/6c0a9228-uk.pdf (дата звернення: 14.05.2026).
5. EcoAction. *Декарбонізація секторів економіки України*. 2023. URL: <https://ecoaction.org.ua/dekarbonizatsia-ekonomiky-ua.html> (дата звернення: 14.04.2026).
6. EMBER. *Air Pollution in Turkey, Ukraine and the Western Balkans*. 2021. URL: https://ember-energy.org/app/uploads/2021/05/Analysis_-_Air-pollution-in-Turkey-Ukraine-and-the-Western-Balkans.pdf (дата звернення: 14.04.2026).
7. Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA). *Health Impacts of Coal Power Plant Emissions in Ukraine*. 2021. URL: <https://energyandcleanair.org/publication/health-impacts-of-coal-power-plant-emissions-in-ukraine/> (дата звернення: 14.04.2026).

8. Popov O., Iatsyshyn A., Kovach V. et al. *Effect of Power Plant Ash and Slag Disposal on the Environment and Population Health in Ukraine. Journal of Health and Pollution*. 2021. Vol. 11, No. 31. P. 210910. DOI: 10.5696/2156-9614-11.31.210910.
9. Sotnyk I., Sasse J-P., Trutnevte E. *Decarbonizing Ukraine'S Electricity Sector in 2035: Scenario Analysis*. DOI: 10.1016/j.esd.2024.101482. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666278724000461> (дата звернення: 14.04.2026).
10. Василюк О., Кривохижа М., Прекрасна Є., Норенко К. *Вітряні електростанції та зміни клімату*. Київ : UNCG, 2015. 32 с.
11. *Структура енергетичної галузі України*. URL: <https://studfile.net/preview/5044288/page:66/> (дата звернення: 14.04.2026).
12. *Діючі АЕС в Україні станом на 2025 рік*. URL: <https://radiy.com/blog/diyuchi-aes-v-ukrayini-stanom-na-2025-rik/> (дата звернення: 14.04.2026).
13. *Частка ВДЕ у структурі генерації електроенергії у березні 2025 р. склала майже 9%*. URL: <https://expro.com.ua/novini/chastka-vde-u-struktur-generac-elektroenerg-u-berezn-2025-r-sklala-mayje-9> (дата звернення: 05.04.2026).
14. DIXI Group. *Відбудова України за допомогою енергетичних технологій нового покоління зі США*. URL: <https://dixigroup.org/analytic/vidbudova-ukra%D1%97ni-za-dopomogoyu-energetichnih-tehnologij-novogo-pokolinnya-zi-ssha/> (дата звернення: 14.04.2026).
15. *Вплив електроенергетики на навколишнє природне середовище : навч. матеріали*. URL: https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/l_o_p_1.pdf (дата звернення: 14.04.2026).
16. EcoAction. *Emissions of toxic substances from Ukrainian coal power plants in 2019 likely have killed 1315 people in the EU and twice as much in Ukraine*. URL: <https://en.ecoaction.org.ua/emissions-likely-have-killed-1315-eu-people-and-twice-in-ukraine.html> (дата звернення: 14.04.2026).
17. *Вплив на навколишнє середовище, спричинений виробництвом електричної енергії*. URL: <https://www.ez.rv.ua/vplyv-na-navkolyshnye-seredovyshhe-sprychynenyj-vyrobnytstvom-elektrychnoyi-energiyi/> (дата звернення: 14.04.2026).
18. *Вплив на довкілля, спричинений виробництвом електричної енергії*. URL: <https://insolenergy.com.ua/impact-on-the-environment/> (дата звернення: 14.04.2026).
19. *Довгострокова стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року*: постанова Кабінету Міністрів України від 18 червня 2024 р. URL: <https://me.gov.ua/download/ba4565a8-544b-4c90-af84-49b2b718f629/file.pdf> (дата звернення: 14.04.2026).
20. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. *230 мільйонів тонн CO₂ – викиди парникових газів за три роки повномасштабного вторгнення. 2025*. URL: <https://mepr.gov.ua/svitlana-grynchuk-230-miljoniv-tonn-co-vykydy-parnykovyh-gaziv-za-try-roky-povnomasshtabnogo-vtorgnennya-rosiyi-v-ukrayinu/> (дата звернення: 14.04.2026).
21. UkraineInvest. *Energy*. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/en/industries/energy/> (дата звернення: 14.04.2026).
22. Корда В. В., Башта Г. В., Сенюк А. І. та ін. *Звіт про стан довкілля у Львівській області за 2024 рік*. Львів : Департамент екології та природних ресурсів ЛОДА, 2024.
23. *Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року* : розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 14.04.2026).
24. *Національний план з енергетики та клімату України 2025–2030* : проект. URL: <https://me.gov.ua/download/e79ecda3-f092-4d36-b600-21083ee61fa8/file.pdf> (дата звернення: 14.04.2026).

25. *Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the Governance of the Energy Union and Climate Action*. Official Journal of the European Union. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/1999/oj/eng> (дата звернення: 14.04.2026).

26. ЕсоAction. *Якими мають бути кліматичні амбіції української енергетики та промисловості*. URL: <https://ecoaction.org.ua/iakymy-maiut-buty-klimatychni-ambitsii.html> (дата звернення: 14.04.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 504.06:712.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.33>

ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕНЬ У ФОРМУВАННІ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ УРБАНІЗОВАНИХ ЛАНДШАФТІВ

Балабак А.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-7483-277X**Перепелиця М.Р.** – аспірант,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0032-2584-810X**Григораш С.В.** – аспірант,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0041-2605-812**Кроковний В.В.** – аспірант,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0001-6752-9316**Балабак О.О.** – викладач-стажист кафедри геодезії, картографії та кадастру, аспірант,

Уманський національний університет

orcid.org/0009-0007-9808-3041

У статті розглянуто екологічну роль деревних насаджень у формуванні та оптимізації урбанізованих ландшафтів в умовах зростаючого антропогенного навантаження. Актуальність дослідження зумовлена погіршенням якості атмосферного повітря у містах, підвищенням рівня запиленості та необхідністю пошуку ефективних природних механізмів його очищення. Особливу увагу приділено здатності деревних рослин акумулювати пил і виділяти фітонциди як важливим чинникам покращення санітарно-гігієнічного стану міського середовища.

Дослідження проведено на території м. Умань із використанням двох моніторингових ділянок, що відрізняються рівнем антропогенного навантаження. Об'єктами дослідження були клен гостролистий, липа серцелиста, ліщина горіхова та ялина колюча. Проаналізовано показники площі листової поверхні (хвої), пилоутримуючої здатності та добової динаміки фітонцидної активності рослин залежно від температурного режиму.

Встановлено, що в умовах підвищеного забруднення спостерігається збільшення кількості пилу, накопиченого на листовій поверхні, що свідчить про активну бар'єрну функцію рослин. Водночас зафіксовано зниження фітонцидної активності, що вказує на негативний вплив антропогенних чинників на фізіологічний стан рослин. Виявлено чітку добову динаміку фітонцидної активності з максимумом у денні години (12:00–14:00), що корелює з підвищенням температури повітря, після чого спостерігається її поступове зниження.

Доведено, що листяні породи (липа, клен) характеризуються високою пилоутримуючою здатністю завдяки значній площі листової поверхні, тоді як хвойні (ялина колюча) мають вищу фітонцидну активність і забезпечують триваліший екологічний ефект. Обґрунтовано доцільність використання змішаних насаджень як найбільш ефективного засобу покращення якості атмосферного повітря та стабілізації екологічного стану урбанізованих територій.

Ключові слова: урбанізовані ландшафти, деревні насадження, фітонцидна активність, пилоутримання, антропогенне навантаження, екологічна ефективність.



Balabak A.V., Perepelytsia M.R., Hryhorash S.V., Krokovnyi V.V., Balabak O.O. Ecological role of woody plantings in the formation and optimization of urbanized landscapes

The article examines the ecological role of woody plants in the formation and optimization of urbanized landscapes under conditions of increasing anthropogenic pressure. The relevance of the study is обусловлена deterioration of urban air quality, increased dust pollution, and the need to identify effective natural mechanisms for its purification. Particular attention is paid to the ability of woody plants to accumulate dust and emit phytoncides as important factors in improving the sanitary and hygienic condition of the urban environment.

*The research was conducted in the city of Uman using two monitoring sites differing in the level of anthropogenic load. The objects of the study included Norway maple (*Acer platanoides* L.), small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.), hazel (*Corylus colurna* L.), and blue spruce (*Picea pungens* Engelm.). Indicators of leaf (needle) surface area, dust retention capacity, and daily dynamics of phytoncidal activity depending on temperature conditions were analyzed.*

It was established that under conditions of increased pollution, there is a rise in the amount of dust accumulated on the leaf surface, indicating the active barrier function of plants. At the same time, a decrease in phytoncidal activity was observed, which indicates the negative impact of anthropogenic factors on the physiological state of plants. A clear daily pattern of phytoncidal activity was identified, with a maximum during the daytime (12:00–14:00), correlating with an increase in air temperature, followed by a gradual decline.

It was found that deciduous species (lime, maple) are characterized by high dust retention capacity due to their large leaf surface area, whereas coniferous species (blue spruce) exhibit higher phytoncidal activity and provide a longer-lasting ecological effect. The expediency of using mixed plantings as the most effective means of improving air quality and stabilizing the ecological state of urbanized areas is substantiated.

Key words: urbanized landscapes, woody plants, phytoncidal activity, dust retention, anthropogenic load, ecological efficiency.

Постановка проблеми. У сучасних умовах інтенсивної урбанізації спостерігається суттєве погіршення екологічного стану міського середовища, що проявляється у зростанні рівня атмосферного забруднення, підвищенні запиленості повітря та порушенні природної рівноваги екосистем. Урбанізовані території характеризуються високою концентрацією техногенних джерел впливу, серед яких провідне місце займає автомобільний транспорт, промислові підприємства та інші об'єкти інфраструктури [9]. Це призводить до накопичення шкідливих речовин у повітрі, зміни мікрокліматичних умов, формування «островів тепла» та зниження загального рівня екологічної безпеки [6]. Особливої актуальності набуває проблема зниження якості атмосферного повітря, яке безпосередньо впливає на стан здоров'я населення та функціонування міських екосистем [10].

Одним із ефективних природних засобів покращення екологічного стану урбанізованих територій є деревні насадження, які виконують широкий спектр середовищевірних функцій [5]. Вони здатні акумулювати пил, поглинати газоподібні забруднювачі, знижувати рівень шумового навантаження, регулювати температурний режим та вологість повітря, а також виділяти фітонциди, що мають виражені антимікробні властивості [4]. Завдяки цьому зелені насадження відіграють важливу роль у формуванні сприятливого мікроклімату та підвищенні якості життя міського населення [1]. Водночас ефективність реалізації цих функцій значною мірою залежить від біологічних особливостей видів, площі листової поверхні, фізіологічного стану рослин, а також умов їх зростання і рівня антропогенного навантаження [7].

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень у цьому напрямі, питання комплексної оцінки пилоутримуючої здатності та фітонцидної активності деревних рослин у різних умовах урбанізованого середовища залишається недостатньо вивченим [3]. Особливо актуальним є встановлення залежності цих показників

від екологічних чинників, зокрема температурного режиму та рівня забруднення [2]. Це зумовлює необхідність проведення подальших досліджень, спрямованих на обґрунтування ефективного використання деревних насаджень для оптимізації екологічного стану міських територій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема екологічної ролі деревних насаджень у формуванні урбанізованого середовища є предметом численних наукових досліджень. У працях Бойка Т.О. та Бойка П.М. розкрито еколо-рекреаційне значення об'єктів садово-паркового господарства, зокрема їх роль у покращенні якості довкілля міських територій [1]. Дослідження Ганаби Д. присвячені аналізу пилового навантаження на деревні насадження, де встановлено залежність рівня акумуляції пилу від умов міського середовища та інтенсивності транспортного руху [2].

У роботах Денисюк Н.В. та співавторів розглянуто екологічні проблеми озеленення міст і підкреслено важливість зелених насаджень як фітомеліоративного чинника, здатного покращувати санітарно-гігієнічний стан урбанізованих територій [3, 4]. Аналогічні підходи висвітлено у дослідженнях Коноваленка О.В., де обґрунтовано роль зелених насаджень у формуванні екологічного каркасу міста [5].

Фундаментальні положення урбоєкології та значення зелених насаджень у стабілізації міського середовища викладено у працях Кучерявого В.П. [6], а також у дослідженнях Мороза В.В. і Шевчук Н.І., які акцентують увагу на впливі природно-кліматичних чинників на функціонування лісових екосистем [7]. Важливість лісових насаджень у підтриманні екологічної рівноваги також підкреслюється у роботах Стойка С.М. та Генсірука С.А. [8].

Сучасні зарубіжні дослідження узагальнюють вплив атмосферного забруднення на рослини та підтверджують їх здатність до очищення повітря шляхом акумуляції пилу та поглинання токсичних речовин [9]. У роботах Nowak D.J. доведено значну роль міських дерев у зниженні концентрації забруднювачів атмосферного повітря [10].

Разом із тим, попри значну кількість досліджень, питання комплексної оцінки пилоутримуючої здатності та фітонцидної активності різних видів деревних рослин у контрастних умовах урбанізованого середовища потребує подальшого вивчення, що й визначає актуальність даного дослідження.

Постановка завдання. Метою дослідження є комплексна оцінка екологічної ролі деревних насаджень у процесах формування, стабілізації та екологічної оптимізації урбанізованих ландшафтів на прикладі окремих видів деревних рослин, що широко використовуються в міському озелененні. У роботі акцент зроблено на вивченні функціональної значущості деревних фітоценозів як природного біофільтра, здатного знижувати рівень пилового та газового забруднення атмосферного повітря, покращувати мікрокліматичні умови та підвищувати санітарно-гігієнічну якість міського середовища.

У межах дослідження передбачалося детально проаналізувати пилоутримуючу здатність листяних і хвойних порід з урахуванням морфологічних особливостей листової поверхні, її шорсткості, воскового нальоту та загальної площі асиміляційного апарату. Окрему увагу приділено визначенню добової динаміки фітонцидної активності деревних рослин як одного з ключових показників їх біологічного впливу на якість повітряного середовища та здатності до пригнічення патогенної мікрофлори.

Також у роботі здійснюється порівняльний аналіз отриманих показників у різних екологічних умовах – у зонах із високим рівнем антропогенного навантаження

(уздовж транспортних магістралей, у щільній міській забудові) та у відносно чистих контрольних ділянках. Це дає можливість встановити закономірності реакції деревних рослин на техногенний вплив та визначити їх адаптаційний потенціал.

На основі отриманих результатів передбачається виокремлення найбільш екологічно ефективних видів деревних рослин, придатних для використання в системі міського озеленення, з метою підвищення стійкості урбоєкосистем, покращення якості повітря та створення комфортного середовища для населення.

Виклад основного матеріалу досліджень. У сучасних умовах урбанізації трансформація природних ландшафтів у техногенно змінені системи супроводжується погіршенням якості довкілля, зростанням рівня атмосферного забруднення та порушенням екологічної рівноваги. Урбанізовані ландшафти характеризуються підвищеним антропогенним навантаженням, що зумовлює зміни мікрокліматичних умов, деградацію ґрунтового покриву та зниження біорізноманіття. У цьому контексті деревні насадження виступають ключовим елементом формування екологічно стійких ландшафтів, виконуючи важливі середовищотвірні функції.

Дослідження проводилися у місті Умань на прикладі таких видів деревних рослин, як клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), ліщина горіхова (*Corylus colurna* L.) та ялина колюча (*Picea pungens* Engelm.) (блакитна форма).

Об'єкти досліджень були розміщені на двох контрастних за рівнем антропогенного навантаження ділянках: моніторингова точка № 1 – умовно чиста зона (територія аграрного кампусу Уманського національного університету) та моніторингова точка № 2 – насадження вздовж магістральних доріг (вул. Київська), що характеризується підвищеним рівнем забруднення.

Функціональна ефективність деревних насаджень підтверджується також їх здатністю до акумуляції пилу (табл. 1).

Аналіз отриманих результатів свідчить про суттєвий вплив умов зростання на пилоутримуючу здатність деревних рослин. Встановлено, що на ділянці з підвищеним антропогенним навантаженням (вздовж міських доріг) вміст пилу на поверхні листків (хвої) є значно вищим порівняно з умовно чистою зоною. Зокрема, у клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) показник пилоутримання становив 0,6 г/см² проти 0,3 г/см² у контролі, тоді як у липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) – відповідно 0,9 г/см² і 0,6 г/см², що свідчить про її високу ефективність у затриманні пилових частинок.

Ліщина горіхова (*Corylus colurna* L.) також демонструє достатньо високі показники акумуляції пилу, що пов'язано з великою площею листової поверхні та її морфологічними особливостями. Водночас у ялини колючої (*Picea pungens* Engelm.) пилоутримуюча здатність є нижчою, що пояснюється малою площею хвої та її будовою, однак ця рослина забезпечує триваліший ефект очищення повітря завдяки цілорічному функціонуванню асиміляційного апарату.

Звертає на себе увагу також незначне зменшення площі листків у рослин, що зростають у зоні інтенсивного забруднення, що може бути адаптивною реакцією на стресові умови середовища. Загалом отримані результати підтверджують, що листяні породи, особливо липа та клен, є більш ефективними у затриманні пилу, тоді як хвойні доцільно використовувати як доповнюючий компонент у складі змішаних насаджень для забезпечення безперервності екологічного ефекту.

На представлених графіках (рис. 1) відображено добову динаміку фітонцидної активності деревних рослин залежно від температурних умов 20.07.2025 р. у двох моніторингових точках.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика площі листкової поверхні (хвої) деревних рослин та середньодобового накопичення пилу (2025 р.)

Вид	М.т. № 1 – умовно чиста зона (контроль) (аграрний кампус Уманського національного університету)		М.т. № 2 – вздовж міських доріг (вул. Київська)	
	Площа листка, хвої (см ²)	Вміст пилу (г/см ²)	Площа листка, хвої (см ²)	Вміст пилу (г/см ²)
Клен гостролистий (<i>Acer platanoides</i> L.)	305,6±9,4	0,3±0,04	330,8±7,6	0,6±0,03
Липа серцелиста (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	52,6±1,2	0,6±0,05	54,1±1,7	0,9±0,02
Ліщина горіхова (<i>Corylus colurna</i> L.)	182,3±6,1	0,4±0,03	198,4±5,2	0,7±0,02
Ялина колюча (<i>Picea pungens</i> Engelm.)	3,8±0,2	0,2±0,02	4,2±0,3	0,4±0,01

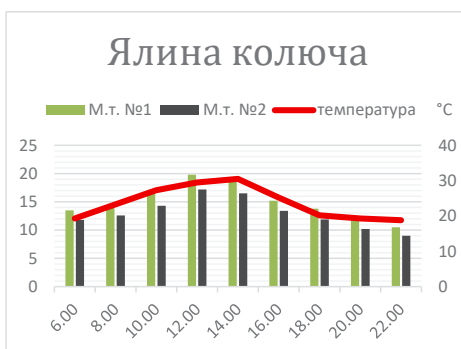
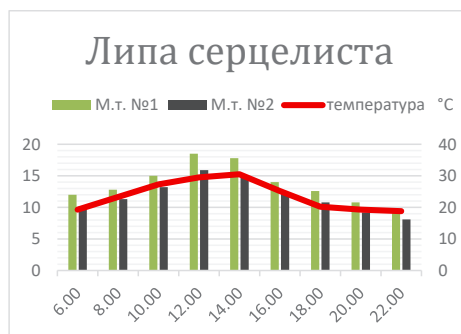


Рис. 1. Порівняльна характеристика добової фітонцидної активності хвойних і листяних деревних рослин (хв⁻¹, 20.07.2025)

Встановлено, що для всіх досліджуваних видів характерна подібна тенденція змін: у ранкові години (6:00–8:00) фітонцидна активність є відносно низькою, що зумовлено помірними температурами (18–23 °C). Починаючи з 10:00, спостерігається інтенсивне зростання показників, що пов'язано з підвищенням температури до оптимальних значень та активізацією фізіологічних процесів у рослинах.

Максимальні значення фітонцидної активності у більшості видів зафіксовано в інтервалі 12:00–14:00, що відповідає температурному максимуму (29–31 °C). Після 14:00 спостерігається поступове зниження активності, яке особливо виражене у листяних порід.

Найвищі показники протягом усього досліджуваного періоду характерні для ялини колючої (*Picea pungens* Engelm.), що свідчить про її високу фітонцидну здатність і відносну стійкість до коливань температури. Липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.) демонструє високі, але більш варіабельні значення. Клен гостролистий (*Acer platanoides* L.) займає проміжне положення, тоді як найнижчі показники встановлено у ліщини горіхової (*Corylus colurna* L.).

У другій моніторинговій точці (умовно забрудненій території) значення фітонцидної активності у всіх видів є стабільно нижчими, що свідчить про негативний вплив антропогенних факторів на інтенсивність виділення біологічно активних речовин.

Максимальні значення фітонцидної активності спостерігаються переважно у період 12:00–14:00, однак у більшості листяних видів пік припадає на 12:00, після чого при підвищенні температури до 31 °C відзначається незначне зниження показників, що може бути пов'язано з проявами температурного стресу. У ялини колючої максимальні значення є більш стабільними і зберігаються в ширшому часовому інтервалі, що свідчить про її вищу екологічну стійкість.

Висновки. Деревні насадження відіграють важливу роль у покращенні екологічного стану урбанізованих територій, виконуючи функції природних фільтрів повітря та регуляторів мікроклімату. Вони сприяють зниженню рівня пилового забруднення, поглинанню шкідливих домішок та стабілізації екологічної рівноваги в міському середовищі. Встановлено, що серед досліджених порід листяні дерева, зокрема липа та клен, мають найвищу пилоутримуючу здатність завдяки особливостям будови листової поверхні. Натомість хвойні породи, такі як ялина колюча, характеризуються максимальною фітонцидною активністю, що сприяє знезараженню повітря. Виявлено чітку залежність фітонцидної активності від температури повітря з максимальними значеннями у денний період (12:00–14:00). У ранкові та вечірні години цей показник поступово знижується, що відображає добові фізіологічні ритми рослин. В умовах підвищеного антропогенного навантаження спостерігається зменшення фітонцидної активності та збільшення накопичення пилу на листках. Це обґрунтовує доцільність використання змішаних деревних насаджень для підвищення екологічної ефективності міського озеленення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бойко Т.О., Бойко П.М. Еколого-рекреаційна роль об'єктів садово-паркового господарства міста Херсон. Таврійський науковий вісник, 2022. № 128. С. 347–352.
2. Ганаба Д. Пилове навантаження на деревні насадження міста Хмельницького. Вісник Черкаського університету. Сер. : Біол. науки. Черкаси, 2015. № 19. С. 55–60.

3. Денисюк Н.В. Екологічні проблеми озеленення міста Рівне. Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів : матеріали V Всеукраїнської наук.-практ. конф., м. Рубіжне, 22–26 квіт. 2019 р. Рубіжне : видавець О. Зень, 2019. С. 61–63.
4. Денисюк Н. В., Мельник В. Й. Оцінювання фітомеліоративної ролі зелених насаджень парків і скверів північного району м. Рівне. Науковий вісник НЛТУ України. Львів, 2020. Т. 30, № (2). С. 38–43.
5. Коноваленко О.В. Роль зелених насаджень у формуванні екологічного каркасу міських територій. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2018. Т. 28, № 1. С. 120–127.
6. Кучерявий В.П. Урбоекологія. Львів: Світ, 2001. 440 с.
7. Мороз В. В., Шевчук Н. І. Природно-кліматичні зміни та екологічна роль лісових насаджень Хмельницької області. Науковий вісник НЛТУ України. Львів, 2017. Т. 27, № 1. С. 61–65.
8. Стойко С. М., Генсірук С. А. Ліси України. Український ботанічний журнал. 2004. Т. 61, № 6. С. 121–123.
9. Akshay Kumar Singh, Manoj Kumar, Sushil Kumar Shukla. Environmental impacts of air pollution and its abatement by plant species: A comprehensive review. Environmental Science and Pollution Research. 30, 2023. P. 79587–79616. DOI: 10.1007/s11356-023-28164-x
10. Nowak D.J., Crane D.E., Stevens J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry & Urban Greening. 2006. Vol. 4. P.115–123. DOI:10.1016/j.ufug.2006.01.007

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 504.53.062.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.34>

ЦЕЛЮЛОЗОЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ ТА ЩІЛЬНІСТЬ ҐРУНТІВ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА ГРАДІЄНТОМ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Бедункова О.О. – д.б.н., професор,
професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища
та лісового господарства,
Національний університет водного господарства та природокористування
orcid.org/0000-0003-4356-4124

Ціпан Ю.Р. – аспірант кафедри екології, технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства,
Національний університет водного господарства та природокористування
orcid.org/0000-0001-7279-7416

У статті представлено результати дослідження целюлозолітичної активності ґрунтів лісових екосистем південно-східної частини Волинського Полісся за градієнтом антропогенного навантаження. Метою роботи було встановлення закономірностей зміни інтенсивності біодеструкції органічної речовини залежно від характеру впливу та визначення ролі щільності ґрунту як одного з факторів, що обумовлює ці процеси. Дослідження виконано на чотирьох ділянках, що відрізняються рівнем антропогенного навантаження (контроль, рекреаційна зона, постпірогенна територія та ділянка після суцільної рубки). Целюлозолітичну активність визначали методом розкладання лляної тканини, а щільність ґрунту за стандартною методикою відбору зразків із ненарушеною структурою. Встановлено, що досліджуваний показник характеризується вираженою сезонною динамікою з максимальними значеннями в літній період та мінімальними у зимовий. Найвищі значення целюлозолітичної активності зафіксовано на ділянці з помірним рекреаційним навантаженням, тоді як на ділянках із інтенсивним порушенням ґрунтового покриву та за відсутності антропогенного впливу показник був нижчим. Це свідчить про нелінійний характер реакції ґрунтових процесів на антропогенне навантаження. Встановлено, що щільність ґрунту змінюється як у просторі, так і в часі, досягаючи максимальних значень у зимовий період. Показано, що зв'язок між целюлозолітичною активністю та щільністю ґрунту має сезонно залежний характер: у період активізації біологічних процесів він посилюється, тоді як за узагальненими даними практично відсутній. Отримані результати підтверджують доцільність комплексного використання фізичних і біологічних показників для оцінки функціонального стану ґрунтів та їх реакції на антропогенне навантаження.

Ключові слова: біологічна активність ґрунту, щільність ґрунту, лісові екосистеми, антропогенне навантаження, ґрунти Полісся.

Biedunkova O.O., Tsipan Yu.R. Cellulolytic activity and bulk density of forest soils along an anthropogenic load gradient

The article presents the results of a study of cellulolytic activity in soils of forest ecosystems in the southeastern part of Volyn Polissya along an anthropogenic load gradient. The aim of the work was to establish patterns of change in the intensity of biodegradation of organic matter depending on the nature of the impact and to determine the role of soil density as a factor influencing these processes. The study was carried out on four areas that differ in the level of anthropogenic load (control, recreational zone, post-pyrogenic territory, and area after clear-cutting). Cellulolytic activity was determined by the method of decomposition of linen



© Бедункова О.О., Ціпан Ю.Р., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

fabric, and soil density by the standard method of sampling with an undisturbed structure. It was established that the studied indicator is characterized by pronounced seasonal dynamics with maximum values in the summer and minimum values in the winter. The highest values of cellulolytic activity were recorded on the site with moderate recreational load, while on sites with intensive disturbance of the soil cover and in the absence of anthropogenic impact, the indicator was lower. This indicates the nonlinear nature of soil processes' response to anthropogenic load. It was established that soil density varies both in space and time, reaching maximum values in the winter period. It was shown that the relationship between cellulolytic activity and soil density is seasonally dependent: during the period of activation of biological processes it increases, while according to generalized data it is practically absent. The obtained results confirm the feasibility of the comprehensive use of physical and biological indicators to assess the functional state of soils and their reaction to anthropogenic load.

Key words: biological activity of soil, soil density, forest ecosystems, anthropogenic load, soils of Polissya.

Вступ. У сучасних умовах посилення антропогенного впливу на лісові екосистеми особливої актуальності набуває оцінка не лише їх структурних характеристик, а й функціонального стану ґрунтового покриву як ключового компонента біогеохімічних циклів. Одним із найбільш чутливих інтегральних показників функціонування ґрунтових мікробних угруповань є целюлозолітична активність, що відображає інтенсивність деструкції рослинних решток і, відповідно, процеси трансформації органічної речовини. В умовах антропогенного навантаження, яке змінює фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, відбувається перебудова мікробного ценозу та трансформація швидкості біодеструкційних процесів. Водночас характер цих змін не є лінійним і може суттєво варіювати залежно від інтенсивності впливу та особливостей екосистеми, що зумовлює необхідність дослідження целюлозолітичної активності саме в контексті градієнта антропогенного навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних екологічних дослідженнях оцінка біологічної активності ґрунтів розглядається як один із ключових підходів до визначення їх функціонального стану та стійкості до антропогенних впливів [1]. Особливе місце серед таких показників займає целюлозолітична активність, яка відображає інтенсивність розкладання рослинних решток і, відповідно, швидкість кругообігу органічної речовини в екосистемах [2]. Встановлено, що процеси деструкції целюлози відіграють важливу роль у формуванні гумусу, регуляції вуглецевого циклу та підтриманні родючості ґрунтів [3].

Численні дослідження свідчать, що рівень целюлозолітичної активності визначається комплексом абіотичних і біотичних чинників, серед яких провідне значення мають температура, вологість, кислотність середовища, вміст органічної речовини та структура мікробних угруповань [4; 5]. Разом із тим дедалі більше уваги приділяється фізичним характеристикам ґрунту, зокрема його щільності, яка безпосередньо впливає на пористість, аераційний режим і доступність органічного субстрату для мікроорганізмів [6]. Зміни щільності ґрунту можуть як обмежувати, так і частково стимулювати мікробіологічні процеси, що зумовлює необхідність розгляду цього показника у взаємозв'язку з біологічною активністю.

У контексті антропогенного навантаження встановлено, що різні форми впливу (рекреаційне використання територій, транспортне навантаження, вирубки, пожежі) спричиняють трансформацію як фізичних, так і біологічних властивостей ґрунтів. Більшість дослідників відзначає загальну тенденцію до зниження целюлозолітичної активності за умов інтенсивного впливу, що пояснюється пригніченням мікробного ценозу та деградацією органічного горизонту [2; 7]. Водночас у ряді робіт показано, що за помірного антропогенного навантаження можливе

підвищення активності внаслідок часткового порушення підстилки та збільшення доступності субстрату [8]. Подібні результати вказують на нелінійний характер реакції ґрунтових процесів на антропогенний вплив, що може бути пов'язано, зокрема, зі змінами щільності ґрунту.

Разом із тим, незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених біологічній активності ґрунтів, питання взаємозв'язку між целюлозолітичною активністю та фізичними характеристиками ґрунту, зокрема щільністю, у межах градієнта антропогенного навантаження залишається недостатньо вивченим. Це обумовлює необхідність одночасного аналізу целюлозолітичної активності та щільності ґрунту для виявлення закономірностей їх взаємодії та більш повного розуміння механізмів трансформації ґрунтових процесів в умовах антропогенного навантаження.

Мета, завдання та методики проведення досліджень. Метою дослідження є встановлення закономірностей зміни целюлозолітичної активності ґрунтів лісових екосистем південно-східної частини Волинського Полісся за різного рівня антропогенного навантаження та визначення ролі щільності ґрунту як одного з факторів, що обумовлює ці зміни.

Дослідження виконували на території лісових масивів, розташованих у межах суборів південно-східної частини Волинського Полісся. Для аналізу було відібрано чотири ділянки, що відрізняються за характером та інтенсивністю антропогенного впливу, але мають подібні ґрунтово-лісівні умови.

Перша ділянка (50°54'24.6" N, 26°29'45.5" E) приурочена до території, прилеглої до автомобільної дороги, і характеризується вираженим рекреаційним навантаженням. На її площі наявні облаштовані місця для відпочинку, спостерігаються ознаки трансформації лісової підстилки, локальні осередки засмічення та сліди використання відкритого вогню.

Друга ділянка (50°47'53.0" N, 27°03'58.4" E) розміщена в межах лісництва і слугує умовно еталонною, оскільки не зазнає помітного антропогенного впливу. Тут збережено природну структуру рослинного покриву та підстилки, відсутні ознаки механічного порушення ґрунтового шару.

Третя ділянка (50°50'44.4" N, 26°56'30.0" E) представлена лісовою територією, що перебуває на ранній стадії постпірогенної сукцесії, через 2 роки після пожежі середньої інтенсивності. Для неї характерні первинне часткове вигорання підстилки, зміни структури поверхневого горизонту та помітні процеси відновлення рослинності.

Четверта ділянка (50°48'05.1" N, 27°05'21.4" E) сформована в умовах після суцільної рубки деревостану. Тут спостерігається відсутність зімкнутого полог, порушення підстилкового шару та ознаки механічного впливу на ґрунт.

Усі досліджувані ділянки мають дерново-середньопідзолисті, поверхнево-оглеєні ґрунти суглинкового гранулометричного складу. Деревостан розріджений, із домінуванням сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та наявністю підліску природного походження з листяних порід. Тип лісорослинних умов – В₂ (свіжі субори).

Целюлозолітичну активність ґрунту визначали методом розкладання целюлозовмісного матеріалу (ляного полотна) [9]. Зразки тканини стандартного розміру закладали у ґрунт на глибину 5-10 см на досліджуваних ділянках та витримували протягом визначеного періоду (30 діб). Після експозиції зразки вилучали, очищали від ґрунту, висушували до постійної маси та визначали втрату маси.

Інтенсивність розкладання целюлози оцінювали за відсотком втрати маси зразка від початкової:

$$A = ((m_1 - m_2) / m_1) \times 100\% \quad (1)$$

де А – целюлозолітична активність, %; m_1 – початкова маса зразка, г; m_2 – маса зразка після експозиції, г.

Щільність ґрунту (об'ємну масу) визначали методом відбору зразків із непо-рушеною структурою за допомогою металевих кілець відомого об'єму (100 см³) [10]. Зразки відбирали з верхнього гумусового горизонту (0-10 см) у триразовій повторності на кожній ділянці.

Відібрані зразки висушували до постійної маси при температурі 105 °С, після чого визначали масу сухого ґрунту. Щільність розраховували за формулою:

$$\rho = m / V \quad (2)$$

де ρ – щільність ґрунту, г/см³; m – маса сухого ґрунту, г; V – об'єм зразка, см³.

Отримані значення усереднювали для кожної ділянки.

Первинну обробку експериментальних даних, їх систематизацію у табличній формі та візуалізацію результатів здійснювали засобами MS Excel. Статистичний аналіз виконували за допомогою програмного пакета Statistica 8.0 [11].

Виклад основного матеріалу дослідження.

Аналіз описової статистики целюлозолітичної активності ґрунту свідчить про виражену сезонну динаміку та суттєві відмінності між досліджуваними ділянками (табл. 1).

Таблиця 1

Описова статистика результатів оцінювання целюлозолітичної активності ґрунту (%) на досліджуваних лісових ділянках

Номер досліджуваної ділянки	Статистичні показники за сезонами (n=3)				
	Mean	Minimum	Maximum	Coef.Var.	Standard Error
Літо					
1	42,77	27,03	68,94	53,37	13,18
2	19,29	12,74	26,85	36,86	4,11
3	20,72	19,29	21,96	6,49	0,78
4	15,83	7,75	25,61	57,15	5,22
Осінь					
1	25,99	20,73	29,45	17,8	2,673
2	10,68	1,37	23,77	109,3	6,738
3	15,40	14,24	16,81	8,5	0,751
4	8,68	0,72	13,11	79,6	3,986
Зима					
1	9,44	1,03	17,1	85,3	4,65
2	6,01	5,15	7,6	22,4	0,78
3	4,24	2,07	6,8	56,4	1,38
4	5,42	3,66	7,1	31,5	0,99
Весна					
1	21,76	21,11	22,47	3,13	0,394
2	8,44	0,19	19,13	114,88	5,601
3	11,21	10,48	11,66	5,73	0,371
4	14,23	11,76	16,33	16,19	1,330

Найвищі середні значення показника зафіксовано в літній період, особливо на ділянці 1 (42,77), що значно перевищує відповідні значення на інших ділянках. У цей період також спостерігається значна варіабельність результатів, зокрема на ділянках 1 та 4 (коефіцієнт варіації понад 50%), що може свідчити про неоднорідність умов середовища або активність мікробіоти. В осінній період рівень целюлозолітичної активності знижується на всіх ділянках, однак ділянка 1 зберігає лідируючі позиції. Водночас на ділянках 2 і 4 відзначається дуже високий коефіцієнт варіації (до 109,3%), що вказує на нестабільність процесів розкладу органічної речовини. У зимовий період зафіксовано мінімальні значення активності на всіх ділянках, що є очікуваним з огляду на зниження температури та пригнічення мікробіологічних процесів. Навесні спостерігається відновлення активності, особливо на ділянці 1 (21,76), при цьому варіабельність показників зменшується, що свідчить про стабілізацію біологічних процесів у ґрунті.

Загалом для всіх ділянок характерна чітка сезонна динаміка з максимумом у літній період та мінімумом узимку, що очевидно обумовлено температурним режимом і вологозабезпеченням ґрунтів (рис. 1).

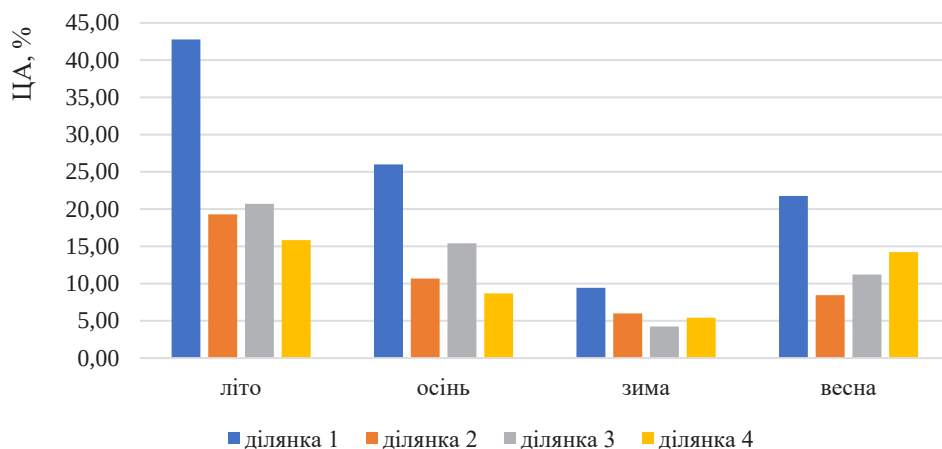


Рис. 1. Сезонні зміни целюлозолітичної активності ґрунтів досліджуваних ділянок

Так, найвищі значення ЦА зафіксовано в літній період, зокрема на ділянці № 1, де показник сягав 42,77%, що суттєво перевищує відповідні значення на інших ділянках. Для цієї ж ділянки було характерне збереження відносно високого рівня активності і в інші сезони (25,99% восени, 21,76% навесні), тоді як мінімум спостерігався взимку (9,44%).

На контрольній ділянці № 2 рівень целюлозолітичної активності був помірним у всі сезони та коливався в межах 6,01-19,29%, демонструючи загальну тенденцію до зниження від літа до зими з подальшим частковим відновленням навесні. Подібна сезонна закономірність простежувалася і для ділянки № 3, однак тут абсолютні значення показника були дещо нижчими, що може свідчити про вплив постпірогенних змін на активність мікробного ценозу.

Найнижчі або близькі до мінімальних значення ЦА у більшості сезонів були характерні для ділянки № 4 (після суцільної рубки), особливо в осінній та зимовий

періоди (8,68% і 5,42% відповідно), що вказує на пригнічення процесів деструкції органічної речовини в умовах порушення ґрунтового покриву.

Як відомо, сезонні коливання вологості та температурного режиму ґрунту змінюють його щільність, що може додатково впливати на рівень целюлозолітичної активності. Зокрема, аналіз показників щільності ґрунту свідчить про чітко виражену сезонну динаміку та відмінності між досліджуваними ділянками (табл. 2).

Таблиця 2

**Описова статистика результатів оцінювання щільності ґрунту
на досліджуваних лісових ділянках**

Номер досліджуваної ділянки	Статистичні показники за сезонами (n=3)				
	Mean	Minimum	Maximum	Coef.Var.	Standard Error
Літо					
1	1,35	1,27	1,41	5,3	0,04
2	1,10	0,95	1,20	12,0	0,08
3	1,25	1,24	1,27	1,4	0,01
4	1,30	1,28	1,33	2,0	0,02
Осінь					
1	1,48	1,47	1,50	1,03	0,01
2	1,19	1,17	1,22	2,22	0,02
3	1,33	1,28	1,35	3,05	0,02
4	1,39	1,36	1,42	2,16	0,02
Зима					
1	1,64	1,57	1,68	3,58	0,03
2	1,26	1,24	1,27	1,22	0,01
3	1,40	1,37	1,43	2,19	0,02
4	1,50	1,47	1,53	2,03	0,02
Весна					
1	1,56	1,54	1,58	1,28	0,01
2	1,24	1,22	1,25	1,24	0,01
3	1,37	1,35	1,39	1,52	0,01
4	1,41	1,38	1,44	2,13	0,02

У літній період значення щільності ґрунту варіюють у межах 1,10-1,35 г/см³. Найвищі середні значення зафіксовано на ділянці 1 (1,35 г/см³), тоді як найменші були визначені на ділянці 2 (1,10 г/см³). Водночас коефіцієнт варіації є відносно невисоким (1,4-12,0%), що свідчить про загальну однорідність показників у межах ділянок.

В осінній період спостерігається підвищення щільності ґрунту на всіх ділянках, особливо на ділянці 1 (до 1,48 г/см³). При цьому варіабельність значень суттєво знижується (C_v від 1,03 до 3,05%), що вказує на стабілізацію структури ґрунту.

Максимальні значення щільності характерні для зимового періоду, де на ділянці 1 показник досягає 1,64 г/см³. Загалом у цей сезон відзначається найвищий рівень ущільнення ґрунту на всіх ділянках, що пов'язано з дією низьких

температур і зменшенням біологічної активності. Варіабельність показників залишається низькою, що свідчить про стабільність умов.

Навесні відбувається незначне зниження щільності ґрунту порівняно із зимою, однак значення залишаються вищими, ніж у літній період. Найбільші показники знову були характерні для ділянки 1 (1,56 г/см³), тоді як найменші були характерні для ділянки 2 (1,24 г/см³).

У цілому простежується чітка тенденція до зростання показника щільності ґрунту від літнього до зимового періоду з подальшим незначним зниженням навесні (рис. 2).

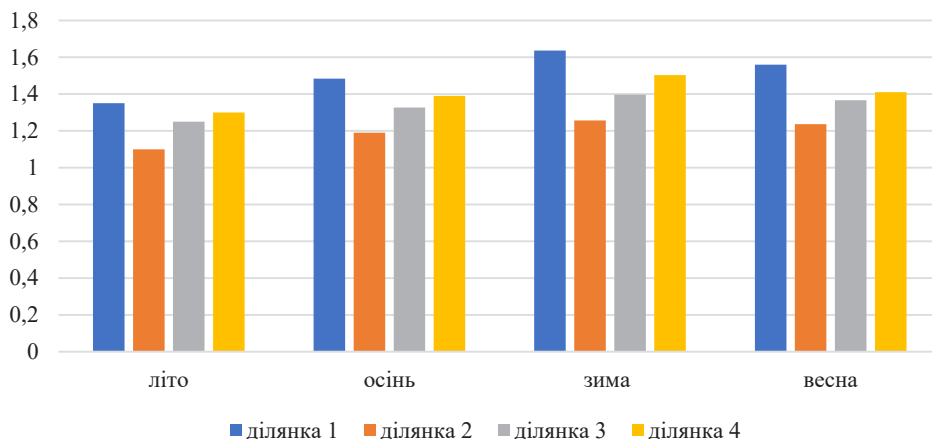


Рис. 2. Сезонні зміни щільності ґрунту на досліджуваних ділянках

Відстеження сезонної кореляції між целюлозолітичною активністю (ЦА) та щільністю ґрунту (ЩГ) є важливим для розуміння взаємозв'язку між фізичними властивостями ґрунту та інтенсивністю біологічних процесів. Аналіз кореляційних коефіцієнтів свідчить про наявність переважно помірного та тісного зв'язку між целюлозолітичною активністю та щільністю ґрунту, який варіює залежно від сезону (табл. 3).

Таблиця 3

Характер зв'язку* між целюлозолітичною активністю та щільністю ґрунту в різні сезони року

Показник	Сезон	Щільність ґрунту			
		літо	осінь	зима	весна
Целюлозо-літична активність	літо	0,55	0,67	0,61	0,79
	осінь	0,57	0,66	0,62	0,77
	зима	0,43	0,58	0,51	0,70
	весна	0,87	0,94	0,91	0,98

*Примітка: ● < 0,50 – слабкий зв'язок; ● 0,50-0,64 – помірний; ● 0,65-0,84 – помітний; ● ≥ 0,85 – сильний

Так, найвищі значення коефіцієнтів кореляції встановлено у весняний період ($r = 0,87-0,98$), що вказує на посилення взаємозв'язку між фізичними та біологічними властивостями ґрунту в умовах активізації мікробіологічних процесів. Водночас у зимовий період зв'язок послаблюється ($r = 0,43-0,70$), що може бути зумовлено пригніченням біологічної активності під впливом низьких температур.

Водночас визначення загальної кореляційної залежності між целюлозолітичною активністю та щільністю ґрунту за об'єднаним масивом даних (без урахування сезонної диференціації) показало практично повну відсутність зв'язку між показниками ($r = -0,01$). Це свідчить про те, що взаємозв'язок між фізичними та біологічними характеристиками ґрунту має виражений сезонний характер і не може бути адекватно описаний узагальненими показниками. Тобто, отриманий результат вказує на нелінійність залежності та різноспрямованість впливу щільності ґрунту на целюлозолітичну активність у різні періоди року.

Висновки. Целюлозолітична активність ґрунтів лісових екосистем південно-східної частини Волинського Полісся характеризується чітко вираженою сезонною динамікою з максимальними значеннями влітку та мінімальними взимку. Рівень активності суттєво залежить від характеру антропогенного навантаження: найвищі значення зафіксовано на ділянці з помірним рекреаційним впливом, тоді як за умов інтенсивного порушення (суцільна рубка), так і на контрольній ділянці показник є нижчим, що свідчить про нелінійний характер реакції ґрунтових процесів. Щільність ґрунту варіює залежно від сезону та типу впливу, досягаючи максимальних значень у зимовий період. Зв'язок між целюлозолітичною активністю та щільністю ґрунту має сезонний характер: у період активізації біологічних процесів він посилюється, тоді як за узагальненими даними практично відсутній, що свідчить про нелінійність і різноспрямованість взаємодії показників. Отримані результати підтверджують доцільність їх комплексного використання для оцінки функціонального стану ґрунтів в умовах антропогенного навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Biological Activity of the Soil. Microbial Ecology of Soil and Plant Growth. 2004. P. 89–98. URL: <https://doi.org/10.1201/9781482280128-10>
2. Domuschy S. V., Trigub V. I. Cellulosolytic activity of soils of the Odesa city. *Odesa National University Herald. Geography and Geology*. 2022. Vol. 27, no. 1(40). P. 61–71. URL: [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.1\(40\).257533](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.1(40).257533)
3. Coupling energy balance and carbon flux during cellulose degradation in arable soils / J. Wirsching et al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2024. P. 109691. URL: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109691>
4. Карбівська У. М. Зміна показників родючості та целюлозолітична активність ґрунту за вирощування злакових травостоїв. *Plant and Soil Science*. 2020. Т. 11, № 1. С. 33–41. URL: <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.033>
5. Цицюра Я. Г. Мікробіологічний потенціал та целюлозолітична активність сірого лісового ґрунту за систематичного сидерального використання редьки олійної. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 299–308.
6. Ковальчук Н. С., Колесник Т. М. Зміни целюлозолітичної активності дерново-слабопідзолистого ґрунту під впливом мікробіологічних біопрепаратів. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки : зб. наук. праць*. Рівне : НУВГП, 2016. Вип. 1(73). С. 30–38.
7. Стерник В.М. Целюлозолітична активність ґрунтів урбоекосистеми м. Рівне. Наукові основи збереження біотичної різноманітності. 2015. Том 6(13), № 1. С. 317–324.

8. Palit K., Das S. Cellulolytic potential of mangrove bacteria *Bacillus haynesii* DS7010 and the effect of anthropogenic and environmental stressors on bacterial survivability and cellulose metabolism. *Environmental Research*. 2024. P. 118774. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118774>
9. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Elsevier, 1995. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-513840-6.x5014-9>
10. Фізика ґрунту : навчальний посібник / В. В. Медведєв, С. Ю. Булигін, С. В. Вітвіцький. К. : Видавничий центр НУБіП України, 2018. 292 с.
11. Статистичні методи досліджень у природничих науках : навчальний посібник / Гуменюк Г. Б., Хоменчук В. О., Гарматій Н. М., Прокоп'як М. З., Сверстюк А. С. Тернопіль, 2024. 98 с.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 712.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.35>

ПРИНЦИПИ ТА ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ ФОРМУВАННЯ РЕКРЕАЦІЙНОЇ ЗОНИ В УМОВАХ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Бойко Т.О. – к.б.н.,доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0003-3864-2036**Мотузна О.Є.** – асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0000-6781-9844

Основою для перетворення традиційних міських територій у повноцінні, комфортні та естетично привабливі рекреаційні простори, що відповідатимуть сучасним потребам мешканців півдня України, є розробка цілісної системи благоустрою та озеленення територій загального користування. В результаті даного дослідження було виявлено характерні ознаки дефіциту якісно упорядкованих громадських просторів на території міста Миколаїв, зокрема на прикладі парку Адміралтейський. Незадовільний стан інфраструктури та існуюче несистемне озеленення унеможливають повноцінний комфортний відпочинок містян. Тож було розроблено концептуальне рішення комплексної ревіталізації зон для відпочинку на території загального користування міста Миколаїв. Проєктуванням передбачено об'єднання трьох багатофункціональних домінант: піднесений павільйон із захисним багатошаровим навісом; крита архітектурна конструкція з різномісними місцями для сидіння; фонтанний комплекс. Розміщення зазначених об'єктів забезпечать необхідні умови для захисту від деяких несприятливих кліматичних чинників. Крім цього, використання в благоустрої водних об'єктів сприяє додатковому зволоженню повітря, що є актуальним для посушливого регіону. Асортимент рослинних насаджень було підібрано згідно їхньої стійкості до місцевого клімату та відповідності до виконання основних функцій, зокрема декоративної. Застосування контейнерного озеленення з насадженнями *Hedera helix* L., *Pennisetum alopecuroides* L. дозволить ефективно використовувати ландшафтний простір. Розміщення на ділянці дерев та кущових насаджень з різними формами крони (*Albizia julibrissin* Durazz., *Salix alba* L., *Betula pendula* Roth. 'Paper', *Catalpa speciosa* (Warder) Warder ex Engelm.; *Koeleruteria paniculata* Laxm.; *Cupressus lawsoniana* (A. Murray) Part. 'Columnaris'; *Liriodendron tulipifera* L.; *Magnolia x soulangeana* Soul. -Bod. 'Big Pink'; *Cercis canadensis* L. 'Forest Pansy'; *Cotinus obovatus* Raf. 'Grace') значно підвищить естетичний рівень сприйняття як кожного окремого об'єкту, так і території в цілому. Запропоновано облаштування схеми освітлення з метою підвищення рівня безпеки та загальної привабливості простору у вечірній час.

Ключові слова: проєкт озеленення, рекреаційна зона, парк, місто Миколаїв, водні споруди, зелені насадження.

Boiko T.O., Motuzna O.Ye. Principles and design solutions for the formation of a recreational zone in an urban environment

The basis for the transformation of ordinary urban areas into full-fledged, comfortable and aesthetically attractive recreational spaces that will meet the modern needs of the residents of southern Ukraine is the development of a complete system of improvement and landscaping of common areas. As a result of this study, characteristic signs of a shortage of qualitatively organized public spaces in the territory of the city of Mykolaiv were revealed, in particular, on the example of Admiralteyskyi Park. The unsatisfactory state of the infrastructure and the



© Бойко Т.О., Мотузна О.Є., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

existing non-systemic landscaping make it impossible for the townspeople to have a full and comfortable rest. Therefore, a conceptual solution for the complex revitalization of recreation areas on the territory of the common use of the city of Mykolaiv was developed. The design envisages the unification of three multifunctional dominants: an elevated pavilion with a protective multi-layered canopy; covered architectural structure with different types of seats; fountain complex. The siting of said facilities will provide the necessary conditions to protect against some adverse climatic factors. In addition, the use of water bodies in the improvement of water bodies contributes to additional humidification of the air, which is relevant for an arid region. The assortment of plantings was selected according to their resistance to the local climate and compliance with the performance of the main functions, in particular decorative. The use of container landscaping with plantations of *Hedera helix* L., *Pennisetum alopecuroides* L. will allow effective use of the landscape space. Placing trees and shrubs with different crown shapes on the site (*Albizia julibrissin* Durazz., *Salix alba* L., *Betula pendula* Roth. 'Paper', *Catalpa speciosa* (Warder) Warder ex Engelm.; *Koeleruteria paniculata* Laxm.; *Cupressus lawsoniana* (A. Murray) Part. 'Columnaris'; *Liriodendron tulipifera* L.; *Magnolia x soulangeana* Soul. -Bod. 'Big Pink'; *Cercis canadensis* L. 'Forest Pansy'; *Cotinus obovatus* Raf. 'Grace') will significantly increase the aesthetic level of perception of both each individual object and the territory as a whole. A lighting scheme has been proposed to improve safety and the overall attractiveness of the space in the evening.

Key words: landscaping project, recreation area, park, Mykolaiv city, water structures, green spaces.

Актуальність теми дослідження. Великі міста України в умовах сучасних соціально-економічних та екологічних трансформацій зазнають значного антропогенного навантаження, що негативно впливає на якість життя населення. Урбанізаційні процеси, зростання щільності забудови, скорочення площ зелених насаджень та погіршення екологічного стану міського середовища зумовлюють підвищену потребу у формуванні якісних рекреаційних просторів.

Особливої актуальності набуває питання створення та оновлення зон загального користування, які виконують не лише естетичну, а й важливі екологічні, соціальні та оздоровчі функції. У контексті відновлення українських міст, зокрема м. Миколаїв, який зазнав значних інфраструктурних втрат, проблема раціонального озеленення рекреаційних територій набуває особливого значення. Наявні громадські простори часто не відповідають сучасним стандартам благоустрою, доступності та інклюзивності, а їх озеленення має фрагментарний або стихійний характер, що знижує ефективність використання територій. Крім того, росте запит суспільства на створення безпечних, комфортних та функціонально насичених просторів, які б відповідали принципам сталого розвитку, екологічної рівноваги та адаптації до змін клімату [1]. У цьому контексті проєктування озеленення рекреаційних зон має базуватись на сучасних підходах ландшафтно́ї архітектури, екодизайну та інтеграції природних елементів у міське середовище. Таким чином, дослідження, спрямоване на розробку пропозицій озеленення та проєктних рішень для рекреаційних зон урбанізованих територій є своєчасним та має практичне значення, оскільки сприяє підвищенню екологічної стійкості міського простору, а також формуванню гармонійного простору для відпочинку населення.

Постановка проблеми. Незважаючи на усвідомлення важливої ролі зелених насаджень у формуванні міського середовища, у практиці озеленення рекреаційних територій простежується відсутність комплексного підходу, що проявляється у фрагментарності, стихійності та низькій ефективності проведених робіт. Часто ігноруються базові принципи ландшафтного проєктування, зокрема щодо підбору асортименту рослин, унаслідок чого використовуються види, не адаптовані до місцевих кліматичних умов.

Суттєвою проблемою є також зниження функціональності та естетичної привабливості існуючих рекреаційних зон, що зумовлено наявністю застарілої або пошкодженої інфраструктури, зокрема незадовільним станом зелених насаджень, відсутністю ефективних систем поливу та недостатнім рівнем освітлення. Таким чином, основний виклик полягає у наявності суперечності між зростаючими потребами населення у якісних, комфортних і функціонально організованих громадських просторах та фактичним незадовільним станом значної частини рекреаційних територій загального користування в місті Миколаїв.

Отже, метою нашого дослідження є комплексне обґрунтування та розробка проєктних рішень озеленення і благоустрою рекреаційної зони парку в структурі міста Миколаїв із урахуванням сучасних вимог до функціональності, екологічності та естетичної організації міського простору.

Методика досліджень. Системне розкриття змісту історії озеленення, типології ландшафтних та художніх архітектурних основ садово-паркового мистецтва належить Кучерявому В.П. та Кучерявому В.С. [2]. Вибір рослинних насаджень, використання композиційних прийомів озеленення, а також технології проєктування і використання об'єктів зелених зон розглядаються в публікаціях Бойко Т.О., Бойко П.М. [3-5], Дідур І.М. у співавторстві з Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. [6]. Верещагіна П.М., разом з Коваленко О.А. та Чепак О.І. досліджували роль проведення інвентаризації рослинного матеріалу в межах населених пунктів, а також систему догляду за насадженнями [7]. Низку публікацій присвячено дослідженню реконструкції та оновлення територій загального користування з урахуванням клімату півдня України [8-12].

В нашому дослідженні враховано принципи сталого розвитку, зокрема раціонального використання природних ресурсів, підвищення біорізноманіття та адаптації зелених насаджень до умов змін клімату. Особлива увага приділена формуванню інклюзивного та безпечного рекреаційного середовища, що відповідає сучасним вимогам до організації громадських просторів.

Результати досліджень. В умовах великих міст південного регіону практично неможливо обійтись без якісно облаштованого громадського простору. Озеленення в цьому контексті характеризується доволі високими ризиками внаслідок впливу кліматичних умов на рослинність. Значна частина території міста Миколаїв потерпає від високих температур, а також дещо зниженої вологості повітря. Особливо відчутним це стає в літній період, коли рівень рекреаційного навантаження на територіях загального користування підвищується. Саме ці фактори стають критично важливими при створенні зон для відпочинку, де місцеві мешканці могли б почувати себе максимально комфортно навіть у спекотні дні.

Досліджуваным об'єктом став парк Адміралтейський, який попри наявність великої площі (12,8 га) має досить обмежену кількість облаштованих місць для проведення дозвілля. Концепція озеленення та благоустрою певною мірою підпорядковується кліматичним факторам, в межах яких можна використовувати зелені насадження, адаптовані до місцевих умов, які до того ж нестимуть середовищерегулюючі екосистемні функції.

Основний потік відвідувачів зосереджений саме в центрі парку, тож його рекомендовано облаштувати в першу чергу. Зона для відпочинку матиме вигляд павільйону в сучасному стилі, який цілком гармонійно поєднуватиметься з ландшафтом паркової зони. Павільйон піднятий над рівнем землі на постаменті, до якого ведуть широкі сходинок з чотирьох сторін, обрамлені декоративними колонами на підніжжі. Периметр верхньої платформи огорожений прозорими скляними

бар'єрами, які не лише виконують функцію безпеки, а й дозволяють зберегти відкритий огляд навколишнього ландшафту. Найбільш примітним елементом є футуристичний багатошаровий навіс. Конструкцію пропонується виконати шляхом перекриття напівпрозорих, еліпсоподібних елементів, які забезпечуватимуть тінь та захист від прямих сонячних променів, водночас дозволить м'якому розсіяному світлу проникати крізь покриття (рис. 1).



Рис. 1. Місце для відпочинку на центральній площі (проект)

Простір під павільйоном симетрично зосереджений на природних елементах. Постамент оточений з чотирьох сторін штучним водоспадом. Біля основи східців розміщуємо водойму правильної геометричної форми, в яку стікатиме вода з каскаду.

На верхній платформі та біля основи сходинок на колонах пропонуємо розташувати декоративні вазони з рослинними насадженнями *Pennisetum alopecuroides* L., а також навколо конструкції, симетрично висадити *Betula pendula* L. (рис. 2).

У якості одного з проєктних рішень запропоновано організацію зони відпочинку у вигляді лінійного архітектурного комплексу. Конструкція візуально нагадує протяжну дугоподібну перголу, що простягається вздовж краю центральної площі з чітким окресленням контуру. Каркас виконаний з міцних вертикальних колон, які забезпечують надійну опору і створюють ритмічний візуальний ряд. Навіс двошаровий. Декоративні горизонтальні балки, що характерні для пергол, частково пропускати́муть світло, а напівпрозоре покриття забезпечуватиме захист від дощу, зберігаючи відчуття світла та відкритості. Під навісом рівномірно розташовані два види місць для сидіння (рис. 3). Підвісні лави-гойдалки підійдуть для більш динамічного відпочинку. Класичні лави розміщено по чергово для традиційного варіанту проведення дозвілля. Такий вибір малих архітектурних форм зумовлений функціональністю.



Рис. 2. Насадження в межах центральної площі (проект)



Рис. 3. Місця для сидіння під навісом (проект)

Рядове розташування місць для сидіння дозволяє одночасно знаходитись під навісом великій кількості людей, спостерігаючи за подіями на центральній площі. Інтенсивно озеленена паркова зона, де розміщуватимуться такі види рослинних насаджень як: *Catalpa speciosa* (Warder) Warder ex Engelm.; *Koelreuteria paniculata*

Laxm.; *Cupressus lawsoniana* (A. Murray) Part. 'Columnaris'; *Liriodendron tulipifera* L.; *Magnolia x soulangeana* Soul. -Bod. 'Big Pink'; *Cercis canadensis* L. 'Forest Pansy'; *Cotinus obovatus* Raf. 'Grace', ставатиме тлом для рекреаційного комплексу.

Ключовою ландшафтно-архітектурною домінантою парку може стати багатоконпонентний фонтанний комплекс (рис. 4), який поєднує класичні форми із сучасним благоустроєм. Виражена лінійна вісь, яка проходить через усю композицію, складається із серії послідовно розміщених водних елементів. Фонтани включені до басейнів різної геометричної форми, починаючи із традиційних прямокутних каналів, до унікальних квіткоподібних форм.



Рис. 4. Фонтанний комплекс (проект)

Центральну частину комплексу пропонуємо створити на помітному підвищенні, до якого ведуть містки та напівкруглі сходи. На платформі по колу розташувати перголи з насадженням *Hedera helix* L. у контейнерах (рис. 5).

Зони під навісами рекомендується захистити декоративною металевою огорожею з художніми елементами (рис. 6). На підвищеннях і вздовж комплексу передбачено розміщення невеликих альтанок-павільйонів з колонами та навісом, стилізовані під античність, які призначені для спокійного відпочинку.

Навколо фонтанів пропонується облаштувати паркові лави для комфортного відпочинку біля води.

Акцентними елементами ділянки з фонтанним комплексом будуть деревні насадження, які затінятимуть місця для відпочинку в певний час доби. Для цього ми обрали декоративні види рослин, які візуально повторюватимуть струмені води у вигляді арки або дуги, а також деякі види з ажурним типом крони, а саме: *Albizia julibrissin* Durazz., *Salix alba*, *Betula pendula* 'Paper'.

Важливим аспектом формування рекреаційного простору є його візуальне та функціональне сприйняття у нічний час, що зумовлює необхідність організації системи освітлення. Проектом передбачено встановлення освітлювальних опор по периметру центральної площі (рис. 7).



Рис. 5. Контейнерне озеленення (проект)



Рис. 6. Декоративна огорожа (проект)

На території фонтанного комплексу пропонуємо встановити маленькі садові світильники та великі ліхтарні установки по периметру ділянки (рис. 8). Додатково проектом передбачено створення контурного архітектурного підсвічування колон та сходинок.



Рис. 7. Освітлення центральної площі (проект)



Рис. 8. Освітлення фонтанного комплексу (проект)

Висновки та перспективи подальших досліджень. В результаті даного дослідження було виявлено характерні ознаки дефіциту якісно упорядкованих громадських просторів на території міста Миколаїв, зокрема на прикладі парку Адміралтейський. Незадовільний стан інфраструктури та існуюче несистемне озеленення унеможливають повноцінний комфортний відпочинок містян. Тож було розроблено концептуальне рішення комплексної ревіталізації зон для відпочинку на території загального користування міста Миколаїв. Проектуванням передбачено

об'єднання трьох багатфункціональних домінант: піднесений павільйон із захисним багатошаровим навісом; крита архітектурна конструкція з різнотипними місцями для сидіння; фонтанний комплекс. Розміщення зазначених об'єктів забезпечать необхідні умови для захисту від деяких несприятливих кліматичних чинників. Крім цього, використання в благоустрої водних об'єктів сприяє додатковому зволоженню повітря, що є актуальним для посушливого регіону. Асортимент рослинних насаджень було підібрано згідно їхньої стійкості до місцевого клімату та відповідності до виконання основних функцій, зокрема декоративної. Застосування контейнерного озеленення з насадженнями *Hedera helix* L., *Pennisetum alopecuroides* L. дозволить ефективно використовувати ландшафтний простір. Розміщення на ділянці дерев та кущових насаджень з різними формами крони (*Albizia saman*, *Salix alba*, *Betula pendula* 'Paper', *Catalpa speciosa*; *Koelreuteria paniculata*; *Cupressus Lawsoniana* 'Columnaris'; *Liriodendron tulipifera*; *Magnolia soulangeana* 'Big Pink'; *Cercis canadensis* 'Forest Pansy'; *Cotinus obovatus* 'Grace') значно підвищить естетичний рівень сприйняття як кожного окремого об'єкту, так і території в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Орловська Ю. Павленко О. Концепція розвитку зеленої урбоєкосистеми: основні теоретичні підходи. Економічний простір. 2024. 192. 77-81.
2. Кучерявий В.П., Кучерявий В.С. Озеленення населених місць: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Львів. Видавництво «Новий Світ-2000», 2020. 666 с.
3. Бойко Т.О., Бойко П.М. Екосистемні послуги зелених насаджень – основа формування екологічної компоненти сталого розвитку урболандшафтів. Таврійський науковий вісник. 2025. № 145. Част.1. 325-331.
4. Бойко Т.О., Бойко П.М. Еколого-рекреаційна роль об'єктів садово-паркового господарства міста Херсон. Таврійський науковий вісник. 2022. № 128. 347-352.
5. Бойко Т.О. Критерії до підбору основного та додаткового асортименту деревних рослин для зеленого будівництва у місті Херсоні. І-ша відкрита регіональна науково-практична інтернет-конференція «Наукові читання імені В.М. Виноградова» присвячена 5-річчю заснування кафедри лісового та садово-паркового господарства ДВНЗ «ХДАУ», (23-24 травня 2019 р.). 2019.
6. Дідур І.М., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. Рекреаційне садово-паркове господарство. Вінниця: ВНАУ, 2020. 328 с.
7. Верещагіна П.М., Коваленко О.А., Чепак О.І. Технологія озеленення населених місць: курс лекцій. Миколаїв: МНАУ, 2015. 104 с.
8. Boiko T., Boiko P., Dementieva O. An analysis of the current state of dendrological objects protected by the city of Kherson. 19-th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2019. 2019. ISSUE: 6.2. P. 343–348. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2019/6.2>.
9. Скок С.В., Стратічук Н.В. Науково-методичні аспекти оцінки сталого розвитку міських екосистем. Екологічні науки : науково-практичний журнал. Київ: ДЕА, 2020. № 1(28). С. 367–378.
10. Boiko T., Dementieva O., Omelianova V., Strelchyuk L. Ornamental woody plants assortment expansion in landscaping the cities of Southern Ukraine. 20-th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2020. 2020. P. 595–602.
11. Lavrys V. Yu, Kotovska Ju S., Dvorna A. V. Creation of a project for landscaping and improvement of restricted areas in the city of Kherson. Таврійський науковий вісник. 2024. № 136. Част.2. 279-287.

12. Котовська Ю.С. Омелянова Ю.С. Перспективи озеленення об'єктів спеціального призначення на прикладі території Свято-Успенського собору в м. Херсоні. Таврійський науковий вісник. 2021. № 118. 126-133.

Дата першого надходження статті до видання: 13.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

UDC 630*26:551.583

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.36>

BIOLOGICAL FEATURES OF THE STRUCTURE AND FUNCTIONS OF FIELD PROTECTIVE FOREST BELTS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE

Viter N.G. – Doctor of Philosophy in Agronomy,
Senior Lecturer at the Department of Ecology and Environmental Protection,
Vinnytsia National Agrarian University
orcid.org/0000-0003-1436-9055

In modern conditions, the current problem of agrosphere is its stability and constant improvement of the functioning of ecosystems. Therefore, the issue of creating and restoring a system of field protective forest plantations is one of the most radical directions of maintaining the stability of ecosystems, increasing their buffering capacity by restoring forest biocenoses, which are an integral part of natural landscapes. The goal is to assess the species diversity of field protective forest belts, compare the phytocenotic structure of the diversity of stands, and determine the main signs of the formation of forest biocenosis in shelterbelts as confirmation of their biological stability. The research was conducted on the base of scientific materials of well-known scientists on the biological aspects of the functioning of forest shelterbelts in the conditions of climate change. The main features of field protective forest belts, their species composition and vertical arrangement in the structure of the biogeocenosis are also characterized. The significance of each component of the trophic food chain, which ensures the circulation of substances and energy, is considered. It is such processes that ensure the development of the forest biocenosis and are stable self-regulating systems. Shelterbelts form a stable vegetation cover. Climatic conditions, are climatic factors, that directly affect the environment and are a habitat for animal and plant organisms, fungi, viruses and bacteria. The diversity of the species in shelterbelts is, accordingly, related to the life span of plant groups. Forest shelterbelts are biocenoses that provide an increase in the species of plant and animal organisms. The current task is not only the care for the existing forest shelterbelts, but also the planting of the new ones. Therefore, the younger are the shelterbelts, the more diverse and intensive is life in them.

Key words: phytocenosis, living above-ground cover, species diversity, biogeocenosis, biodiversity, stratification, stability, forest biocenosis, coenotic structure.

Вітер Н.Г. Біологічні особливості будови та функцій полезахисних лісосмуг Лісостепу Правобережного

В сучасних умовах актуальною проблемою агросфери є її стабільність та постійне підвищення функціонування екосистем. Тому питання створення та відновлення системи полезахисних лісових насаджень, являється одним найбільш радикальних напрямків підтримання стійкості екосистем, зростання їх буферності за рахунок відновлення лісових біоценозів, які являються складовою частиною природних ландшафтів. Мета – надати оцінку видовому різноманіттю полезахисних лісосмуг, провести порівняння фітоценотичної структури різноманітності насаджень, а також визначити основні ознаки формування лісового біоценозу в полезахисних лісосмугах як підтвердження їх біологічної стійкості. Дослідження проводились через опрацювання наукових матеріалів відомих науковців щодо біологічних аспектів функціонування полезахисних лісосмуг в умовах зміни клімату. Також охарактеризовані основні ознаки полезахисних лісосмуг, їх видовий склад і вертикальне розташування у структурі біогеоценозу. Розглядається значення кожного компонента трофічного ланцюга живлення, що забезпечують кругообіг речовин та енергії. Саме такі процеси забезпечують розвиток лісового біоценозу і є стійкими саморегулюючими системами. Полезахисні лісосмуги формують стійкий рослинний



© Viter N.G., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

покрив. Кліматичні умови, являються кліматичними факторами, які безпосередньо впливають на навколишнє середовище та є місцем існування тваринних і рослинних організмів, грибів, вірусів та бактерій. Різноманітність видів полезахисних лісосмуг відповідно пов'язана з тривалістю життя рослинних угруповань. Полезахисні лісосмуги є біоценозами які забезпечують збільшення видів рослинних та тваринних організмів. Актуальним завданням сьогодення являється не тільки догляд за існуючими полезахисними лісосмугами, а висаджування нових. Тому, чим молодші полезахисні лісосмуги, тим різноманітніше та інтенсивніше в них життя.

Ключові слова: фітоценоз, живий надґрунтовий покрив, видове різноманіття, біогеоценоз, біорізноманіття, ярусність, стійкість, лісовий біоценоз, ценотична структура.

Relevance of the research topic. The growing interest in determining the ecological functions of forest shelterbelts is associated not only with the deterioration of their condition in Ukraine over the past 15-20 years, but also with the problem of biodiversity loss. By studying the biological aspects of the functioning of forest shelterbelts as a forest biogeocenosis, it is possible to establish signs of its stability. We have studied the vertical structure of the phytocenosis of forest shelterbelts – woody, understory, herbaceous and underground layers and determined the changes in the conditions of the existence of the number of biota in conditions of climate change. Forest shelterbelts play an important role in conducting agricultural activities. They have the following functions, such as protecting crops and pastures from dry winds, protecting farm animals from winds. Shelterbelts are a habitat for wild animals and birds, they prevent salinization and soil erosion, contribute to moisture conservation and are barriers to the spread of weeds and pests. Forest shelterbelts affect the increase in productivity on agricultural lands adjacent to them.[1].

Petrovych O.Z. states that: “Field shelterbelts are an important part of the agricultural landscape. They play a significant role in the functioning and development of agroecosystems, slowing down wind speed, retaining snow on the fields, reducing surface runoff of atmospheric precipitation, increasing soil moisture, preventing wind erosion of the soil, and also increasing and stabilizing crop yields. The method of land reclamation is a factor in restoring the ecological and biological balance of agricultural lands. Field shelterbelts contribute to the formation of floristic and faunal diversity, the creation of new topical connections, the balancing of new biogeocenoses and thus serve as an effective means of forming of the biological fullness of agricultural lands” [2]. Having proven the importance of the above ecosystem functions and services of forest shelterbelts, they must be taken into account when studying and adopting relevant regulatory acts and developing new ones. Forest shelterbelts form floristic, faunal diversity and new topical connections, ensure the balancing of new biogeocenoses and are a reliable way to form biologically complete agricultural lands” [3].

Statement of the problem. The aim of the article is to assess the species composition of field shelterbelts, conduct a comparative analysis of the phytocenotic structure of the diversity of stands and determine the main features of the formation of forest biocenosis. Also, the task is the analysis of the biological features of the functioning of field shelterbelts of the Right-Bank Forest-Steppe under the conditions of intensification of agriculture and climate change.

The ideas of biocenology are set out in the works of V.V. Dokuchaev (1892), in which he had proved the need to study all natural factors (soil, climate, moisture, organisms), which are comprehensive and mutually dependent. Biocenology and the study of phytocenosis are the basis of one of the directions of the science of forest types – biogeophytocenotic, the founder of which is V.M. Sukachev. His biogeocenotic approach

considered the type of forest belts from the position of a systemic approach – the unity of the forest (biocenosis – the totality of phytocenosis and zoocenosis) and the environment (ecotype) [4].

Artificial phytocenoses are cultural phytocenoses, forest shelterbelts are stripocenoses, and the process of creating phytocenose cultures is cultural anthropogenic successions. V.M. Sukachev in his scientific research had proved the need to study agrophytocenoses. Famous scientists M.M. Romanenko and A.V. Romanenko claim that forest shelterbelts are forest plantations artificially created to protect agricultural lands from drought and soil erosion. V.Yu. Yukhnovskiy, V.M. Malyuga, M.O. Shtofel, S.M. Dudarets note that forest shelterbelts are one of the main ways of biologizing agriculture, because they protect agricultural lands from adverse natural phenomena (dry spells, droughts, blizzards, water and wind erosion) and perform a multifunctional role in improving the environment. Forest shelterbelts are artificial plantations that delimit arable land massifs, performing climate-regulating, soil-protective and water-protective functions” [5, 6].

The scientific works of the following scientists in the field of agriculture are devoted to the problematic issues of highly effective functioning of field shelterbelts: V.O. Bodrov, G.B. Gladun, S.M. Dudarets, V.I. Koptev, V.V. Lukish, V.M. Malyuga, O.I. Pylypenko, A.P. Stadnyk, M.O. Shtofel, V.Yu. Yukhnovskiy. Forest ameliorator-topologist professor V.D. Vorobyov highly appreciated the importance of typology for field protective afforestation work, since it opens up the possibility of differentiating silvicultural techniques in accordance with the forest and vegetation conditions of the Forest-Steppe [7]. The prolongation of the main types of natural forests for steppes according to Alekseev’s typological grid, practiced by G.M. Vysotskiy, is an example of the use of the method of comparative ecology. The success of the growth of artificial forest-steppe plantations is determined by the successful selection of the tree and shrub species, which can be facilitated by forest typology [8].

Research methodology. The methodological task in studying ecosystems (biogeocenoses) of forest shelterbelts is a systemic approach, because all the parts in the hierarchical structure of ecological systems, uniting, give them new features and qualities, since the system is characterized by emergence. Having considered the biological aspects of the functioning of forest shelterbelts, we identified signs of forest biogeocenosis in them. We analyzed the vertical structure of the phytocenosis of forest shelterbelts (tree, understory, herbaceous and underground layers) based on the study of literary sources on the topic of the research. The practice of forest shelterbelt afforestation is associated with such names as N.K. Genko, V.P. Skarzhinskiy, A.A. De-Carrier, V.M. Karamzin, M.K. Sredinskiy, G.M. Vysotskiy. Theoretical foundations, accumulated analytical and practical experience are found in the works of G.V. Vysotskiy, V.O. Bodrov, B.Y. Logginov, Y.P. Byalovich, V.I. Koptev, M.M. Miloserdov, M.Y. Dolgilev, O.I. Pylypenko, A.P. Stadnik, G.B. Gladun, V.Yu. Yukhnovskiy and the other researchers. Familiarization with their works allows us to reflect the modern scientific picture of the biological functions of field shelterbelts [9].

The ecosystem of forest shelterbelts contains all the components of the trophic chain – producers, consumers and decomposers, which ensure the circulation of substances, energy and the development of forest biocenosis. As producers, forest shelterbelts are the first link in the complex of trophic chains, a center for biodiversity conservation and can play the role of the corridors, while connecting fragmented areas of forest plantations. The works of modern scientists refer to forest biogeocenosis as a sign of a stable self-regulated plantation, therefore a forest shelterbelt can provide a complex of economic, environmental and social needs of society [10].

In forest shelterbelts, there are three trophic groups of plant producers: trees, shrubs and grasses. These are autotrophic organisms that form organic substances from inorganic substances during photosynthesis. Heterotrophs consume ready-made organic substances and are represented by herbivores (phytophages), predators (zoophages), and detritophages. It is the decomposers that decompose organic substances into minerals and complete the cycle of substances [11].

Forest shelterbelts create a stable plant cover, shape the climate, have a significant impact on the environment and are a shelter and habitat for plants, animals, fungi and viruses. The younger are the forest belts, the more diverse and intense the life in them is. Populations of different species that exist in forest shelterbelts are not separated, but are interconnected by various relationships. Relationships between the species that inhabit forest shelterbelts and are characterized by homogeneous living conditions form biocenoses. A sharp increase in the number of coenopopulations is observed in the ecotones of forest belts, which confirms the general ecological principle of the diversity of life on the border of the distribution of the phases or environments according to V.I. Vernadskyi [12].

Research results. Field shelterbelts are narrow linear plantations characterized by stability, productivity and durability in the formation of forest biocenosis in a certain territorially located biotope and under the conditions of the planned tree layer of the phytocenosis. An important role in the formation of field shelterbelts is played by the species composition and structure of field shelterbelts.

Field observations were conducted during 2023-2025 in Vinnytsia district of Vinnytsia region on black soils. 28 field shelterbelts were investigated and analyzed, which differed in their design: blowdown, openwork, dense, as well as in their location relative to the prevailing winds: main and auxiliary. The studied forest shelterbelts were presented as open, openwork and dense according to the proportion of the gap in their transverse state. Each type of forest shelterbelt has a corresponding structure and biometric indicators, as well as a positive impact on the condition and productivity of agroecosystems. According to another classification (location of shelterbelts relative to the direction of the prevailing winds) they are divided into main ones, which are located transversely to the direction of the prevailing winds, and auxiliary ones, which are located transversely to the main shelterbelts or along the direction of the prevailing winds.

During the research, it was found that the blowdown and open-cut forest shelterbelts are represented by the main and auxiliary ones, and the dense ones are only the main ones. It is this combination of different types of forest shelterbelts with each other that characterizes some of the differences between them. The analysis of the studied shelterbelts according to the characteristics of the structure – blown, openwork and dense, had shown that in main blowdown and openwork shelterbelts and in dense main shelterbelts the main species is lanceolate ash, and in dense main shelterbelts – sharp-leaved maple. And in all auxiliary blowdown forest belts, secondary tree species were not found, and in the main blown forest belts the secondary species was common oak. In openwork shelterbelts, the secondary tree species were found with oak, and in the auxiliary ones – common hornbeam. And dense main shelterbelts have a secondary species – lanceolate ash. (Table 1) % [13].

The single species in the main blowdown forest belt were heart-leaved linden (*Tilia cordata* Mill), in the main openwork forest belt – black locust (*Robinia pseudoacacia* L), wild cherry (*Prunus avium* L), wild plum (*Prunus spinosa* L), wild pear (*Pyrus communis* L); in the openwork auxiliary forest belt – wild cherry and wild pear, and in the

main dense forest belt – common oak (*Quercus robur* L.). There are no single tree species in the secondary openwork forest belt. The greatest species diversity of shrubs was found in the open main shelterbelt and was represented by: wild rose (*Rosa canina* L.), hazel (*Corilus avellana* L), undergrowth of common ash (*Fraxinus excelsior* Michx) and ash-leaf maple (*Ácer negúndo*). The open auxiliary shelterbelt has only one species of shrubs: black elderberry (*Sambucus nigra*). The dense main shelterbelt has two species of shrubs: black elderberry and undergrowth of common maple. All blowdown shelterbelts did not have shrubs in their species composition.

Table 1

Biological parameters of the structure of field shelterbelts of the Right Bank Forest-Steppe

Forest belt parameters	Forest belt construction				
	Blowdown		Openwork		Dense
View of the forest belt in the direction of the prevailing winds	Main	Additional	Main	Additional	Main
Main breed	lanceolate ash	lanceolate ash	lanceolate ash	lanceolate ash	Norway maple
Secondary breed	oak	-	oak	hornbeam	ash lanceolate
Single breeds	Heart-shaped linden	-	white acacia, wild cherry, wild plum wild pear	wild cherry, wild pear	oak
Bushes	-	-	Common rosehip, common lichen, ash maple	black elderberry	black elderberry undergrowth of common maple

The studies have shown that the greatest species diversity was in open-cut forest shelterbelts, and the least in blowdown ones. And all the main forest shelterbelts were more diverse in the species composition than the auxiliary ones. Observations of the metric parameters of the forest shelterbelts of the Right-Bank Forest-Steppe in the section of the blowdown, openwork and dense structures had shown that the largest number of rows of trees was found in the dense ones – 3 rows and was the smallest of all the studied forest belts. The main blowdown forest shelterbelt had – 5 rows of trees, and the auxiliary – 4 rows (Table 2). % [14].

The studied forest shelterbelts were created in the 60s-70s and therefore have some difference in the distance of trees in rows and between rows. Therefore, a comparison was also made of the distance between trees during the creation of the forest shelterbelts and the present time, so the designed and actual distances were investigated. The observations of the distance between the rows of trees in the shelterbelts had shown that the designed distances coincide with the actual ones. Therefore, the rows of trees are completely visible. And therefore, the distance between the rows of trees in the main blowdown forest belts is the smallest compared to all the studied types of shelterbelts

and is 1.0 m. While in the blowdown auxiliary shelterbelts, the distance between the rows of trees was much greater and was 3.0 m. In the openwork main shelterbelts, the distance between rows of trees was 2.0 m, and in the auxiliary ones – 3.5 m, and this distance between rows was the largest among all the studied forest belts. In the dense shelterbelt, the distance between rows of trees was 2.5 m.

Table 2

**Metric parameters of the structure of field shelterbelts
of the Right Bank Forest-Steppe**

Forest belt parameters	Forest belt construction				
	Blowdown		Openwork		Dense
View of the forest belt in the direction of the prevailing winds	Main	Additional	Main	Additional	Main
Number of rows of trees, pcs.	5	4	7	3	8
Distance between rows of trees, designed / actual, m	1,0 / 1,0	3,0 / 3,0	2,2 / 2,0	3,5 / 3,5	2,5 / 2,5
Distance between trees in a row, designed / actual, m	2,0 / 5,0	2,0 / 4,0	1,5 / 3,0	1,5 / 3,0	1,0 / 3,0
Width of the forest belt, m	7	12	15	9	20
Height of the forest belt, m	15	14	14	14	14
Trunk girth at a height of 1.3 m, cm	1,7	1,5	1,7	1,3	1,4

The distance between trees in rows of shelterbelts during the period of creation and the actual one has quite significant differences. For example, in the main shelterbelt, the designed distance between trees in rows is 2.0 m, while the actual one is 5.0 m. That is, out of five planted trees, only two survived. This is equal to 60% thinning of trees in rows. In the auxiliary shelterbelts, the designed distance between trees in rows was 2.0 m, and the actual one was already 4.0 m. That is, out of five planted trees, only 2.5 trees survived. The percentage of thinning of trees was 50%. In the openwork main and auxiliary shelterbelts, the designed and actual tree spacing in rows was the same and was 1.5 m and 3.0 m, respectively. The thinning of trees was also 50%. In the dense shelterbelt, the designed tree spacing in rows was 1.0 m, and the actual spacing was 3.0 m. That is, out of every 10 planted trees, only 3 survived. The thinning of trees in rows of dense shelterbelts is 70%.

Our research has shown that the greatest thinning of trees in rows of field shelterbelts was found in the dense main forest belt – 70% and the blowdown main forest belt – 60%. In the remaining forest belts, thinning of trees in rows was significant and amounted to 50%.[15, 16].

Conclusions and prospects for further research. Our research has established that the most species diversity of trees is found in open field shelterbelts, and the least in blowdown ones. All main field shelterbelts are represented by a greater species diversity of trees than auxiliary ones. In 80% of forest belts, the main species is lanceolate ash and in only 20% – sharp-leaved maple. Measures to adapt field shelterbelts to climate change should include: maintaining a stable field shelterbelt forest cover and increasing

its area using tree and shrub species that are more resistant to global climate change; ensuring the preservation of the existing and increasing potential of biological diversity of field shelterbelts; rational combination of reforestation and afforestation of field shelterbelts using natural and artificial methods to ensure the stability of formed forest species; increasing the share of mixed forest species in field shelterbelts. Under the influence of global climate change, as well as a powerful anthropogenic factor, processes of death of coniferous plantations, in particular pine and oak, are observed. However, these forest species are not the main ones in field shelterbelts of the Forest-Steppe of Right-Bank Ukraine.

In the existing shelterbelts, the competitiveness of the species that are less demanding on moisture and more resistant to increased temperature will increase. Such species include black locust (*Robinia*), honey locust (*Gleditsia triacanthos* L.), maples (*Acer* L.) and lanceolate ash (*Fraxinus lanceolata* Borkh). But without the application of the adaptation measures, in the short and medium term, the existing shelterbelts may be lost. The constancy and durability of forest shelterbelts in agrolandscapes with a mosaic horizontal structure are due to the formation of forest biocenosis and provide the opportunity for succession processes and the formation of ecological niches.

REFERENCES:

1. Тимошевський В.В. Агроекологічне значення полезахисних лісових смуг. URL: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2015_10_20_21/sekcija_5_ekono_michni_nauki/agroekologichne_znachennja_polezakhisnih_lisovikh_smug/30-1-0-594.
2. Петрович О.З. Полезахисні лісосмуги в контексті впровадження концепції екосистемних послуг. Екосистеми, їх оптимізація та охорона. 2014. Вип. 11. С. 42–49.
3. Чіркова О.В. Структура лісосмуг як складових елементів екологічної мережі. Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. 2010. № 1 (10). С. 97–104.
4. Краснов В.В., Шелест З.М., Давидова І.В. Фітоекологія з основами лісівництва : навч. посібн. Херсон : «Олді-плюс», 2014. 478 с.
5. Кучерявий В.П. Екологія. Львів : Видавництво «Світ», 2001. 500 с.
6. Бурда Р.І., Трач С.Д. Антропогенні екотопи агроландшафтів та їх фітобіота. Агроекологічний журнал. 2004. № 1. С. 3–9.
7. Васенков Г.І., Іванюк І.Д., Макарчук Я.І., Орлов О.О. Типологія лісу : навч. посіб. Житомир : Видавництво «Полісся», 2013. 244 с.
8. Малюга В.М. Місце і роль захисних лісових насаджень у розбудові національної екологічної мережі. Матеріали наукової конференції науково-педагогічних працівників і аспірантів Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ: НУБіП України, 2010. С. 99–100.
9. Лукіш В.В. Екологічні функції полезахисних лісових насаджень. Екологічні науки. 2013. № 1. С. 56–64.
10. Гладун Г.Б. Значення захисних лісових насаджень для забезпечення сталого розвитку агроландшафтів. Науковий вісник. НЛТУ України. 2005. Вип. 15. С. 113–118.
11. Шанда Л.В. Аспекти степового лісознавства: біогеоценотичні парцели та їх періодична ектопічна система. Ґрунтознавство. 2006. № 3 (4). С. 84–91.
12. Приходько С.А., Чіркова О.В. Ефективність функціонування лісосмуг як екологічних коридорів екомережі. Промислова ботаніка. 2009. Вип. 9. С. 25–31.
13. Ткачук О.П., Вітер Н.Г. Біологічні аспекти функціонування полезахисних лісосмуг в умовах зміни клімату. Збалансоване природокористування. 2022. № 1. С. 101–107. DOI:10.33730/2310-4678.1.2022.255218

14. Tkachuk O., Viter N., Pankova S., Titarenko O., Yakovets L. The current environmental state of the field protective forest belts of the Forest Steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2023. Vol. 13 (2). P. 1-8.

15. Tkachuk O., Pantsyрева H., Mazur K., Chabanuk Y., Zabarna T., Pelekh L., Bronnicova L., Kozak Y., Viter N. Ecological problems of the functioning of field protective forest belts of Ukrainian Forest Steppe. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, Issue 1. P. 149-161.

16. Ткачук О.П., Вітер Н.Г. Оцінка сучасного агробіологічного стану полезахисних лісосмуг Лісостепу Правобережного. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. № 1/107. DOI:[http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.011](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.011)

Дата першого надходження статті до видання: 10.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 628.4.032:66.095:504.06

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.37>

ТЕХНОЛОГІЧНА МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБКИ ПЕТ-ПЛЯШОК ЯК ВАЖЛИВИЙ ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА

Воронкова В.Г. – д.філос.н., професор,
завідувач кафедри управління та адміністрування,
Запорізький національний університет
orcid.org/0000-0002-0719-1546

Бєлоконь К.В. – к.т.н., доцент,
заспунник директора з наукової роботи,
Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету
orcid.org/0000-0003-2000-4052

Метеленко Н.Г. – д.е.н., професор,
професор кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Запорізький національний університет
orcid.org/0000-0002-6757-3124

Оглобліна В.О. – к.е.н., доцент,
доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Запорізький національний університет
orcid.org/0000-0001-6627-0255

Юрченко А.І. – завідувач лабораторією природоохоронних заходів
в агропромисловому і паливно-енергетичному комплексах,
Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут
екологічних проблем»
orcid.org/0009-0004-9293-5520

У статті досліджено сучасні технологічні підходи до модернізації процесів переробки ПЕТ-пляшок в умовах зростання екологічних вимог та необхідності впровадження принципів сталого розвитку у промислове виробництво. Метою даної роботи є аналіз ефективних методів очищення технологічних газів, що утворюються в процесі промислової переробки пластикових пляшок, з метою зниження шкідливих викидів в атмосферу, забезпечення екологічної безпеки виробництва та дотримання нормативних вимог щодо охорони навколишнього середовища. Проаналізовано праці як зарубіжних, так і вітчизняних науковців, що підтверджують важливість комплексного підходу до переробки пластикових відходів з акцентом на удосконалення систем очищення технологічних газів. Досліджено технологічні виміри системи очищення технологічних газів при промисловій переробці пластикових пляшок та визначено ключові технологічні параметри, що впливають на якість вторинної сировини та енергоефективність виробництва. Переробка пластикових відходів розглядається як одна з ключових проблем сучасного екологічного та технологічного розвитку, у контексті якої визначено ключові параметри процесів та їх впливу на продуктивність і якість переробки пластиків. Газові викиди зазвичай містять суміші летких органічних сполук, оксиди азоту, вуглекислий газ та інші токсичні компоненти, що сприяють забрудненню повітря, підвищенню парникового ефекту та токсичному навантаженню на біоту. Вивчення цих характеристик дозволяє точно визначити технологічні рішення для їх очищення, враховуючи реакційну здатність і адсорбційний



потенціал кожного компонента. Доведено, що технологічна модернізація сприяє зменшенню ресурсоспоживання, скороченню викидів забруднювальних речовин та підвищенню економічної ефективності підприємств. Результати дослідження можуть бути використані при розробці стратегій розвитку підприємств з переробки полімерних відходів та формуванні екологічно орієнтованої промислової політики України.

Ключові слова: ПЕТ-пляшки, вторинна переробка, полімерні відходи, технологічна модернізація, рециклінг, сталий розвиток, екологічна безпека, очищення технологічних газів.

Voronkova V.G., Belokon K.V., Metelenko N.G., Ogloblina V.O., Yurchenko A.I.
Technological modernization of pet bottle processing as an important factor in ensuring the sustainable development of modern manufacturing

The article examines modern technological approaches to the modernization of PET bottle processing in the context of growing environmental requirements and the need to implement sustainable development principles in industrial production. The purpose of this work is to develop an effective system for cleaning process gases generated during the industrial processing of plastic bottles in order to reduce harmful emissions into the atmosphere, ensure environmental safety of production, and comply with environmental protection regulations. The works of both foreign and domestic scientists have been analyzed, confirming the importance of an integrated approach to plastic waste recycling with an emphasis on the improvement of process gas cleaning systems. The technological measurements of the process gas purification system in the industrial processing of plastic bottles were studied, and the key technological parameters affecting the quality of secondary raw materials and the energy efficiency of production were determined. Plastic waste recycling is considered one of the key issues in modern environmental and technological development, in the context of which the key parameters of processes and their impact on the productivity and quality of plastic recycling have been identified. Gas emissions usually contain mixtures of volatile organic compounds, nitrogen oxides, carbon dioxide, and other toxic components that contribute to air pollution, increase the greenhouse effect, and cause toxic stress on biota. Studying these characteristics allows us to accurately determine technological solutions for their purification, taking into account the reactivity and adsorption potential of each component. It has been proven that technological modernization contributes to reducing resource consumption, reducing pollutant emissions, and increasing the economic efficiency of enterprises. The results of the study can be used in developing strategies for the development of polymer waste processing enterprises and in forming Ukraine's environmentally oriented industrial policy.

Key words: PET bottles, secondary processing, polymer waste, technological modernization, recycling, sustainable development, environmental safety, process gas cleaning.

Постановка проблеми та її актуальність. У сучасних умовах розвитку промисловості особливої актуальності набуває впровадження технологій захисту навколишнього середовища, які спрямовані на зменшення техногенного навантаження на екосистеми. Однією з найгостріших екологічних проблем сьогодення є накопичення полімерних відходів, зокрема пластикових пляшок із поліетилен-терефталату (ПЕТ), які масово використовуються в упаковці харчових продуктів і напоїв. Через тривалий термін розкладу та низьку біодеградабельність ПЕТ-відходи становлять серйозну загрозу для довкілля, особливо за умов їх несанкціонованого спалювання або захоронення на полігонах твердих побутових відходів. Одним із перспективних шляхів розв'язання цієї проблеми є вторинна переробка пластикових пляшок, яка дозволяє частково замінити первинну сировину, зменшити обсяги відходів та знизити загальне навантаження на природні ресурси. Водночас технологічні процеси, що супроводжують переробку полімерів, зокрема термічні методи (піроліз, газифікація, спалювання), спричиняють утворення значної кількості шкідливих газоподібних викидів. До складу цих викидів можуть входити токсичні та канцерогенні речовини, такі як діоксини, фурани, формальдегід, леткі органічні сполуки, оксиди азоту, сірки та вуглецю, а також важкі метали у вигляді аерозолів. Викид таких компонентів в атмосферу без відповідного

очищення становить серйозну загрозу не лише для довкілля, але й для здоров'я населення, працівників підприємств та кліматичної стабільності в регіоні. Технології газоочищення, що застосовуються у цій галузі, можуть включати використання скрубєрів, абсорбційних та адсорбційних установок, електрофільтрів, каталітичних нейтралізаторів, термічних окиснювачів або комбінацій зазначених методів. Крім того, актуальним є застосування автоматизованих систем моніторингу викидів, що дозволяє в режимі реального часу контролювати склад газоподібних сумішей і запобігати аварійним ситуаціям. Очищення викидів сприяє зменшенню штрафних санкцій, підвищенню рівня екологічної відповідальності підприємства, поліпшенню його іміджу та конкурентоспроможності, а також дозволяє повторно використовувати деякі компоненти газових потоків як вторинну сировину або джерело енергії. Таким чином, впровадження систем очищення технологічних газів у процесах переробки пластикових пляшок є необхідною умовою забезпечення сталого розвитку промисловості, збереження довкілля та дотримання вимог національного і міжнародного природоохоронного законодавства. В умовах зростання екологічних викликів, виснаження природних ресурсів та посилення вимог до екологічної безпеки виробництва проблема ефективної переробки полімерних відходів набуває особливої ваги. ПЕТ-пляшки становлять значну частку твердих побутових відходів, а їх накопичення негативно впливає на стан довкілля та ресурсний баланс держави. Технологічна модернізація процесів переробки ПЕТ-пляшок відповідає принципам циркулярної економіки, сприяє зменшенню енерговитрат, підвищенню якості вторинної сировини та зниженню екологічного навантаження. У контексті сучасного виробництва впровадження інноваційних технологій – автоматизованого сортування, енергоефективного подрібнення, удосконалених методів очищення та гранулювання – забезпечує підвищення конкурентоспроможності підприємств і формує підґрунтя для сталого розвитку. Особливої актуальності тема набуває для України в умовах євроінтеграційних процесів, необхідності гармонізації екологічних стандартів та переходу до ресурсоефективної моделі економіки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У сучасних умовах активного розвитку промисловості, зростання обсягів виробництва та споживання продукції на основі полімерних матеріалів, зокрема пластикових пляшок з поліетилен-терефталату (ПЕТ), постає гостра необхідність у впровадженні ефективних технологій захисту навколишнього середовища. Забруднення повітря, ґрунтів і водних ресурсів є безпосереднім наслідком недостатньо контрольованих або застарілих технологічних процесів, що мають місце під час переробки полімерних відходів. У сучасній науковій літературі спостерігається активізація досліджень, присвячених пошуку ефективних та екологічно безпечних технологій переробки пластикових відходів, зокрема ПЕТ. Основна увага приділяється як вдосконаленню методів переробки, так і розробці заходів із мінімізації супутніх шкідливих викидів, що утворюються у процесі перетворення пластику на вторинну сировину або хімічні продукти. Зокрема, дослідженням механічної переробки ПЕТ присвячено роботу Chen X. et al. [1], у якій детально аналізуються проблеми, пов'язані з контамінацією сировини, впливом домішок на якість продукції та потребою у супутніх технологіях очищення. Автори наголошують, що навіть за умови ефективної сортувальної системи механічна переробка супроводжується енергетичними витратами, утворенням летких сполук та стічних вод, які потребують додаткової фільтрації. Альтернативні підходи до переробки, зокрема хімічна деполімеризація, розглядаються у роботі Galan N. J. et al. [2], де описано інноваційний метод

carbonate-interchange deconstruction (CID), що дозволяє отримати цінні продукти з ПЕТ-відходів з високою селективністю. Цей метод значно знижує кількість побічних шкідливих речовин, однак автори визнають необхідність подальших досліджень щодо поводження з леткими органічними сполуками, які утворюються в процесі реакції. Ще одним перспективним напрямом є фотокаталітична переробка пластикових відходів, зокрема з отриманням водню як побічного продукту. Wang L. et al. [3] запропонували використання каталізаторів на основі оксидів високої ентропії, які дозволяють ефективно розкласти ПЕТ у м'яких умовах із мінімальним утворенням токсичних викидів. Цей підхід потенційно може замінити високотемпературні методи, які є джерелами оксидів азоту, вуглецю та інших небезпечних речовин. Загалом, у літературі простежується зростаюча увага до оцінки повного життєвого циклу (Life Cycle Assessment, LCA) переробних технологій. У дослідженні Kawai F. [4] було показано, що застосування хімічного або комбінованого підходу до переробки ПЕТ дозволяє зменшити викиди парникових газів на 18-23 % порівняно з первинним виробництвом пластику. Проте, як зазначають автори [5, 6], очищення технологічних газів залишається критично важливою ланкою, яка визначає екологічну ефективність усього процесу. Разом з тим, аналіз наявних публікацій засвідчує наявність певних прогалин у дослідженнях. Зокрема, недостатньо вивченими залишаються питання довготривалої експлуатації систем газоочищення, їх енергоспоживання, ефективності нейтралізації різних типів забруднювачів, а також утворення вторинних токсичних продуктів під час термічного чи каталітичного очищення. Автори вказують на нестачу якісних систем газоочищення на вітчизняних підприємствах, що призводить до підвищення рівня забруднення атмосферного повітря у промислових зонах [7]. Подібні висновки містяться у роботі [8], які підкреслюють, що в Україні промислова переробка пластикових пляшок часто супроводжується значними викидами летких органічних сполук і оксидів азоту, що потребує впровадження ефективних систем газоочищення. Вони пропонують застосування комбінованих технологій, таких як мокре очищення з подальшим каталітичним окисленням, що, за їхніми даними, дозволяє знизити концентрацію шкідливих речовин у відхідних газах до нормативних рівнів. У роботі [9] акцент зроблено на аналізі енергетичної ефективності та екологічної безпеки різних способів очистки газів, що утворюються при переробці полімерних відходів. Дослідження [6-9] висвітлюють питання впливу домішок та забруднень у вихідній сировині на ефективність очищення технологічних газів. Вони показали, що наявність барвників, пластифікаторів та інших добавок у ПЕТ-продуктах значно ускладнює процес очищення, викликаючи утворення токсичних побічних продуктів, що потребує розробки адаптованих систем газоочищення із застосуванням багатоступеневих технологічних процесів.

Матеріали та методи. Методологічною основою дослідження є комплексний підхід до аналізу екологічних, технологічних та економічних аспектів очищення газових викидів, що утворюються під час промислової переробки пластикових пляшок, зокрема поліетилентерефталату (ПЕТ). У ході роботи застосовано методи системного аналізу, що дозволяють розглядати процес очищення газів як цілісну багатокомпонентну систему, в якій взаємодіють джерела забруднення, технології очищення та фактори навколишнього середовища. Для збору та обробки інформації використовувалися методи аналізу науково-технічної літератури, нормативно-правової документації, а також дані з відкритих джерел щодо сучасних технологій переробки пластикових відходів та газоочищення. Було проведено порівняльний аналіз ефективності різних типів установок очищення (мокрих,

сухих, комбінованих) з точки зору зменшення концентрацій основних забруднювальних речовин у відповідності до гранично допустимих норм. Оцінювання технічної доцільності впровадження певної системи газоочищення здійснювалося із використанням методів техніко-економічного аналізу. Для розрахунку екологічного ефекту застосовано методики оцінки впливу на навколишнє середовище, а також базові принципи екологічного нормування викидів у атмосферне повітря. Таким чином, методологія дослідження поєднує теоретичний аналіз, прикладні розрахунки та техніко-екологічне обґрунтування для забезпечення комплексного вирішення поставлених завдань.

Метою даної роботи є розроблення ефективної системи очищення технологічних газів, що утворюються в процесі промислової переробки пластикових пляшок, з метою зниження шкідливих викидів в атмосферу, забезпечення екологічної безпеки виробництва та дотримання нормативних вимог щодо охорони навколишнього середовища.

Технологічні виміри дослідження системи очищення газів при промисловій переробці пластикових пляшок. Технології захисту навколишнього середовища виступають не лише як засіб зменшення техногенного навантаження, а й як складова частина сучасних екологічно орієнтованих виробничих систем. До таких технологій належать, передусім, методи очищення газових викидів, які дозволяють ефективно видаляти або нейтралізувати шкідливі компоненти до рівня, що відповідає чинним екологічним нормативам. Зокрема, у процесах термічної переробки ПЕТ-відходів активно застосовуються такі способи, як мокре та сухе очищення, адсорбція, абсорбція, термічне або каталітичне окиснення, електростатичне осадження, біологічні фільтри тощо. Кожна з цих технологій має свої переваги й обмеження, що визначаються складом викидів, обсягами газопотоку, особливостями виробничого процесу та економічною доцільністю впровадження. Окрім безпосереднього очищення викидів, до технологій захисту довкілля належать і профілактичні заходи, спрямовані на зменшення утворення забруднюючих речовин на початкових стадіях виробництва. Як свідчить дослідження, ефективне застосування сучасних технологій захисту навколишнього середовища в галузі переробки пластикових пляшок забезпечує зниження рівня техногенного навантаження, підвищення екологічної безпеки підприємств, відповідність вимогам природоохоронного законодавства, а також сприяє досягненню стратегічних цілей сталого розвитку. Впровадження таких рішень є не лише екологічно, а й економічно обґрунтованим кроком у розвитку сучасної промисловості (табл. 1).

Аналіз наукових вимірів дослідження системи очищення технологічних газів свідчить про міждисциплінарний характер проблематики, що охоплює як техніко-технологічні, так і соціально-економічні, екологічні та правові аспекти. Встановлено, що ефективне вирішення задач очищення газів, які утворюються при переробці ПЕТ-відходів, потребує одночасного врахування фізико-хімічних характеристик забруднювачів, впливу на навколишнє середовище, енергоспоживання та економічної доцільності застосування конкретних технологій. Кожен із вимірів – від хімічного аналізу складу викидів до соціальної оцінки наслідків для населення – формує цілісну наукову базу для проєктування та впровадження високоефективних систем очищення. Особливої уваги потребують інноваційні та енергозберігаючі рішення, які дозволяють одночасно досягати екологічної безпеки та економічної ефективності. Таким чином, подальші дослідження мають базуватися на комплексному підході, що поєднує технологічну інженерію, екологічний моніторинг, законодавчу базу та соціальні аспекти сталого розвитку.

Таблиця 1

**Наукові виміри дослідження системи очищення технологічних газів
при промисловій переробці пластикових пляшок**

Науковий вимір	Сутність	Методи та підходи	Очікувані результати / прикладні задачі
Техніко-технологічний	Вивчення процесів утворення та складу газових викидів при термічній або хімічній переробці ПЕТ-пляшок	Хроматографія, спектроскопія, термогравіметричний аналіз (ТГА), мас-спектрометрія	Ідентифікація токсичних компонентів, розробка ефективних технологій їх знешкодження
Екологічний	Оцінка впливу газових викидів на атмосферне повітря, здоров'я населення та довкілля	LCA (оцінка життєвого циклу), екотоксикологічний аналіз, моделювання розсіювання забруднень	Зменшення шкідливого впливу на довкілля, відповідність екологічним нормам
Хімічний	Дослідження хімічного складу технологічних газів та продуктів реакцій	Спектральний аналіз, ІЧ-спектроскопія, аналіз органічних сполук	Розробка фільтрувальних та каталітичних систем з урахуванням типу речовин
Фізико-хімічний	Оцінка ефективності абсорбційних, адсорбційних, термічних і каталітичних методів. Газодинамічне моделювання, експериментальні дослідження, математичне моделювання очищення	Газодинамічне моделювання, експериментальні дослідження, математичне моделювання	Підбір оптимальної технології очищення для конкретного виробництва
Інженерний (конструкторський)	Розробка конструкцій газоочисного обладнання	CAD-моделювання, модульне проєктування, інженерні розрахунки	Створення високоефективних систем очищення з мінімальними втратами енергії
Енергетичний	Аналіз споживання енергії системами очищення, енергетична ефективність процесів	Енергоаудит, ексергетичний аналіз, термодинамічне моделювання	Енергоаудит, ексергетичний аналіз, термодинамічне моделювання
Економічний	Обґрунтування економічної доцільності впровадження технологій очищення	Техніко-економічний аналіз, розрахунок окупності, SWOT-аналіз	Вибір оптимальної технології з погляду вартості, прибутковості та витрат
Правовий і нормативний	Оцінка відповідності процесу чинному екологічному законодавству	Аналіз нормативної бази (ДСТУ, ISO, євродирективи), аудит викидів	Забезпечення правової відповідності діяльності підприємства
Соціальний	Вивчення впливу викидів на якість життя населення поблизу підприємств	Соціологічні дослідження, оцінка ризиків для здоров'я, громадські слухання	Підвищення рівня екобезпеки, екосвідомості населення
Інноваційний	Оцінка потенціалу впровадження новітніх технологій (фотокаталіз, біофільтри, наноматеріали)	Патентний аналіз, науково-технічна експертиза, порівняльне тестування	Адаптація сучасних інновацій до українських умов виробництва

Переробка пластикових відходів як одна з ключових проблем сучасного екологічного та технологічного розвитку. Переробка пластикових відходів є однією з ключових проблем сучасного екологічного та технологічного розвитку, що безпосередньо пов'язана із забезпеченням сталого використання ресурсів та зниженням негативного впливу на довкілля. Пластикові матеріали, завдяки своїм фізико-хімічним властивостям – міцності, стійкості до корозії та легкості у виробництві – набули широкого розповсюдження у промисловості та побуті. Водночас саме ці характеристики ускладнюють їхнє природне розкладання, що призводить до накопичення відходів у навколишньому середовищі та загострює екологічні проблеми. Академічне розуміння переробки пластикових відходів базується на системному аналізі технологічних процесів, що включає механічні, фізико-хімічні та термічні методи обробки матеріалів. Механічна переробка передбачає сортування, подрібнення та гранулювання пластикових виробів із метою отримання вторинної сировини, яка може використовуватися для виробництва нових полімерних продуктів. Фізико-хімічні методи включають розчинення, хімічне розщеплення макромолекул полімерів та виділення компонентів із відходів для подальшого повторного використання у промислових процесах. Термічна обробка, до якої належать піроліз і газифікація, дозволяє перетворювати пластикові відходи на паливні продукти або енергетичні ресурси, одночасно знижуючи обсяг твердих відходів. Технологічні особливості переробки пластикових матеріалів визначаються їхньою структурою, хімічним складом та типом полімеру. Так, термопластики, які піддаються багаторазовому нагріванню без значної деградації, підходять для механічної переробки та повторного лиття, тоді як термореактивні полімери потребують хімічного або термічного розщеплення для вторинного використання. Суттєвим аспектом є також попереднє сортування відходів за типом пластику, кольором та ступенем забрудненості, оскільки це визначає ефективність та якість отриманого вторинного матеріалу [7]. Концептуально процес переробки пластикових відходів можна розглядати як інтегрований технологічний цикл, що поєднує збір, сортування, обробку та повторне використання ресурсів. Такий підхід забезпечує максимальне відновлення цінних компонентів та мінімізацію негативного впливу на довкілля. Отже, аналіз технологічних особливостей переробки пластикових відходів включає багаторівневу оцінку фізико-хімічних властивостей полімерів, вибір оптимальних методів перетворення відходів та концептуалізацію процесу як складної системи, що забезпечує ефективне та екологічно безпечне управління пластиковими ресурсами. Такий підхід є фундаментальним для розвитку інноваційних технологій переробки та формування стратегії сталого використання пластикових матеріалів у сучасному суспільстві [10].

Визначення ключових параметрів процесів та їх впливу на продуктивність і якість переробки пластиків. Процеси переробки матеріалів, зокрема пластиків, характеризуються низкою технологічних параметрів, які визначають ефективність, продуктивність та якість кінцевого продукту. Ключові параметри включають температурні режими, швидкість подачі сировини, тиск у робочій зоні, час перебування матеріалу у процесі, а також властивості вихідної сировини (вологість, розмір частинок, хімічний склад). Академічне тлумачення впливу параметрів на продуктивність і якість процесу переробки ґрунтується на принципі оптимізації: належне поєднання параметрів забезпечує максимальну продуктивність при мінімальних витратах енергії та ресурсів, одночасно підтримуючи стабільну якість кінцевого продукту. Зміни одного параметра, наприклад температури плавлення або часу обробки, можуть прямо впливати на в'язкість матеріалу, рівномірність його переробки та механічні властивості продукту.

Таким чином, системне дослідження ключових параметрів і їхнього взаємного впливу дозволяє не лише підвищити ефективність промислових процесів, але й сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимізації технологій переробки, враховуючи критерії продуктивності, якості та екологічної безпеки.

Виявлення факторів, що впливають на формування технологічних газів у промислових умовах. До факторів, які визначають склад, обсяг та властивості технологічних газів, що утворюються в процесах промислового виробництва, відносяться: характер сировини, умови температури та тиску, технологічні параметри реакцій, види обладнання та процеси хімічного або фізичного перетворення речовин. Цей аналіз необхідний для того, щоб зрозуміти взаємозв'язок між умовами виробництва та утворенням газових відходів, що дозволяє планувати ефективні заходи з очищення, контролю та мінімізації шкідливого впливу на довкілля (табл. 2).

Таблиця 2

Виявлення факторів, що впливають на формування технологічних газів у промисловому виробництві

Категорія фактору	Опис фактору	Вплив на утворення газів	Практичне значення
Характер сировини	Хімічний склад, домішки, фізичні властивості вихідних матеріалів	Визначає типи газів, їх токсичність, обсяг та реакційну здатність	Контроль якості сировини дозволяє зменшити утворення шкідливих газів, прогнозувати склад газової суміші
Температура	Режим нагрівання, точка плавлення/кипіння компонентів, тепловий режим процесу	Підвищення температури прискорює хімічні реакції та утворення летких компонентів	Оптимізація температурних режимів дозволяє зменшити утворення токсичних газів та енергозатрати
Тиск	Атмосферний, підвищений або вакуумний режим у реакторі/технологічній лінії	Впливає на швидкість реакцій та обсяг газоутворення	Контроль тиску допомагає регулювати інтенсивність газоутворення та безпечність процесу
Технологічні параметри реакцій	Концентрація реагентів, час перебування у реакторі, інтенсивність змішування, швидкість подачі	Визначають швидкість утворення газів, склад та пропорції компонентів	Регулювання параметрів дозволяє оптимізувати склад газів і зменшувати шкідливі домішки
Види обладнання	Конструкція реакторів, печей, котлів; матеріал стінок; герметичність; система вентиляції	Впливає на тепло- та масообмін, накопичення та виділення газів	Підбір та модернізація обладнання зменшує втрати сировини і обсяг шкідливих газових викидів
Процеси хімічного/фізичного перетворення	Окислення, відновлення, термічний розклад, випарювання, конденсація	Характер реакцій визначає склад, обсяг та швидкість газоутворення	Планування технології процесу дозволяє прогнозувати газові продукти та запроваджувати ефективні системи очищення
Інші зовнішні фактори	Вологість, присутність каталізаторів, швидкість видалення газів з реактора	Може змінювати склад та обсяг утворюваних газів	Дозволяє додатково контролювати екологічну безпеку та ефективність процесу

У результаті дослідження технологічних особливостей процесів промислової переробки пластикових пляшок встановлено, що дана проблематика має міждисциплінарний характер і поєднує інженерно-технологічні, екологічні, економічні та соціальні аспекти. Основна увага наукових досліджень зосереджується на оптимізації технологічних процесів збирання, сортування, подрібнення, миття та вторинної переробки полімерних матеріалів, зокрема ПЕТ-пляшок, з метою підвищення ефективності їх повторного використання. Важливим виміром є дослідження фізико-хімічних властивостей полімерів, що визначають можливості та обмеження їх вторинної переробки, а також впливають на якість вторинної сировини. Отже, наукові виміри дослідження технологічних особливостей процесів промислової переробки пластикових пляшок є теоретичною та методологічною основою для подальшого вдосконалення технологій рециклінгу, підвищення їх економічної доцільності та екологічної безпеки, а також для формування сталих моделей управління відходами в сучасному промисловому суспільстві.

Висновки. Аналіз технологічних процесів промислової переробки пластикових пляшок показав, що сучасні виробничі лінії включають кілька ключових етапів: сортування, подрібнення, миття, термічну обробку та грануляцію. Кожен із цих етапів супроводжується утворенням технологічних газів, склад і концентрація яких визначаються типом пластику, умовами проведення процесу та механічними і хімічними реакціями, що відбуваються під час нагрівання та обробки матеріалу. Наукові дослідження підкреслюють необхідність комплексного підходу до вивчення цих процесів, що поєднує фізико-хімічні, технологічні та екологічні аспекти виробництва. Фізико-хімічні характеристики технологічних газів визначають екологічний вплив та методи очищення. Газові викиди зазвичай містять суміші летких органічних сполук, оксиди азоту, вуглекислий газ та інші токсичні компоненти, що сприяють забрудненню повітря, підвищенню парникового ефекту та токсичному навантаженню на біоту. Вивчення цих характеристик дозволяє точно визначити технологічні рішення для їх очищення, враховуючи реакційну здатність і адсорбційний потенціал кожного компонента. Дослідження методів очищення технологічних газів показало, що найбільш ефективними є комбінації абсорбції, адсорбції та каталітичного розкладу. Використання комплексного підходу дозволяє підвищити ефективність очищення та знизити ризики екологічного забруднення. Водночас аналіз існуючих технологій виявив системні дисфункції, які суттєво обмежують ефективність очищення газів. До них належать зниження ефективності при варіації складу газів, висока енергомісткість абсорбційних і каталізаторних установок, деградація сорбентів і каталізаторів під час тривалої експлуатації та недостатня інтеграція між окремими технологічними блоками. Технологічна модернізація процесів переробки ПЕТ-пляшок є важливим чинником забезпечення сталого розвитку сучасного виробництва. Вона дозволяє поєднати економічну доцільність із екологічною відповідальністю, зменшити обсяги відходів, оптимізувати використання ресурсів та підвищити якість вторинної продукції. Комплексний підхід до вдосконалення технологічних процесів сприяє формуванню замкнених виробничих циклів, зміцненню екологічної безпеки та підвищенню ефективності функціонування підприємств у довгостроковій перспективі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Chen X., Wang Y., Zhang L. Recent Progress in the Chemical Upcycling of Plastic Wastes. *ChemSusChem*. 2021. Vol. 14, Iss. 19. P. 4137–4151. DOI: <https://doi.org/10.1002/cssc.202100868>

2. Upcycling of polyethylene terephthalate to high-value chemicals by carbonate-interchange deconstruction / N. J. Galan et al. *Green Chemistry*. 2025. Vol. 27, Iss. 27. P. 15124–15134. DOI: <https://doi.org/10.1039/D5GC03354C>
3. Valorization of polyethylene waste via chemical looping gasification using high-entropy oxide oxygen carriers / L. Wang et al. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2025. Vol. 13, Iss. 5. Art. 118937. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.118937>
4. Kawai F. Emerging Strategies in Polyethylene Terephthalate Hydrolase Research for Biorecycling. *ChemSusChem*. 2021. Vol. 14, Iss. 19. P. 4115–4122. DOI: <https://doi.org/10.1002/cssc.202100740>
5. Chen H., Wan K., Zhang Y., Wang Y. Waste to Wealth: Chemical Recycling and Chemical Upcycling of Waste Plastics for a Great Future. *ChemSusChem*. 2021. Vol. 14, Iss. 19. P. 4123–4136. DOI: <https://doi.org/10.1002/cssc.202100652>
6. Biotechnology of Plastic Waste Degradation, Recycling, and Valorization: Current Advances and Future Perspectives / Z. H. Qin et al. *ChemSusChem*. 2021. Vol. 14, Iss. 19. P. 4103–4114. DOI: <https://doi.org/10.1002/cssc.202100752>
7. Метеленко Н., Воронкова В., Оглобліна В. Європейські практики управління відходами: інновації та сталий розвиток. *HUMANITIES STUDIES: збірник наукових праць*. Запоріжжя : Видавничий дім «Гельветика», 2025. Випуск 25 (102). С. 230-244. <https://doi.org/10.32782/hst-2025-25-102-25>
8. Існюк С. Ю., Радовенчик Я. В. Сучасні технології переробки пластикових відходів в Україні. *Екологія. Людина. Суспільство* : матеріали XXII Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 2021 р.). Київ, 2021. С. 169–172. DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS.2021.232578>
9. Крот О. П., Ровенський О. І., Пуховой О. В. Методи очистки викидів підприємств термічного знешкодження твердих побутових відходів. *Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Харків, 2022 р.). Харків, 2022. С. 123–126.
10. Метеленко Н., Свінцова Н., Нікітенко В. Цифровізація аграрного сектору як інструмент впровадження зелених технологій у контексті сталого розвитку. *HUMANITIES STUDIES: Collection of Scientific Papers. Zaporizhzhia: Publishing house «Helvetica»*, 2025. 23(100). С. 256-266. <https://doi.org/10.32782/hst-2025-23-100-29>

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

UDC 639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.38>

EUROPEAN EXPERIENCE IN SPIRULINA CULTIVATION AS AN INNOVATIVE DIRECTION IN AQUACULTURE

Holovko A.A. – Assistant at the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture,
Kherson State Agrarian and Economic University
orcid.org/0009-0001-8841-8510

This scientific article presents material highlighting the algorithm of complex biological and technological aspects in aquaculture with the aim of obtaining products as close as possible to ecologically safe, taking into account the course of European integration of Ukrainian aquaculture. The main part of the study is based on a review of the literature, research and personal practical experience of the author of the article, obtained during a professional internship at the farm «Spiruline des Landes» (France).

*The presented results of research and analysis of the technological features of spirulina (*Spirulina platensis*) cultivation with the integration of European methods demonstrate the specificity of the ecological and biological nature of cyanobacteria, ensuring optimal reproduction and growth in salt and fresh water.*

*The comprehensively analyzed information and research material confirms that the cultivation of spirulina is today considered an innovative direction in many areas. Laboratory studies have shown that spirulina (*Spirulina platensis*) is the most valuable component for aquaculture due to its unique composition, rich in proteins, vitamins, minerals and antioxidants. Ready-made products with spirulina are used in the food industry to create functional products that promote health and prevent various diseases.*

The practical value of using spirulina in feeding hydrobionts is noted in the article. Its natural composition is substantiated as a valuable vegetable feed for fish due to the presence in the chemical composition of protein in high concentrations (>20-40%), carotenoids and vitamins, which improves digestion, immunity and brightness of color. The article substantiates that spirulina has a complex positive effect for most aquaculture facilities due to its absorption by the body.

Key words: aquaculture, cyanobacteria, natural food for fish, stocking of reservoirs, technologies, RAS (recirculating aquaculture systems), natural reservoirs.

Головко А.А. Европейський досвід вирощування спіруліни як інноваційний напрямок в аквакультурі

У цій науковій статті представлено матеріал, що висвітлює алгоритм складних біолого-технологічних аспектів в аквакультурі з метою отримання продукції максимально наближеної до екологічно безпечної з урахуванням курсу європейської інтеграції української аквакультури. Основна частина дослідження базується на огляді літератури, досліджень та особистого практичного досвіду автора статті, отриманого під час професійного стажування на фермі «Spiruline des Landes» (Франція).

*Представлені результати досліджень та аналізу технологічних особливостей культивування спіруліни (*Spirulina platensis*) з інтеграцією європейських методик демонструють специфічність еколого-біологічного характеру ціанобактерій, з забезпеченням оптимального розмноження та росту у солоній та прісній воді.*

*Комплексно проаналізований інформаційний, науково-дослідний матеріал підтверджує, що вирощування спіруліни сьогодні вважається інноваційним напрямком у багатьох сферах. Встановлено лабораторними дослідженнями, що спіруліна (*Spirulina platensis*) є найціннішим компонентом для аквакультури завдяки своєму унікальному складу, багатому на білки, вітаміни, мінерали та антиоксиданти. Готові продукти зі спіруліною*



© Holovko A.A., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

використовуються в харчовій промисловості для створення функціональних продуктів, що сприяють здоров'ю та запобігають різним захворюванням.

Відмічена в статті практична цінність використання спіруліни при підгодівлі гідробионтів. Обґрунтовано її природний склад як цінний рослинний корм для риб через наявність у хімічному складі білку у високих концентраціях (>20-40%), каротиноїдів та вітамінів, що покращує травлення, імунітет та яскравість забарвлення. В статті обґрунтовано, що спіруліна має комплексну позитивну дію для більшості об'єктів аквакультури через її засвоєння організмом.

Ключові слова: аквакультура, ціанобактерії, природний корм для риб, зариблення водойм, технології, РАС (рециркуляційні аквакультурні системи), природні водойми.

Problem statement. Ukraine has the potential of pre-war times, in particular, the South, where the water fund and resources were distinguished by high productivity and efficiency of the fishing industry. However, climate change and prolonged hostilities inevitably exert negative destructive pressure on ecosystems. Rationality and recovery are among the vectors of the post-war recovery of the aquaculture industry. A comprehensive approach will ensure the effectiveness of using elements of European experience, including when cultivating spirulina.

The problem is to provide fish with complete protein, where spirulina is a natural source of a set of amino acids and biologically active substances. In addition, its use as a source of alternative forms of energy also contributes to the development of the EU. Ukrainian producers aim to restore the production potential of aqua farms and enterprises and stabilize the production of aquaculture products with organic characteristics as close as possible.

Relevance of the research topic and scientific novelty. The scientific novelty and relevance of the research of the work consists in the cultivation of spirulina in pools using the Zarrouk nutrient medium, which is considered economically feasible in general, and especially appropriate in post-war reconstruction. Experience in growing spirulina was obtained on the basis of a French farm, and it can be borrowed by Ukrainians.

Analysis of remaining research and publications. Spirulina is known for its high protein content, which makes it an important food source for humans and animals. The protein composition of spirulina is not only high in quantity, but also rich in all the necessary amino acids, which makes it a complete source of proteins.

Spirulina contains 55% to 70% protein by dry weight, which is one of the the highest indicators among known food products. Protein content can vary depending on cultivation conditions, harvest time and light intensity during growth [1].

Spirulina protein is easily absorbed by the body due to the absence of fibers in its cell walls. This means that the amino acids of spirulina quickly and efficiently absorbed, providing the body with everything necessary nutrients. Spirulina has a coefficient digestibility of protein at the level of 85-95%, which is a higher indicator compared to other sources of protein, such as meat [2].

In aquaculture, many factors are of great importance when it comes to high-quality cultivation of aquatic organisms. First of all, the hydrochemical factor of water bodies and the feed factor occupy the first place.

As the authors' research shows, not only the hydrochemical regime of water bodies, but also the food factor contributes to the formation of morphometric indicators of aquatic organisms. In aquaculture, there are many experimental works on the analysis and study of the influence of biologically active additives of various nature, natural feeds, phytoplankton when feeding fish, on their organism, development rate, meristic and plastic parameters, etc. [3, 6]. Attention should be paid to the promising feed and food additive phytoplankton – spirulina. It is known that spirulina (*Spirulina Platensis*)

is a promising feed and food raw material, which is rich in protein, has a balanced amino acid composition, contains vitamins and minerals [4, 9]. The literature contains results of using various methods of processing spirulina to achieve maximum effect when using it as a nutritional supplement [6, 7].

Spirulina platensis is an old prokaryotic cyanobacteria that was rediscovered in the last few decades [7], and Spirulina is a unicellular organism that has the ability to grow under different environmental conditions [7]. Spirulina was first isolated in the 16th century from Lake Texcoco in Mexico [6, 7]. National Aeronautics and Space Administration (NASA) studied the cultivation of *Spirulina platensis* as a food source [7,9], and the World Health Organization (WHO) reported that *Spirulina platensis* has no risk and is a good food supplement for health [8]. Spirulina platensis has a protein content range of 50% – 70% with 5% – 10% lipids and 10% – 20% carbohydrates, and all essential amino acids in complete balance; it also has 10 vitamins, especially vitamin B12, pro-vitamin A (β -carotene), and minerals such as iron [10, 11, 12]. Table 1 shows the percentage content of the main amino acids in the composition of spirulina: Essential amino acids are marked separately with (*).

Table 1

Percentage content of basic amino acids in spirulina

Amino acid	Percentage of the total amino acids (%)
Alanine	7.9
Arginine	7.3
Aspartic acid	10.1
Cysteine	1.2
Glutamic acid	14.7
Glycine	5.4
Histidine*	1.9
Isoleucine*	5.6
Leucine*	8.7
Lysine*	5.3
Methionine*	2.0
Phenylalanine*	4.9
Proline	4.2
Serin	5.2
Threonine*	3.4
Tryptophan*	1.6
Tyrosine	4.5
Valine*	6.1

Spirulina proteins have a high biological value due to the balanced composition of amino acids. The high concentration of amino acids such as leucine, isoleucine and valine makes spirulina a valuable product for athletes and people with an active lifestyle [13]. And also for fish as an additive to food or as part of compound feed.

Materials and research methods. Experience in growing spirulina was gained at the “Spiruline des Landes” farm, at the address: Quartier, Rte de Lahitte, 40160 Parentis-en-Born, France (Fig. 1) [14].



Fig. 1. Farm “Spiruline des Landes”

Spirulina platensis was cultured in pools – greenhouses using Zarrouk medium [15] containing (g.l-1) 2.5 NaNO₃, 16.8 NaHCO₃, 0.5 K₂HPO₄, 1.0 K₂SO₄, 1.0 NaCl, 0.04 CaCl₂, 0.08 Na₂EDTA, 0.2MgSO₄·7H₂O, 0.01FeSO₄·7H₂O and 1.0 ml of A5 micro-nutrient solution. at a temperature of 32°C, pH 10.5, sunlight (shade) of ~25 K-lux, and aeration using an aquarium air pump. Laboratory equipment was used to analyze the development of microalgae: an electron microscope, a glass slide, laboratory test tubes, and a pH meter for rapid analysis.

Results. Comprehensive research results during the internship of the author of the scientific article demonstrated, using the example of the analysis of the company “La Spirulina des Landes” (France), that the average area of the spirulina cultivation and processing sector is 600 m². A comparison of technological aspects in the cultivation of spirulina demonstrated that European models have differences in the relative compactness of production. For example, the described enterprise has a section (sectors) consisting of three production greenhouses, a collection and packaging laboratory. Production works on a 100% recirculating aquaculture system (RAS).

Spiruline des Landes is grown in greenhouses with full respect for the environment. It is still not widely known in the cultivation of microalgae, which is very rich in protein (60-70%), iron, vitamins and mainly trace elements. It brings many benefits to the body. It is also very popular in aquaculture [16].

The results of the analysis of technological aspects of spirulina cultivation according to European standards demonstrated a logical sequence and the presence of the following components in the technological map:

1. water tank;
2. nutrient environment;
- 3 harvesting tools;
- 4 mother culture of spirulina for cultivation;
5. place for drying and processing.

When using a working nutrient medium for spirulina, the following components are used:

- sodium bicarbonate;
- ammonium phosphate;

- sea salt;
- potassium nitrate
- iron.

For the mother water medium, the water should be non-chlorinated, and the nutrients should be diluted in the proportion of 16 g/l.

When organizing the initial stages of production, the specialist checks the quality of the raw materials, in particular the water and nutrients used to grow spirulina. The water must be clean, without heavy metals and other harmful impurities. The use of clean and safe nutrients provides optimal conditions for the growth of spirulina [17].

The analysis of hydrochemical parameters showed that during the cultivation of spirulina it is necessary to constantly control the main parameters such as temperature, pH, concentration of nutrients and light level. The use of automated control systems makes it possible to ensure stable growing conditions and avoid contamination by unwanted microorganisms [18].

Technological aspects of spirulina cultivation with emphasis on the composition of Zarrouk's nutrient medium involve nutrient modification to minimize production costs at the outdoor growing stage. Outdoor nutrition was employed using urea as a nitrogen source instead of sodium nitrate at a final concentration of 1.8 g.l-1 that represented two-fold of nitrogen content of sodium nitrate, aiming to increase the carbon feeding. In addition, corn steam liqueur was added at 0.7 g.l-1 to increase organic carbon content with low NaHCO₃ use (El-Sayed et al., 2015). Phosphorus was supplemented from 0.2 ml.l-1 of commercial phosphoric acid (84% P₂O₅), while potassium was added as 1.0 g.l-1 of a commercial potassium sulfate (52% K₂O). Sodium chloride at 1.0 g.l-1 was added. Sodium bicarbonate was minimized to be 5.0 g.l-1 from commercial grade with 0.025 g.l-1 ferrous sulfate. Re-cycling water after harvesting minimized some of the required nutrients mainly sodium chloride. Acid reaction was adjusted using commercial potassium hydroxide.

Analysis of the next stage of the technological map of spirulina cultivation showed that special pH strips are used to check the maturity of the algae. The algae is usually harvested in the morning because the concentration of phycocyanin, the phytonutrient that makes spirulina so beneficial, is highest then.

Algal culture collection methods vary considerably depending on the method of cultivation and the strain. Gravity extraction is universally performed in the presence of fluctuating agents such as aluminum sulfate, which alters the reaction of the medium, especially with spirulina cultures. Observation of this process showed that, in this case, the addition of ferrous sulfate led to an increase in the size of the colonies, which, in turn, increased the separation efficiency.

The results of the equipment and equipment involved in the process of spirulina cultivation demonstrated that one of the effective collection methods is the use of a continuous separation apparatus, namely a self-cleaning one. This study used continuous collection (Westevall Separator 15,000 l/h centrifuge). The algal suspension was pumped into the reservoir tank through a 75 mm diameter plastic valve to ensure continuous operation. Drainage water was recirculated into a large pond with a volume of 45 m³.

The technological works included maintenance of the pools with growth volume analysis, daily cleaning, turbulence control and feeding. The growth volume was adjusted at the time of the first inoculation to be equivalent to the growth rate by dilution with tap water and appropriate nutrients. Filling the growth volume to the full capacity of the pools was carried out as mentioned earlier. A major consideration in pond maintenance

was cleaning the pond edges, which was suggested because of the high growth rate to prevent larval growth that could destroy the culture.

Conclusion. According to the experience gained during an internship abroad and a thorough study of the technology of spirulina cultivation in farm conditions in France, we can come to the conclusion: that spirulina has a wide range of use for both humans and hydrobionts; has a valuable composition due to the presence of proteins and amino acids; is widely used in all countries of the world, but there is no popularity of spirulina cultivation specifically in Ukraine.

Because this natural feed can act as an alternative source of protein in aquaculture. During the post-war restoration of the water areas of the South of Ukraine, complex solutions using integral methods in the combination of natural water bodies and industrial aquaculture will ensure the sustainable development of the industry. In the context of reducing the load on the ecosystem due to the use of natural components (for example, spirulina), this direction acquires practical importance for the sustainable development of Ukrainian aquaculture.

Ukrainian aquaculture producers will have the opportunity to integrate into the technological map of spirulina cultivation the European approach, where all production is combined on one area. From cultivation to processing, processing and packaging of finished products. This approach will strengthen the commercial sector, openness to consumers and the possibility of maximum control of the production cycle.

The following studies are planned for experimental work on the use of natural components to optimize the growth of young fish for the purpose of stocking reservoirs in the Southern region of Ukraine.

REFERENCES:

1. Ciferri, O., 1983. Spirulina, the edible organism. *Microbiol. Rev.* 47(4), 551-578.
2. Dillon, J.C., Phuc, A.P., Dubacq, J.P., 1995. Nutritional value of the alga Spirulina. *World Rev. Nutr. Diet.* 77, 32-46
3. Гончарова О.В., Пугач А.М., Белокуров Г.А., Досвід використання інноваційних біотехнологій на прикладі моделі в аквакультурі. *Кооперативні читання: 2017 рік: матеріали XXXIV Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції «Ключові аспекти наукової діяльності»*, 1 – 15 березня 2017 року. С. 32-34.
4. Петряков, В.В. Вивчення фізичних властивостей та складу поживних речовин мікрowodорості *Spirulina platensis*, вирощеної у лабораторних умовах. *Науковий альманах*. – 2015. – т. 2. С. 149-152.
5. Голодний, І.М. Руйнування клітин водорості спіруліни за допомогою електрогідроефекту/ Енергетика і автоматика. – 2016. – т. 2. С. 57-63.
6. Гончарова О.В., Миколенко С.Ю. Вплив плазмохімічно активованої води на функціональні характеристики спіруліни як кормового чинника/ *Праці ТДАТУ*. Вип. 18. Т. 1 – 2017. с. 43 – 50.
7. Blagojević, D.K., Simeunović, J., Babić, O. and Mišan, A.Č. Algae in Food and Feed. *Food and Feed Research*, 40, 2013. 21-31. URL: https://www.researchgate.net/publication/281060852_Algae_in_food_and_feed
8. WHO (2003) *Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Coastal and Fresh Waters* (Vol. 1). World Health Organization, Geneva.
9. Al-Harbi, N.A. *Physiological and Biotechnological Studies on the Microalga Dunaliella, the Bacterium Halomonas, and the Cyanobacteria Arthrospira and Spirulina*. PhD Thesis, University of Sheffield, Sheffield. 2008. URL: <https://etheses.whiterose.ac.uk/14641/>
10. Habib, A.B. and Parvin, M. *Agricultural and Food Sciences*. 2008. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/review-on-culture%2C-production-and-use-of-Spirulina-Habib-Parvin/7ee63a3a709929a4b7d8023988dddd0fc74166cf>

11. Tadros, M.G. NASA Contractor NCC 2-501. 1988. URL: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19890016190/downloads/19890016190.pdf>
12. Seyidoglu, N., Inan, S. and Aydin, C. A Prominent Superfood: *Spirulina platensis*. In: Shiomi, N. and Waisundara, V., Eds., *Superfood and Functional Food—The Development of Superfoods and Their Roles as Medicine*, IntechOpen, London, 2017. 1-27. DOI: 10.5772/66118
13. Li, L., Zhao, X.F., Wang, J., et al. *Spirulina* Can Increase Total-Body Vitamin A Stores of Chinese School-Age Children as Determined by a Paired Isotope Dilution Technique. *Journal of Nutritional Science*, 1, e19. (2012) DOI: 10.1017/jns.2012.21 URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25191548/>
14. Internet resource: *Spiruline des Landes* URL: <https://www.spirulinedeslandes.com/>
15. Zarrouk, C. Contribution to the Study of a Cyanophyceae: Influence of Various Physical and Chemical Factors on the Growth and Photosynthesis of *Spirulina Maxima*. PhD Thesis, Fac. Sci., University of Paris, Paris. (1966)
16. Головка А.А. Європейський досвід вирощування Спіруліни – як інноваційний напрямок в аквакультурі / Сучасні проблеми розвитку аквакультури очима молодих вчених: зб. наук. праць. Херсон, 2025. С. 68-71.
17. Bumandalai, Odgerel & Bayliss, Kirsty & Moheimani, Navid. (2024). Innovative processes for combating contaminants in fresh *Spirulina*. *Algal Research*. 78. 103397. 10.1016/j.algal.2024.103397.
18. Benedetti, S., Benvenuti, F., & Pagliarani, S. (2018). Nutritional quality and safety of the *Spirulina* dietary supplements. *Food Supplements*, 7(5), 61. <https://doi.org/10.3390/fds7050061>

Дата першого надходження статті до видання: 27.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 504.054:614.876

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.39>

АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ РЕМЕДІАЦІЇ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

Забарний О.С. – к.с.-г.н.,*ст. науковий співробітник лабораторії радіології аграрних і лісових екосистем
відділу радіоекології і дистанційного зондування ландшафтів,**Інститут агроекології і природокористування**Національної академії аграрних наук України**orcid.org/0009-0007-3337-9386***Забарна Т.А.** – к.с.-г.н.,*ст. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,**Вінницький національний аграрний університет**orcid.org/0000-0002-6796-7625***Пелех Л.В.** – к.с.-г.н.,*ст. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,**Вінницький національний аграрний університет**orcid.org/0000-0003-0967-2121*

В Україні, внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, значна частина земельних ресурсів є радіаційно забрудненими і не можуть бути використані у сільськогосподарському виробництві. Крім того, тривалі воєнні дії можуть сприяти подальшому розповсюдженню радіонуклідів у воду та повітря. Тому важливою проблемою сьогодення є розробка методичних засад моніторингу та контролю за такими землями, а також удосконалення системи ремедіації забруднених територій.

Існує багато методів ремедіації радіоактивних ґрунтів. Хімічні або фізико-хімічні методи вимагають врахування багатьох факторів, таких як температура та вологість ґрунту, рН середовища, вибір ефективного реагенту тощо. З цієї причини такі методи ремедіації не завжди є ефективними або економічно доцільними.

Біологічні методи ремедіації ґрунту є більш економічно вигідними, не потребують втручання в структуру ґрунту, запобігаючи вторинному забрудненню, однак мають сповільнену ефективність та залежність від кліматичних умов. Значного поширення у біоремедіації набуло використання таких мікроорганізмів як *Bacillus* sp., *Lysinibacillus* sp., *Rhodococcus* sp., *Ascomycota*, *Basidiomycota*, *Perenniporia subtephropora*, *Daldinia starbaeckii*, *Phanerochaete concrescens*.

Вчені всього світу проводять безліч дослідів по визначенню кращих місцевих видів рослин, що найбільш ефективно сприяють зниженню вмісту радіоактивних елементів у ґрунті. Відомо, що такі культури як злакові трави, буркун білий, соняшник, гірчиця біла, турнепс, гірчиця салатна та ріпак мають здатність накопичувати радіонукліди та трансформувати сполуки важких металів у зв'язану форму.

Останнім часом, визначну роль у фіторемердіації відіграють ярий і озимий ріпаки. Використання ріпаку сприяє фіксації і вилученню радіонуклідів, зниженню їх мобільності у ґрунтового профілі, стимуляції ґрунтової мікробіоти, активізації біогеохімічних циклів, отриманню технічної олії навіть на забруднених землях, виробництву біопалива, зменшенню ерозії, збільшенню органічної речовини після повернення рослинних решток у ґрунт.

Ключові слова: екологія, радіонукліди, важкі метали, ремедіація, ґрунти, бактерії, агроценози, ріпак озимий.



© Забарний О.С., Забарна Т.А., Пелех Л.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Zabarnyi O.S., Zabarna T.A., Pelekh L.V. Analysis of international experience in the remediation of radioactively contaminated soils

In Ukraine, as a result of the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant, a significant proportion of land resources are contaminated with radiation and cannot be used for agricultural production. Furthermore, prolonged military operations may contribute to the further spread of radionuclides into water and air. Therefore, a key current challenge is the development of methodological principles for monitoring and controlling such land, as well as improving the system for remediating contaminated areas.

There are many methods for the remediation of radioactive soils. Chemical or physico-chemical methods require consideration of many factors, such as soil temperature and moisture content, the pH of the environment, the selection of an effective reagent, and so on. For this reason, such remediation methods are not always effective or economically viable.

Biological methods of soil remediation are more cost-effective, do not require interference with the soil structure, and prevent secondary contamination; however, they are slow-acting and dependent on climatic conditions. The use of microorganisms such as Bacillus sp., Lysinibacillus sp., Rhodococcus sp., Ascomycota, Basidiomycota, Perenniporia subtephropora, Daldinia starbaeckii and Phanerochaete concrescens has become widespread in bioremediation.

Scientists around the world are conducting numerous experiments to identify the best local plant species that most effectively contribute to reducing the content of radioactive elements in the soil. It is known that crops such as grasses, white sweet clover, sunflower, white mustard, turnip, salad mustard and rapeseed have the ability to accumulate radionuclides and transform heavy metal compounds into a bound form.

Recently, spring and winter rapeseed have played a significant role in phytoremediation. The use of rapeseed contributes to the fixation and removal of radionuclides, a reduction in their mobility within the soil profile, stimulation of the soil microbiota, activation of biogeochemical cycles, the production of industrial oil even on contaminated land, the production of biofuel, a reduction in erosion, and increasing organic matter following the return of plant residues to the soil.

Key words: ecology, radionuclides, heavy metals, remediation, soils, bacteria, agrocenoses, winter rapeseed.

Постановка проблеми. Тривалі військові дії в Україні несуть загрозу повторного радіаційного забруднення водних ресурсів та ґрунтів, що у свою чергу може загрожувати продовольчій безпеці та здоров'ю населення. Тому існує необхідність ремедіації ґрунтів радіоактивно забруднених територій, з метою повернення їм функціональності, родючості та безпеки в умовах кризових викликів.

Науковці вважають, що розробка інтегрованих моделей агровиробництва, які оптимально поєднуюватимуть екологічну безпеку з економічною ефективністю є перспективним напрямом досліджень. При цьому, особливу увагу необхідно приділити адаптації сільськогосподарських практик до змін клімату, а також вдосконаленню методів моніторингу стану ґрунтів і рослин на забруднених територіях [1].

Відмічено, що запровадження систем точного землеробства у поєднанні з ГІС-технологіями надає можливість здійснювати ретельний моніторинг стану ґрунтів та оптимізувати використання ресурсів. Застосування методів фіторемедіації та біологічних препаратів для відновлення родючості ґрунтів особливо актуально для територій, постраждалих унаслідок бойових дій [2].

Мета роботи полягає в аналізі практичного досвіду та наукових підходів у ремедіації радіоактивно забруднених ґрунтів та повернення таких земель у сівозміну.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження передбачає використання комплексу наукових методів, спрямованих на узагальнення результатів застосування заходів для відновлення радіоактивно забруднених ґрунтів. Здійснено пошук наукових джерел у національних і міжнародних базах. Проведено їх аналіз для виявлення основних тенденцій і отриманих результатів. Застосовано методи

систематизації, узагальнення та порівняльного аналізу для формування висновків, що дало змогу критично оцінити результати сучасних наукових досліджень та визначити перспективи у цьому напрямку.

Результати та обговорення. Як відомо, в Україні понад 3,5 мільйона гектарів лісових угідь радіоактивно забруднені внаслідок аварійних викидів Чорнобильської атомної електростанції. Однак вплив Чорнобильської аварії не обмежується лише зоною відчуження. У різних регіонах України та на природоохоронних територіях були проведені дослідження з метою встановлення процесів міграції радіонуклідів і важких металів та можливих взаємозв'язків між ними [3].

Ґрунт – це складна система і практично невідновлюваний природний ресурс. Важкі метали дуже повільно розкладаються біологічним способом і тому накопичуються у навколишньому середовищі. Як правило, важкі метали у ґрунті мають токсикологічний вплив на ґрунтові мікроорганізми, що призводить до зниження їх чисельності та активності [4, 5].

Важкі метали, що проникають у живі клітини, проявляють свою токсичну дію переважно у формі іонів. Однак, якщо важкі метали та радіонукліди перетворюються у зв'язані форми різними способами, вони втрачають свої токсичні властивості [6].

Забруднення ґрунтів радіонуклідами та важкими металами може бути як природним, так і антропогенним. Крім того, різні важкі метали мають певну швидкість накопичення та біодоступність, що базується на фізичних та хімічних властивостях ґрунтів. У зв'язку з цим важливо визначити основні джерела, долю та особливості розподілу важких металів та радіонуклідів у ґрунтах [7].

Вчені зазначають, що внесення в ґрунт широкого спектру біологічних добрив, таких як гній від худоби, компости та осади стічних вод, ненавмисно призводить до накопичення важких металів, таких як As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Mo, Zn, Tl, Sb, тощо [8, 9].

Тривалий період напіврозпаду радіонуклідів сприяє довготерміновій присутності їх у навколишньому середовищі, що в свою чергу призводить до різних ускладнень зі здоров'ям людей, таких як рак [10].

Науковці встановили, що за ефективністю сорбції радіоактивних ізотопів ґрунти розташовані в такому порядку: дерново-підзолисті ґрунти, сірі ґрунти, жовтоземи, червоноземи, каштанові ґрунти та чорноземи. Існують відомості про значне перенесення радіоактивного цезію до рослин у піщаних та супіщаних ґрунтах з низьким вмістом глинистих мінералів та органічної речовини. У межах однієї групи ґрунтів характер поглинання ^{137}Cs рослинами може змінюватися залежно від поглинальної здатності ґрунту, вмісту макро- та мікроелементів, а також рН ґрунтового розчину [11].

Вплив дрібних фракцій ґрунту пов'язаний з міцнішою фіксацією у них радіонуклідів, що зумовлено більшою питомою поверхнею частинок глини та мулу та зміною хімічних властивостей ґрунту: збільшується вміст обмінних катіонів та органічної речовини, а також поглинальна здатність [12]. Таким чином, вплив властивостей ґрунту на транслокацію радіонуклідів можна описати наступним визначенням: перенесення радіонуклідів до рослин збільшується зі зменшенням вмісту глини, мулу, органічної речовини та поглинальної здатності в ґрунті [13].

Дослідження проведені на суглинкових ґрунтах показали, що застосування майже усіх видів добрив збільшувало урожайність рослин та знижувало вміст радіоактивних речовин у продукції. На погано мінералізованих та гідроморфних

грунтах поглинання деяких радіоактивних речовин іноді могло збільшуватися при застосуванні мінеральних добрив [14].

Відновлення радіоактивно забруднених ґрунтів здійснюється за допомогою методів, заснованих на таких стратегіях, як сухе розділення, промивання ґрунту, флотаційне розділення, термічна десорбція, електрокінетична ремедіація, фіто-ремедіація тощо. Основними факторами, що допомагають ефективно підбирати методи очищення ґрунту є його тип, розмір частинок, відсоток дрібних частинок та характеристики радіонуклідів [15].

Хімічну або фізико-хімічну ремедіацію можна використовувати як самостійний метод (коли концентрації важких металів менше 100 мг/кг), але доцільніше використовувати її як попередній крок перед біологічною ремедіацією [16].

При використанні фізико-хімічних методів слід враховувати багато факторів, наприклад, рН, температуру, час, природу десорбуючого агента тощо. Це в свою чергу робить фізико-хімічний метод не завжди придатним, ефективним або економічно доцільним [17].

Хімічні та фізико-хімічні методи при окремому застосуванні вимагають обробки ґрунту певними реагентами та подальшого вилуговування органічним або неорганічним розчинником, що може призвести до погіршення властивостей ґрунту, створюючи додатковий фактор руйнування природних властивостей ґрунту, виключаючи можливість їх подальшого використання [18].

Біологічні методи ремедіації ґрунту пропонують часткові рішення проблем у цій галузі. З економічної точки зору, вони забезпечують переваги, уникаючи необхідності значних одноразових інвестицій. Пов'язані з цим витрати можна розподілити на кілька років. Ці методи також усувають необхідність обов'язкового розкопування ґрунту та можуть застосовуватися на більших площах. Крім того, вони не потребують внесення у ґрунт специфічних шкідливих хімічних сумішей, розчинів або реагентів, запобігаючи таким чином вторинному забрудненню [19, 20].

Біологічна ремедіація ґрунту від важких металів та радіонуклідів досягається шляхом біотрансформації. Мікроорганізми, такі як бактерії, гриби та мікроскопічні водорості, що мешкають у ґрунті, є ефективними біотичними утвореннями, що здатні ефективно поглинати або трансформувати сполуки важких металів та радіонуклідів [21].

Загальними недоліками біологічних методів є їхня сповільнена ефективність, тривалість дії та залежність від кліматичних умов, включаючи швидкість розвитку мікроорганізмів у кліматичних умовах зі змінною температурою та вологістю протягом року [22, 23].

У рамках дослідження перетворень таких металів, як Pb, Zn та Cd, вченими було виявлено низку закономірностей. Метали не можуть розкладатися мікроорганізмами, що беруть участь у рекультиватії забрудненого ґрунту, але вони можуть переходити з однієї окисленої форми в іншу. Це дозволяє їм фіксуватися у нерозчинній формі та вилучатися з біогеохімічних циклів міграції у навколишньому середовищі [24].

Загалом, у методології біоремедіації використовуються такі типи мікроорганізмів *Bacillus sp.*, *Lysinibacillus sp.*, *Rhodococcus sp.*, *Ascomycota*, *Basidiomycota*, *Perenniporia subtephropora*, *Daldinia starbaeckii*, *Phanerochaete concrescens* тощо [25].

Фіторемедіація – біологічний метод очищення за допомогою рослин, які накопичують токсини у своїй біомасі. Він застосовується для пришвидшеного повернення забруднених земель до сільськогосподарського виробництва [26, 27].

Фіторе mediaція є безпечною та економічно ефективною порівняно з традиційними фізичними та хімічними процедурами зменшення забруднення ґрунту та води [28, 29].

Наразі існує чітке переконання того, що фіторе mediaція може бути ефективною для видалення різноманітних забруднювачів ґрунту, включаючи нафтові вуглеводні, відходи боєприпасів (тротил), метали та металоїди, сіль та радіоізотопи [30].

Індонезійські вчені повідомляють про часткове зниження концентрації кадмію у ґрунті за рахунок вирощування на ньому п'яти місцевих видів рослин. Початковий вміст важкого металу у ґрунті до фіторе mediaції перевищував порогове значення (2,26 мг/кг). Зниження вмісту кадмію, досягнуте кожною рослиною, становило: *Vetiveria zizanioides* (71,2 %), *Eleusine indica* L. (58,9 %), *Ageratum conyzoides* L. (52,2 %), *Euphorbia hirta* (51,8 %) та *Chromolaena odorata* (22,1 %) [31].

Українськими науковцями встановлено, що буркун білий (*Melilotus albus*) накопичує цезій та важкі метали у своїй біомасі, але водночас виробляє нектар і пилок з безпечно низьким рівнем ^{137}Cs . Таким чином, ця культура безпечна для бджільництва у зоні забруднення Чорнобильською АЕС. Вирощування *M. albus* протягом двох років (2021–2022) на піщаному дерново-підзолистому ґрунті у Житомирській області збільшило вміст легкогідролізованого азоту на 29,9 %, зменшило вміст рухомого фосфору на 18,2 %, рухомих форм кадмію на 38,5 %, Hg на 25 %, Pb на 24,5 %, Cu на 18,5 %, Zn на 14,9 %, ^{137}Cs на 8 % [32].

Згідно даних О.О. Тетерук і колег визначення питомої активності ^{137}Cs у зеленій масі та насінні олійних культур свідчить, що для них властиво підвищене накопичення радіонуклідів. За результатами радіологічних досліджень було встановлено, що найвищу питому активність ^{137}Cs як у зеленій масі, так і насінні зафіксовано у рослинах гірчиці білої, а найнижчу – у соняшнику. Результати досліджень підтверджують, що внесення мінеральних добрив сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур та зниженню вмісту ^{137}Cs у рослинах. Це в свою чергу знижує рівень питомої активності ^{137}Cs у вирощеній продукції [33].

У Швеції протягом 8–14 років, починаючи з червня 1986 року, на сильно забруднених після радіоактивних опадів різних типах ґрунтах проводили дослідження довгострокового перенесення ^{137}Cs із ґрунту у траву. Перенесення ^{137}Cs у траву загалом демонструвало експоненціальне зниження на більшості полів протягом багатьох років. Темпи зниження були найбільш виражені у суглинистих та мулистих ґрунтах, тоді як найменш помітні – у піщаних, піщаних та торф'яних ґрунтах. Медіана ефективного періоду напіврозпаду ^{137}Cs у траві становила 4,5 роки з діапазоном від 2 до 18 років. Поглинання ^{137}Cs рослинами не корелювало з концентрацією калію в тканинах трави, однак активна концентрація ^{137}Cs у траві негативно корелювала із вмістом калію у рослинах, вирощених на полях з високим рівнем осадження [34].

П'ятдесят шість місцевих японських сортів з родини Капустяних (*Brassicaceae*), а саме *Brassica rapa* (40 сортів), *Brassica juncea* (10 сортів) та *Brassica napus* (6 сортів) були оцінені на предмет мінливості росту та поглинання і накопичення ^{137}Cs у поєднанні зі штамом *Bacillus pumilus*. Загалом, інокуляція призвела до значного збільшення поглинання ^{137}Cs у 22 сортах, тоді як у семи сортах воно значно зменшилося. Таким чином, відмічено сортову різницю рослин з родини Капустяних по накопиченню радіоактивного цезію у листостебловій масі [35].

Науковцями з Китаю виявлено, що ріпак озимий має значну здатність накопичувати кадмій (Cd) з ґрунту. Це робить його ключовим видом для безпечного використання сільськогосподарських угідь, збагачених Cd. Згідно результатів досліджень

ріпак озимий накопичив відносно високі концентрації Cd (1,89–5,45 мг/кг⁻¹), причому понад 85 % затримувалося у листостебловій масі і лише невелика частина переміщувалася у ріпакову олію [36].

Інші вчені встановили, що безпечний підхід до вирощування ріпаку замість пшениці значно зменшив канцерогенні та неканцерогенні ризики. Концентрації важких металів у ріпаковій олії були нижчими за ліміти, зазначені в китайському національному стандарті на харчові продукти, а концентрації важких металів у побічних продуктах (ріпаківий шрот та солома) були нижчими за ліміти, зазначені в китайських національних стандартах на органічні добрива та корми [37].

Лабораторними дослідженнями встановлено, що найвищий рівень переходу ¹³⁷Cs із субстрату (кварцевий пісок) до рослин (збільшення на 50 % порівняно з контролем) спостерігався після інокуляції насіння ріпаку озимого *Azotobacter chroococcum*. Найкращі результати щодо зменшення накопичення радіонуклідів ¹³⁷Cs (на 30 % менше) були відзначені після інокуляції *Burkholderia sp.* Крім того, *Bacillus megaterium* продемонстрував підвищену здатність накопичувати ¹³⁷Cs [38].

Вченими із Литви встановлено, що ріпак озимий, вирощений за підвищеного рівня вологи у ґрунті, мав вищу біомасу (+18 %) порівняно з тим, що вирощувався за зниженого рівня вологи, однак при цьому і шкідливий вплив Cd був більш помітнішим. Знижений рівень вологи призвів до зменшення поглинання кадмію, і навпаки, підвищений рівень вологи сприяв зростанню рівня поглинання цього елемента. Оптимальний рівень вологи забезпечує найвищу ефективність видалення Cd, тоді як дефіцит або надлишок ґрунтової вологи обмежує потенціал ріпаку щодо видалення Cd з ґрунту та подовжував період відновлення [39].

В Японії, через 1,5 роки після аварії на АЕС Фукусіма-1, було проведено дослід із вирощуванням ріпаку озимого на трьох тестових полях, що зазнали впливу різних рівнів радіонуклідного забруднення. Встановлено, що в значній мірі ¹³⁷Cs накопичувався у коренях, стеблі та пагонах. Тоді як в екстрагованій з насіння олії ¹³⁷Cs не було виявлено [40].

Висновки. Проведений аналіз практичного досвіду та наукових підходів у ремедіації радіоактивно забруднених ґрунтів та повернення таких земель у сівозміну вказує на значну проблематику у світовому масштабі. Тому, вирішення поставлених завдань потребує розробки агроекологічних основ ресурсозберігаючих та екологобезпечних технологій із використанням нових штамів мікроорганізмів і різних видів рослин та врахування впливу воєнних дій в Україні. Досить перспективною культурою для фіторемердіації в Україні є ріпак озимий. Адже він здатний поглинати та акумулювати радіонукліди, обмежує їх потрапляння у харчовий ланцюг, покращує біологічну активність і структуру ґрунту, може використовуватись для виробництва біопалива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Raichuk L. A., Shvydenko I. K., Chobotko H. M. Scenarios of agricultural activities on radioactively contaminated lands of Ukrainian Polissya in the conditions of post-war reconstruction. *Modern agronomy trends: innovation, sustainable development and the future of agriculture*: Scientific monograph. Chapter 6. Riga, Latvia : "Baltija Publishing". 2025. pp. 138–157. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-588-4-6>
2. Райчук Л. А., Швиденко І. К., Чоботько Г. М. «Зелена» оптимізація агропробничої діяльності як основа реабілітації забруднених радіонуклідами агроландшафтів українського Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 4. с. 24–32. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317142>

3. Симканич О. І. та ін. Розподіл важких металів та радіонуклідів в об'єктах заповідних територій Закарпаття. *Науковий вісник Ужгородського університету* : серія : Фізика. Ужгород : Видавництво УЖНУ «Говерла», 2015. Вип. 37. С. 139–145.
4. Feng G. et al. Response of Soil Microbial Communities to Natural Radionuclides along Specific-Activity Gradients. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022. Vol. 246. 114156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114156>
5. Awasthi G. et al. Sustainable Amelioration of Heavy Metals in Soil Ecosystem: Existing Developments to Emerging Trends. *Minerals*. 2022. Vol. 12. 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/min12010085>
6. Chandra D., General T., Nisha, Chandra S. Microorganisms: An Asset for Decontamination of Soil. *Smart Bioremediation Technologies*. Academic Press: Cambridge, MA, USA. 2019. pp. 319–345. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818307-6.00017-2>
7. Akbay C., Aytop H., Dikici H. Evaluation of Radioactive and Heavy Metal Pollution in Agricultural Soil Surrounding the Lignite-Fired Thermal Power Plant Using Pollution. *International Journal of Environmental Health Research* 2023. Vol. 33. pp.1490–1501. DOI: <https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2102157>
8. Basta N. T., Ryan J. A., Chaney R. L. Trace Element Chemistry in Residual-Treated Soil: Key Concepts and Metal Bioavailability. *Journal of Environmental Quality* 2005. Vol. 34. pp. 49–63. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0049dup>
9. Rosen V., Chen Y. Effects of Compost Application on Soil Vulnerability to Heavy Metal Pollution. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. Vol. 25. pp. 35221–35231. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3394-z>
10. Basu S. et al. Bioremediation Strategies to Overcome Heavy Metals and Radionuclides from the Environment. *Development in Wastewater Treatment Research and Processes*. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. 2022. pp. 287–302. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85657-7.00010-9>
11. Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В., Буланий О. В., Тонха О. Л. *Моніторинг якості ґрунтів*. К. Видавництво НУБіП України. 2019. 421 с.
12. Мельничук А. О., Тараріко М. Ю. Екоенергетична та економічна ефективність альтернативних систем удобрення на радіоактивно забруднених ґрунтах Полісся України. *Агроекологічний журнал*. 2015. Vol. 1. С. 121–125. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2015.272282>
13. Horvath M., Heltai G., Várhegyi A., Mbokazi L. A. Study on the Possible Relationship between Physico-Chemical Properties of the Covering Soil and the Mobility of Radionuclides and Potentially Toxic Elements in a Recultivated Spoil Bank. *Minerals* 2022. Vol. 12, p.1534. DOI: <https://doi.org/10.3390/min12121534>
14. Selim H. M. (Ed.) *Phosphate in Soils*. CRC Press: Boca Raton, FL, USA. 2018. 381 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781351228909>
15. Yoon I. H. et al. Characteristic and Remediation of Radioactive Soil in Nuclear Facility Sites: A Critical Review. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28. p. 67990–68005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16782-2>
16. Bhatt J., Desai S., Wagh N. S., Lakkakula J. New Bioremediation Technologies to Remove Heavy Metals and Radionuclides. In *Industrial Wastewater Reuse*. Springer Nature Singapore: Singapore. 2023. pp. 267–316. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-2489-9_14
17. Fekiacova Z., Cornu S., Pichat S. Tracing contamination sources in soils with Cu and Zn isotopic ratios. *Science of The Total Environment*. 2015. Vol. 517. pp. 96–105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.046>
18. Yang Z. et al. Study on Remediation Effect of Radioactive-Heavy Metal Contaminated Soil in Stone Coal Mines by Chemical Elution. *Coal Science and Technology*. 2022. Vol. 50, pp. 261–266. DOI: <https://doi.org/10.13199/j.cnki.cst.2021-0041>

19. Singh B. S. M., Singh D., Dhal N. K. Enhanced Phytoremediation Strategy for Sustainable Management of Heavy Metals and Radionuclides. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2021. Vol. 5, p. 100176 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csee.2021.100176>
20. Mehjabeen et al. Bioremediation of Soil: An Overview. In *Microbes and Microbial Biotechnology for Green Remediation*. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. 2022. pp. 13–27. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90452-0.00033-5>
21. Sethi S. Holistic Approach to Remediate Heavy Metals and Radionuclides. In *Industrial Wastewater Reuse*. Springer Nature: Singapore. 2023. pp. 113–132. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-2489-9_6
22. Phian S., Nagar S., Kaur J., Rawat C. D. Emerging Issues and Challenges for Microbes-Assisted Remediation. In *Microbes and Microbial Biotechnology for Green Remediation*. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. 2022. pp. 47–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90452-0.00026-8>
23. Xing Y. et al. Effective Immobilization of Heavy Metals via Reactive Barrier by Rhizosphere Bacteria and Their Biofilms. *Environmental Research*. 2022. Vol. 207. p. 112080. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112080>
24. Thakare M. et al. Understanding the Holistic Approach to Plant-Microbe Remediation Technologies for Removing Heavy Metals and Radionuclides from Soil. *Current Research in Biotechnology*. 2021. Vol. 3, pp. 84–98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2021.02.004>
25. Mendoza-Burguete Y. et al. Global Situation of Bioremediation of Leachate-Contaminated Soils by Treatment with Microorganisms: A Systematic Review. *Microorganisms*. 2023. Vol. 11, p. 857. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040857>
26. Thakur S. et al. Plant-driven removal of heavy metals from soil: Uptake, translocation, tolerance mechanism, challenges, and future perspectives. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016. Vol. 188, p. 206. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5211-9>
27. Kafle A. et al. Phytoremediation: Mechanisms, plant selection and enhancement by natural and synthetic agents. *Environmental Advances*. 2022. Vol. 8, p. 100203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100203>
28. Jach M. E., Sajana E., Ziaja M. Utilization of legume-nodule bacterial symbiosis in phytoremediation of heavy metal-contaminated soils. *Biology (Basel)* 2022. Vol. 11(5). p. 676. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology11050676>
29. Dhanwal P. et al. Recent advances in phytoremediation technology. *Advances in Environmental Biotechnology*. 2017 pp. 227–241. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-4041-2_14
30. Gerhardt K. E., Gerwing, P. D., Greenberg B.M. Opinion: Taking phytoremediation from proven technology to accepted practice. *Plant Science* 2017. Vol. 256. pp.170–185. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.11.016>
31. Hamzah A., Hapsari R. I., Wisnubroto E. I. Phytoremediation of cadmium-contaminated agricultural land using indigenous plants. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*. 2016. Vol. 2, pp. 8–14.
32. Snitynskyi V. et al. Phytoremediation of ^{137}Cs contaminated sod-podzolic soil in Northern Polissia white sweet clover (*Melilotus albus*). *International Journal of Environmental Studies*, 2023. Vol. 81(1), pp. 223–229. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2270305>
33. Тетерук О. О., Фещенко В. П., Ландін В. П., Швиденко І. К. Перспективи використання олійних культур, вирощених на радіоактивно забруднених територіях. *Агроекологічний журнал*. 2018. с. 59–65. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2018.148315>
34. Vinichuk M., Simonsson M., Larsson M., Rosén K. (2025) Long-term transfer of ^{137}Cs in sensitive agricultural environments after the Chornobyl fallout in Sweden.

Journal of Environmental Radioactivity. 2025. Vol. 282. p. 107621 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2025.107621>

35. Djedidi S. et al. Growth and ^{137}Cs uptake and accumulation among 56 Japanese cultivars of *Brassica rapa*, *Brassica juncea* and *Brassica napus* grown in a contaminated field in Fukushima: Effect of inoculation with a *Bacillus pumilus* strain. *Journal of Environmental Radioactivity* 2016. Vol. 157, pp. 27-37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.024>

36. Yu W. et al. Cadmium accumulation and isotope fractionation in soil – oilseed rape (*Brassica napus* L.) system in a typical Karst region. *Journal of Hazardous Materials*. 2026 Vol. 501. p. 140869. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.140869>

37. Guo J. et al. Safe utilization of cadmium- and lead-contaminated farmland by cultivating a winter rapeseed/maize rotation compared with two phytoextraction approaches. *Journal of Environmental Management*. 2022. Vol. 304, 15 p. 114306. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114306>

38. Pareniuk O. et al. Modification of ^{137}Cs transfer to rape (*Brassica napus* L.) phytomass under the influence of soil microorganisms. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2015. Vol. 149, pp. 73–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.07.003>

39. Kniuipyte I. et al. Oilseed rape (*Brassica napus* L.) potential to remediate Cd contaminated soil under different soil water content. *Journal of Environmental Management*. 2023. p. 116627. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116627>

40. Kanayama Y. et al. Radiocesium Distribution in Soil and *Brassica napus* Grown in Contaminated Soils. *The Horticulture Journal*. 2018. Vol. 87. Issue 2. pp. 250-257. DOI: <https://doi.org/10.2503/hortj.OKD-109>

Дата першого надходження статті до видання: 20.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 504.453:556.53:628.394(477.4)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.40>

ПРОСТОРОВА МІНЛИВІСТЬ ВМІСТУ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН ВЗДОВЖ ТЕЧІЇ ПІВДЕННОГО БУГУ

Залізник Я.І. – д.філос. за спеціальністю 103 Науки про Землю,
викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-6497-1215

У статті представлено результати комплексного дослідження якісного стану поверхневих вод басейну річки Південний Буг у межах Вінницької області за період 2023–2025 рр. Актуальність роботи зумовлена критичним рівнем деградації гідросфери в умовах інтенсивного техногенного пресингу, що набув статусу глобального екологічного виклику. Обґрунтовано, що поверхневі водні об'єкти України перебувають під впливом кумулятивного ефекту від скидів промислових і комунальних зворотних вод, а також дифузного забруднення, спричиненого високим ступенем розораності водозборів. Метою дослідження визначено оцінку екологічного стану річкової системи на основі аналізу просторово-часової мінливості каламутності та вмісту завислих речовин. Наукова новизна полягає у використанні показників каламутності як оперативних інтегральних індикаторів антропогенного навантаження, що дозволяють обійти аналітичну складність традиційних гідробіологічних методів. Методологічну базу дослідження склали «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями», яка забезпечила можливість зіставлення екологічного статусу різних ділянок річки за єдиними критеріями. У результаті проведеного аналізу встановлено виражену гідродинамічну трансформацію показників каламутності вздовж поздовжнього профілю Південного Бугу. Виявлено, що найвищі концентрації завислих речовин зосереджені у верхній течії (м. Хмільник – 3,46 мг/дм³, с. Ставки – 3,11 мг/дм³). У середній течії, зокрема в районі м. Ладижин, зафіксовано покращення оптичних властивостей води (0,79 мг/дм³), що підтверджує визначальну роль водосховищ як природних седиментаційних бар'єрів. Особливу увагу приділено притокам річки: ідентифіковано р. Устя як найбільш деградований об'єкт із піковими значеннями каламутності 5,8 мг/дм³, тоді як р. Соб визначено як найбільш чисту артерію басейну. Доведено, що рівень каламутності у сучасних умовах є маркером інтенсивної ерозії ґрунтів, впливу гідротехнічного регулювання та скидів міських агломерацій. Зафіксована тенденція до погіршення прозорості води протягом 2024 року вказує на виснаження буферної смуги екосистеми. Практичне значення результатів полягає у можливості їхнього використання для розробки стратегій екологічного оздоровлення басейну, оптимізації систем моніторингу та впровадження диференційованого підходу до управління водними ресурсами на регіональному рівні. Системний контроль гідрофізичних параметрів визначено як необхідний елемент забезпечення національної екологічної безпеки та збереження природного ресурсного потенціалу річкових систем України.

Ключові слова: Південний Буг, каламутність води, завислі речовини, антропогенне навантаження, екологічна оцінка, моніторинг поверхневих вод, гідротехнічне регулювання, просторова мінливість.

Zalizniak Ya.I. Spatial variability of suspended solids content along the Southern Bug River

The article presents the results of a comprehensive study regarding the qualitative state of surface waters in the Southern Bug River basin within the Vinnytsia region for the period of 2023–2025. The relevance of the work is driven by the critical level of hydrosphere degradation under conditions of intensive technogenic pressure, which has reached the status of a global environmental challenge. It is substantiated that Ukraine's surface water bodies are influenced



© Залізник Я.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

by the cumulative effect of industrial and municipal wastewater discharges, as well as diffuse pollution caused by a high degree of watershed plowing. The aim of the study is to evaluate the ecological state of the river system based on an analysis of the spatial and temporal variability of turbidity and suspended solids content. The scientific novelty lies in the use of turbidity parameters as operational integrated indicators of anthropogenic load, allowing for the circumvention of the analytical complexity inherent in traditional hydrobiological methods. The methodological framework of the study is based on the «Methodology for Ecological Assessment of Surface Water Quality by Relevant Categories,» which enabled the comparison of the ecological status of various river sections according to unified criteria. As a result of the analysis, a pronounced hydrodynamic transformation of turbidity parameters along the longitudinal profile of the Southern Bug was established. It was found that the highest concentrations of suspended solids are concentrated in the upper reaches (Khmilnyk – 3.46 mg/dm³, Stavky village – 3.11 mg/dm³). In the middle reaches, specifically in the Ladyzhyn area, an improvement in the optical properties of the water was recorded (0.79 mg/dm³), confirming the decisive role of reservoirs as natural sedimentation barriers. Special attention is paid to the river's tributaries: the Ustia River was identified as the most degraded object with peak turbidity values of 5.8 mg/dm³, while the Sob River was determined to be the cleanest artery in the basin. It is proved that turbidity levels under modern conditions serve as a marker of intensive soil erosion, the influence of hydrotechnical regulation, and discharges from urban agglomerations. The recorded trend toward deteriorating water transparency during 2024 indicates the depletion of the ecosystem's buffer capacity. The practical significance of the results lies in the possibility of their use for developing strategies for the ecological recovery of the basin, optimizing monitoring systems, and implementing a differentiated approach to water resource management at the regional level. Systematic control of hydrophysical parameters is identified as a necessary element for ensuring national environmental security and preserving the natural resource potential of Ukraine's river systems.

Key words: Southern Bug, water turbidity, suspended solids, anthropogenic load, ecological assessment, surface water monitoring, hydrotechnical regulation, spatial variability.

Актуальність теми дослідження. Проблема деградації якісного стану водних ресурсів в умовах інтенсивного техногенного пресингу набула за останні десятиліття статусу глобального екологічного виклику. Поверхневі водні об'єкти, що виконують критично важливі екосистемні та регуляторні функції, наразі перебувають у стані, який фахівці класифікують як критичний. В умовах України ця ситуація загострюється через кумулятивний ефект від скидів недостатньо очищених промислових та комунальних зворотних вод. Окремим дестабілізуючим фактором виступає дифузне забруднення – нерегульоване надходження токсичних сполук та біогенів із поверхневим стоком, що посилюється через високий ступінь розораності сільськогосподарських угідь та порушення режиму прибережних захисних смуг [1].

Сучасний стан екосистеми Південного Бугу є результатом тривалого та інтенсивного антропогенного тиску, що зумовлений специфікою господарського освоєння його басейну. Каскадне регулювання стоку, значне аграрне навантаження та скиди промислових і комунальних стічних вод призводять до глибокої трансформації гідрохімічного режиму річки. Особливої гостроти проблема набуває в межах урбанізованих територій та у місцях впадіння малих річок-приток, які часто стають основними транзитерами забруднюючих речовин. Це спричиняє не лише погіршення якості поверхневих вод, а й виснаження природного буферного потенціалу річки, що призводить до втрати її здатності до самоочищення та деградації прибережних ландшафтів [2].

Постановка проблеми. Ескалація глобальних та регіональних екологічних викликів, що безпосередньо пов'язані з деградацією гідросфери, зумовлює вихід досліджень якісного стану водних ресурсів на рівень пріоритетних завдань національної екологічної безпеки. На сучасному етапі об'єктивна оцінка параметрів поверхневих вод трансформувалася з вузькоспеціалізованої наукової проблеми

у критично важливий аспект життєдіяльності широкого кола водокористувачів. Посилення антропогенного тиску на річкові екосистеми, що проявляється у зміні їхнього гідрохімічного та гідрофізичного режиму, вимагає запровадження системного моніторингу та безперервного наукового супроводу для запобігання незворотній втраті природного ресурсного потенціалу. Попри високу інформативність різних методів дослідження якості водних ресурсів, їх широке впровадження у практику стримується значною аналітичною складністю та тривалістю процедур. Фізико-хімічні параметри – зокрема вміст завислих речовин та каламутність – демонструють пряму й оперативну реакцію на техногенні викиди, що є критично важливим для оперативного моніторингу стану поверхневих вод, зокрема річки Південний Буг [3]. Розробка класифікаційних моделей для оцінки якісного стану поверхневих вод є фундаментальним етапом екологічного нормування. Попри широке використання методу порівняння фактичних концентрацій із нормативними значеннями, ефективність такого підходу обмежена через низький рівень узгодженості міжвідомчих та наукових класифікацій. Фрагментарність критеріїв оцінки в межах різних систем призводить до втрати інформативності даних, що робить актуальним пошук більш уніфікованих показників – зокрема таких, як оптична густина або каламутність, які можуть слугувати інтегральними індикаторами стану річкової системи. Тому метою дослідження є визначення стану якості поверхневих вод річки Південний Буг в межах Вінницької області на основі мінливості вмісту завислих речовин впродовж досліджуваного періоду (2023–2025 рр.) [4].

Методика досліджень. Для проведення екологічної оцінки вод р. Південний Буг було застосовано «Методику екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [5], що базується на принципах класифікації водних об'єктів за екологічними нормативами. В основі дослідження лежить аналіз просторової мінливості показників каламутності, що дозволяє інтегрувати гідрофізичні дані у загальну систему оцінки якості води. Використання цієї методики забезпечує можливість зіставлення стану окремих створів річки в умовах різного ступеня господарського освоєння її басейну.

Результати досліджень. Каламутність води являє собою фундаментальну гідрофізичну характеристику, яка визначає оптичні властивості водного середовища та є інтегральним індикатором його загального екологічного стану. Ця природна властивість зумовлюється вмістом у товщі води завислих речовин органічного та неорганічного походження, зокрема частинок глини, мулу, піску, а також органічних колоїдів, планктонних мікроорганізмів та продуктів біогенного розпаду [6].

У сучасних умовах рівень каламутності перестав бути суто природним показником і все частіше виступає маркером інтенсивного антропогенного впливу. Для річкових систем басейну Південного Бугу цей параметр набуває особливого значення через низку специфічних чинників:

- ерозійні процеси: високий ступінь розораності водозборів призводить до значного площинного змиву ґрунту під час злив та танення снігу;
- гідротехнічне регулювання: наявність численних водосховищ та ставків змінює швидкість течії, що безпосередньо впливає на процеси седиментації (осадження) або, навпаки, змучування донних відкладів;
- техногенне навантаження: скиди промислових і комунальних стічних вод у межах міст (м. Хмільник, м. Вінниця, м. Ладижин) суттєво підвищують концентрацію дрібнодисперсних домішок [7].



Рис. 1. Особливості динаміки каламутності води в басейні Південного Бугу впродовж 2023–2025 рр.

Дослідження просторової та часової мінливості каламутності дозволяє оцінити не лише прозорість води, а й прогнозувати перенос адсорбованих забруднюючих речовин, оскільки частки часто виступають носіями важких металів та інших токсикантів. Нижче наведено детальний аналіз динаміки цього показника на основі моніторингових даних за період 2023–2025 рр. для головного русла Південного Бугу та його основних приток (рис. 1) [4, 7].

Аналіз гідрофізичного стану річок басейну Південного Бугу за період 2023–2025 років свідчить про виражену просторову та часову неоднорідність показників каламутності, а також про загальну тенденцію до погіршення прозорості води до кінця досліджуваного періоду.

Найбільш критичний стан за вмістом завислих речовин зафіксовано на річці Устя, де середня каламутність склала $5,28 \text{ мг/дм}^3$, досягаючи свого піку влітку 2024 року ($5,8 \text{ мг/дм}^3$). Високі та стабільно напружені показники також характерні для річок Снивода ($3,23 \text{ мг/дм}^3$) та Удич ($2,36 \text{ мг/дм}^3$), де спостерігаються помітні сезонні коливання з максимумами у літньо-осінній період. На противагу їм, річка Соб залишається найбільш чистою артерією басейну з мінімальним середнім значенням $0,078 \text{ мг/дм}^3$, хоча навіть тут до 2023 року намітився поступовий ріст концентрації домішок. Річки Десна та Рудка демонструють помірне навантаження, проте у Десні чітко простежується динаміка щорічного зростання каламутності.

Щодо самої річки Південний Буг, то результати моніторингу виявляють чітку залежність від локації: найвищі рівні каламутності зосереджені у верхній течії – у містах Хмільник ($3,46 \text{ мг/дм}^3$) та с. Ставки ($3,11 \text{ мг/дм}^3$), де показники залишаються стабільно високими протягом усього року. Нижче за течією, зокрема у районі Вінниці, рівень каламутності знижується до $1,63 \text{ мг/дм}^3$, а в Ладижині досягає мінімуму для основного русла ($0,79 \text{ мг/дм}^3$), що може бути результатом седиментації часток у чашах водосховищ. Спільною рисою для більшості досліджених ділянок став 2024 рік, який відзначився максимальними значеннями каламутності, що вказує на посилення ерозійних процесів або антропогенного тиску на водну екосистему регіону.

Для головного русла Південного Бугу характерною є виражена поздовжня трансформація: найвищі концентрації завислих часток зосереджені у верхній течії м. Хмільник та у пониззі – с. Ставки, тоді як у середній течії (м. Ладижин) спостерігається значне покращення оптичних властивостей води. Це підтверджує визначальну роль гідротехнічного регулювання та процесів седиментації у водосховищах як чинників природного самоочищення річкової системи. Отримані дані підкреслюють необхідність впровадження диференційованого підходу до моніторингу та охорони водних ресурсів басейну з урахуванням локальних осередків забруднення.

Висновки. Визначення якісного стану поверхневих вод р. Південний Буг в межах Вінницької області, має стратегічне значення для об'єктивної оцінки екологічної ситуації в межах усього басейну, який є однією з ключових водних артерій України. Проведені дослідження просторової та часової динаміки каламутності як у головному руслі, так і в основних притоках – Сниводі, Десні, Собі, Удичі, Усті та Рудці – дозволяють чітко ідентифікувати осередки найбільшого антропогенного навантаження. Результати аналізу гідрофізичних показників можуть бути використані як наукове підґрунтя для визначення пріоритетних напрямів водоохоронної діяльності щодо оздоровлення екосистеми Південного Бугу, розробки цільових заходів із покращення стану окремих деградованих ділянок приток (зокрема р. Устя) та оцінки ефективності впроваджених природоохоронних стратегій

у межах басейнового управління. Системний моніторинг вмісту завислих речовин є необхідним інструментом для контролю процесів самоочищення річки та забезпечення екологічної безпеки водокористування в регіоні [8, 9].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кулікова Д. В. Оцінка якісного стану водних об'єктів, що перебувають під впливом скиду шахтних вод. *Екологічні науки*. 2019. № 1(24). Т. 1. С. 112–116. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-19>.
2. Butterworth J., Warner J., Moriarty P., Smits S., Batchelor C. Finding practical approaches to Integrated Water Resources Management. *Water Alternatives*. 2010. Vol. 3, no. 1. P. 68–81.
3. Васенко О. Г., Рибалова О. В., Коробкова Г. В. Комплексна оцінка екологічного стану басейну річки Лопань у Харківській області. *Екологія та промисловість*. 2012. № 4 (33). С. 114–118.
4. Залізник Я. І. Оцінка якості вод за інтегральним показником забруднення у річках басейну Південного Бугу в межах Вінницької області. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 28. С. 37–48. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.04>.
5. Гриценко А. В., Васенко О. Г., Верніченко Г. А. *Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями*. Харків : УкрНДІЕП, 2012. 37 с.
6. Ліхо О. А. Обґрунтування моніторингу антропогенних змін в басейнах малих річок : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.02. Київ, 1998. 17 с.
7. Залізник Я. І. Дослідження стану басейну річки Південний Буг за допомогою геоecологічних методів. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. Вип. 34. С. 31–40. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-03>.
8. Ганущак М. М., Тарасюк Н. А. Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Стир. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія* : наук. збірник. Київ, 2015. Т. 1 (36). С. 110–118.
9. Дорофєєв О. В. Наслідки впливу інтенсифікації землеробства на екологічну рівновагу навколишнього середовища. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 4. С. 136–141.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 504.53:572.022:616.379 (477.81)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.41>

ВПЛИВ ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В ҐРУНТАХ НА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ НАСЕЛЕННЯ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ

Клименко М.О. – д.с.-г.н., професор,

завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища
та лісового господарства,

Національний університет водного господарства та природокористування
orcid.org/0000-0003-0892-0648

Буглак С.Ю. – аспірант кафедри екології, технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства,

Національний університет водного господарства та природокористування
orcid.org/0009-0007-3889-6497

У статті викладені результати досліджень впливу есенціальних і токсичних мікроелементів ґрунтів Рівненської області на поширеність захворюваності населення.

Надлишок або дефіцит мікроелементів змінює перебіг обмінних процесів в організмі людини і у багатьох випадках спричиняє появу різноманітних захворювань. Так марганець впливає на функціонування щитоподібної, підшлункової, статевої залози, бере участь у кровотворенні. Кадмій входить до складу білкового комплексу, здатний токсично впливати на підшлункову залозу. Мідь впливає на функціонування щитоподібної та підшлункової залози, входить до складу білків і ферментів.

Судячи з ролі і функцій, які марганець, мідь й кадмій виконують в організмі людини, доцільно встановити їх дію на поширеність захворюваності населення на цукровий діабет.

Установлено, що впродовж 2015–2020 років, за даними агрохімічних обстежень ґрунтів районів області, вміст рухомих форм мікроелементів змінювався в межах: у зоні Полісся по марганцю від 4,6 до 17,1 мг/кг, міді від 0,10 до 0,75 мг/кг, кобальту від 0,18 до 2,5 мг/кг, кадмію від 0,08 до 0,50 мг/кг; у зоні Лісостепу по марганцю від 10,08 до 23,5 мг/кг, міді від 0,08 до 0,23 мг/кг, кобальту від 0,24 до 0,42 мг/кг, кадмію від 0,05 до 0,14 мг/кг.

Отримані математичні моделі поширеності захворюваності населення області на цукровий діабет від вмісту у ґрунтах рухомих форм марганцю, міді, кобальту, кадмію, які мають вид зростаючих, або спадаючих прямих при коефіцієнтах кореляції від 0,07 до 0,35 у 2015 році та від 0,08 до 0,53 у 2020 році.

Досліджувалась сумісна дія рухомих форм мікроелементів марганцю, міді, кобальту, кадмію на величину поширеності захворюваності населення районів області на цукровий діабет і були отримані математичні моделі між цими показниками, які мають вид лінійних багаточинних регресій при коефіцієнтах детермінації у зоні Полісся від 0,23 до 0,99, а в зоні Лісостепу від 0,76 до 0,99.

Установлено, що для запобігання захворюваності населення на цукровий діабет ґрунти потребують корегування в них вмісту мікроелементів до високого і дуже високого їх вмісту у системі ґрунт – рослина – людина.

Ключові слова: захворюваність, цукровий діабет, мікроелементи, коефіцієнти кореляції, коефіцієнти детермінації, математичні моделі.

Klymenko M.O., Buhlak S.Yu. Impact of the content of trace elements in soils on the incidence of diabetes mellitus among the population of Rivne region

The article presents the results of the studies of essential and toxic trace elements impact on the soils of Rivne region for disease prevalence among its population.



© Клименко М.О., Буглак С.Ю., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

An excess or deficiency of trace elements alters metabolic processes in the human body and, in many cases, leads to the development of various diseases. For example, manganese affects the functioning of the thyroid gland, pancreas, and gonads, and also participates in hematopoiesis. Cadmium is a component of protein complexes and may exert toxic effects on the pancreas. Copper influences the functioning of the thyroid gland and pancreas and is also a component of proteins and enzymes.

Considering the roles and functions that manganese, copper, and cadmium perform in the human body, it is advisable to determine their influence on the prevalence of diabetes mellitus among the population.

It was established that during the years of 2015–2020, according to agrochemical soil studies conducted in the districts of the region, the content of mobile forms of trace elements varied within the following ranges: in the Polissia zone, manganese from 4.6 to 17.1 mg/kg, copper from 0.10 to 0.75 mg/kg, cobalt from 0.18 to 2.5 mg/kg, and cadmium from 0.08 to 0.50 mg/kg; in the Forest-Steppe zone, manganese from 10.08 to 23.5 mg/kg, copper from 0.08 to 0.23 mg/kg, cobalt from 0.24 to 0.42 mg/kg, and cadmium from 0.05 to 0.14 mg/kg.

Mathematical models were developed to describe the prevalence of diabetes mellitus among the population of the region depending on the content of mobile forms of manganese, copper, cobalt, and cadmium in soils. These models take the form of increasing or decreasing linear relationships, with correlation coefficients ranging from 0.07 to 0.35 in 2015 and from 0.08 to 0.53 in 2020.

The combined impact of mobile forms of manganese, copper, cobalt, and cadmium on the prevalence of diabetes mellitus among the population of the region was also investigated. Mathematical models describing the relationships between these indicators were developed in the form of linear multifactor regressions, with coefficients of determination ranging from 0.23 to 0.99 in the Polissia zone and from 0.76 to 0.99 in the Forest-Steppe zone.

It was established that, in order to prevent diabetes mellitus among the population, soils require optimization of trace element levels to high and very high values within the soil–plant–human system.

Key words: *morbidity, diabetes mellitus, trace elements, correlation coefficients, coefficients of determination, mathematical models.*

Постановка проблеми. Пагубні впливи на довкілля і здоров'я людини можуть чинити численні хімічні елементи, які поділяються за токсичністю на: найтоксичніші: кадмій, ртуть, нікель, свинець, кобальт, арсен; помірно токсичні: мідь, цинк, марганець; малотоксичні, до яких належать всі інші важкі метали з щільністю більше 8 000 кг/м³. Свинець і кадмій виявляють, при надходженні до організму людини у значних кількостях, канцерогенні властивості. Вплив важких елементів на організм людини проявляється у настанні випадків надходження надлишку або їх нестачі, яка оцінюється в мг на добу у продуктах харчування людини. При цьому, слід зазначити, що концентрація важких металів у сільськогосподарській продукції залежить від біологічних особливостей культур, застосування мінеральних добрив, технологій їх вирощування та агроекологічного стану ґрунтів [1].

Надлишок або дефіцит мікроелементів змінює перебіг обмінних процесів в організмі людини і у багатьох випадках спричиняє появу різноманітних захворювань.

Так марганець з добовою концентрацією 5–10 мг/кг впливає на функціонування щитоподібної, підшлункової, статевої залози, активує окисно-відновні процеси, впливає на ріст і статевий розвиток, регулює артеріальний тиск входить до складу всіх органів людини, бере участь в кровотворенні, стимулює синтез холестерину і глікогену. Наслідками надходження до організму людини надлишку сполук марганцю є важкі отруєння, а при їх нестачі проявляються рак шлунково-кишкового тракту, рак шкіри, анемія, пригнічення росту. Мідь з добовою потребою 2–3 мг/кг впливає на функціонування щитоподібної, підшлункової, статевої залози входить до складу 30 білків і ферментів, бере участь у процесах кровотворення,

впливає на формування скелету людини. Надходження надлишку міді до організму людини викликає ураження печінки (хвороба Боткіна), порушення функції мозку, шизофренію, епілепсію, розвиток злоякісних утворень. Порогове значення 60 мг. Нестача міді в організмі людини супроводжується анемією, остеопорозом, порушеннями діяльності центральної нервової системи, мідь впливає на еластичність кровоносних судин, рак шлунково-кишкового тракту. Кобальт входить до складу вітаміну B_{12} . Він є активатором ферментів карбоксипептидази, карбоанангідрази, бере участь в утворенні еритроцитів, гемоглобіну. Надлишок кобальту проявляє токсичну дію і пригнічує синтез вітаміну B_{12} (нижня межа 30 мг) спричинює злоякісне малокрів'я. Нестача кобальту (менше 7 мг) може викликати анемію, м'язову дистрофію, зоб.

Кадмій з добовою дозою 15–30 мг входить до складу білкового комплексу, підвищує кров'яний тиск, бере участь у функціонуванні, здатний токсично впливати на щитоподібну, підшлункову залози, регулює вміст цукру у крові. Надлишок кадмію спричиняє захворювання центральної нервової системи, всіх форм раку, цирозу печінки, нефриту нирок, емфіземи легенів, інсультів, гіпертонії, хвороби «ітай-ітай». Нестача кадмію погіршує функціонування щитоподібної, підшлункової, статевої залоз. Аналіз впливу мікроелементів марганцю, міді, кобальту і кадмію засвідчує, що надлишок і нестача їх змінює перебіг обмінних процесів в організмі людини і може спричинити виникнення багатьох захворювань. Слід зазначити, що людський організм нормально функціонує лише за умов збалансованості всіх хімічних компонентів, які надходять до нього через ланцюги живлення з ґрунту до сільськогосподарських культур і продуктів харчування коли концентрація мікроелементів не перевищує значень ГДК. У ґрунтах зон Полісся і Лісостепу України у більшості випадків мікроелементи за величинами вмісту знаходяться у дефіциті або надлишку і рідко відповідають показникам ГДК. Виникає потреба у дослідженні впливу, як окремої так і сумісної дії рухомих форм марганцю, міді, кобальту і кадмію на поширеність захворюваності населення Рівненської області. Судячи з ролі і функцій які марганець, мідь, кадмій виконують в організмі людини доцільно встановити їх дію на поширеність захворюваності населення на цукровий діабет.

Відомо, що цукровий діабет є небезпечним і поширеним захворюванням сучасності, яке становить більше ніж 50% всіх захворювань ендокринної системи. Поширеність захворюваності на цукровий діабет сягає до 2–3% тоді як у економічно розвинених країнах цей показник зростає майже у двічі.

Установлено, що поширеність хронічних захворювань серцево-судинної, центральної та периферичної нервової систем серед хворих на цукровий діабет майже у тричі вищий у порівнянні з іншою категорією людей. Захворюваність на цукровий діабет зростає з року в рік і найчастіше серед людей віку від 45 до 64 років. За прогнозами фахівців у 2030 роках у світі очікується біля 360 млн. хворих на цукровий діабет. Важливо зазначити, що зростання захворюваності населення на цукровий діабет буде супроводжуватися не лише зниженням якості життя хворих, як внаслідок погіршення стану їх фізичного та психологічного здоров'я, але і соціальних і економічних втрат. Непомірно зростуть і витрати країн на лікування хворого населення на цукровий діабет. Вивченню цієї проблеми і присвячені наші дослідження.

Мета роботи – оцінити вплив рухомих форм мікроелементів на поширеність захворюваності населення цукровим діабетом та встановити параметри їх оптимального вмісту у системі ґрунт – рослина – людина.

Досягнення мети передбачало вивчення наступних завдань: вивчення динаміки поширеності захворюваності на цукровий діабет населення, встановити особливості динаміки змін вмісту рухомих форм мікроелементів в продовж 2015–2020 років; отримати математичні моделі сумісної дії марганцю, міді, кобальту і кадмію на поширеність захворюваності цукровим діабетом населення області.

Об'єкти дослідження – явище сумісного впливу мікроелементів марганцю, міді, кобальту, кадмію на поширеність захворюваності цукровим діабетом населення Рівненської області.

Предмети дослідження – показники динаміки поширеності захворюваності цукровим діабетом населення області, показники динаміки змін вмісту рухомих форм марганцю, міді, кобальту, кадмію, кількісні і якісні показники кореляційного і регресійного аналізу впливу мікроелементів на поширеність захворюваності цукровим діабетом населення області.

Методи дослідження. При проведенні досліджень використовувались методи: ретроспективного аналізу, аналогії порівнянь, експериментальні (збір та аналіз статистичних даних поширеності захворюваності населення на цукровий та динаміки вмісту рухомих форм мікроелементів у ґрунтах області); математичні (кореляційний та регресійний аналіз). Визначення мікроелементів в ґрунтах виконано за загальноприйнятими методиками у Рівненській філії ДУ «Інституту охорони ґрунтів України». Вміст рухомих форм: марганцю, міді, кобальту, кадмію проводили атомно-абсорбційним методом (ДСТУ 4770.6:2007, 4770.1:2007, 4770.5:2007, 4770.3:2007). Обробку статистичних даних здійснювали з використанням програм Statistika та Microsoft Excel.

Якісну оцінку отриманих коефіцієнтів кореляції та множинних коефіцієнтів кореляції визначали за шкалою: 0 – зв'язок відсутній; 0,01–0,20 – дуже слабкий зв'язок; 0,21–0,50 – слабкий зв'язок; 0,51–0,70 – помірний зв'язок; 0,71–0,9 – сильний зв'язок; 0,91–1,0 – дуже сильний зв'язок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових праць зарубіжних і вітчизняних дослідників засвідчує про можливу токсичну дію мікроелементів на живі організми, а накопичення їх у значних кількостях в організмі людини може призвести до тяжких розладів їх здоров'я.

Так дослідження [2, 3] показали, що мікроелементи цинк, селен, мідь, хром, марганець, кальцій, тісно пов'язані з ліпідним обміном, який є важливою і складною біохімічною реакцією в організмі людини [1]. Порушення ліпідного обміну за даними досліджень можуть бути [4, 5] причиною цукрового діабету, ожиріння [6–8], цереброваскулярних захворювань і гіпертонії.

Незважаючи на те, що вміст мікроелементів в організмі людини досить малий [9] він здійснює потужне біологічну дію [10, 11]. Мікроелементи які надходять до людини при споживанні їжі і води беруть безпосередню участь у метаболічних процесах ферментів, гормонів, вітамінів і нуклеїнових кислот [12, 13]. Заслужують на увагу дослідження авторів [4, 16], які зазначають, що порушення ліпідного обліку пов'язаних зі зміною рівня мікроелементів в організмі людини.

Дослідження показали, що вміст міді у пацієнтів з гіперліпідемією, гіперглікемією, гіпертонією та ожирінням вище, ніж у звичайних людей [17]. А у випадках коли в організмі людини не вистачає міді, сироватковий рівень холестерину значно підвищується, а концентрація ліпопротеїнів низької щільності аномально підвищується. Холестерин може повернутись до норми після прийому міді [18].

Адекватний вміст марганцю в організмі людини визначає правильний метаболізм амінокислот, холестерину та вуглеводів [19].

Огляд літературних джерел свідчить про те, що мікроелементи беруть участь у ліпідному обміні. Зниження вмісту цинку, міді та селену призводить до збільшення загального вмісту в сироватці крові рівня холестерину і ліпопротеїдів низької щільності. Однак у цих публікаціях відсутня інформація про причинно-наслідковий зв'язок між зміненими рівнями мікроелементів у ґрунтах та метаболізмом ліпідів і захворюваністю людей. Виникає потреба у вивченні складних механізмів взаємозв'язків між вмістом мікроелементів у ґрунтах і рівнями захворюваності людей.

Доцільність у проведенні подібних досліджень підтверджується отриманими даними у науковій праці [20] з якої стає відомий той факт, що метали свинець, цинк, хром, нікель за вмістом перевищують національні безпечні межі у міських ґрунтах Італії, Сербії, Англії. Підвищений вміст важких металів був виявлений у південному В'єтнамі [21], а високі концентрації миш'яку, кадмію, марганцю, свинцю, цинку, що перевищують допустимі межі, було встановлено у передміських аграрних ґрунтах Найробі [22], що створює загрозу здоров'ю населення.

Однозначно слід зазначити, що орні землі вважаються придатними для одержання екологічно безпечної продукції, якщо вміст у ґрунтах валових і рухомих форм мікроелементів знаходиться на рівні кларку, або не перевищує максимально допустимих рівнів [23]. На середньо і низько забруднених ґрунтах важкими металами зниження врожайності сільськогосподарських культур може досягати 30–35%. Дефіцит міді затримує ріст та цвітіння рослин, спричиняє хлороз, втрату тургору. При низькому вмісті у ґрунті марганцю, що спричиняє дефіцит, спостерігається хлороз і плямистість листя. При нестачі у ґрунті цинку в рослинах зменшується вміст ауксинів сахарози та крохмалю, порушується синтез білків.

Установлено, що при усуненні дефіциту у ґрунтах вмісту мікроелементів спостерігається приріст врожаїв сільськогосподарських культур та якості сировини, яка використовується для виробництва екобезпечних продуктів харчування.

Відтак можна сподіватись, що споживання населенням продуктів харчування, вирощених на ґрунтах з вмістом мікроелементів на межі між надлишком і дефіцитом, буде сприяти зменшенню ризиків їх захворювань на цукровий діабет.

Для оцінки екобезпечного вмісту мікроелементів в орних землях доцільно використовувати нормативи розроблені науковцями за показниками забезпеченості сільськогосподарських культур рухомими формами мікроелементів (таблиця 1). Нижньою межею екологічно безпечного вмісту мікроелементів слід приймати підвищений вміст, а верхньою межею – дуже високий вміст.

Таблиця 1

Нормування ґрунтів за показниками забезпеченості сільськогосподарських культур рухомими формами мікроелементів, мг/кг

Назва мікроелемента	Дуже низька	Низька	Середня	Підвищена	Висока	Дуже висока
Марганець	<5,1	5,1–7,0	7,1–10	10,1–15,0	15,1–20	> 20
Мідь	<0,11	0,11–0,15	0,16–0,20	0,21–0,30	0,31–0,5	> 0,5
Кобальт	0,071	0,071–0,1	0,11–0,15	0,16–0,20	0,21–0,3	> 0,3
Кадмій	0,1–0,2	0,21–0,50	0,51–1,0	1,01–1,50	1,51–2,0	> 2,0

Виклад основного матеріалу. Аналіз даних агрохімічних обстежень ґрунтів районів Рівненської області засвідчує, що вміст рухомих форм мікроелементів,

впродовж 2015–2020 років у зоні Полісся, змінювався в межах, а саме за вмістом: марганцю від 4,6 до 17,1 мг/кг; кобальту від 0,18 до 2,57 мг/кг; кадмію від 0,08 до 0,5 мг/кг (таблиця 2).

Таблиця 2

Вміст рухомих форм мікроелементів в ґрунтах зони Полісся, мг/кг

НАЗВА РАЙОНУ	Елемент	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>БЕРЕЗНІВСЬКИЙ</i>	Mn	9,23	14,6	14,9	12,9	12,75	12,7
	Cu	0,18	0,19	0,22	0,17	0,15	0,17
	Co	0,41	0,42	0,48	0,35	0,38	0,35
	Cd	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11	0,11
<i>ВОЛОДИМИРЕЦЬКИЙ</i>	Mn	4,60	6,70	7,90	6,40	6,24	6,30
	Cu	0,22	0,23	0,25	0,23	0,26	0,26
	Co	0,41	0,40	0,38	0,40	0,36	0,30
	Cd	0,10	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10
<i>ДУБРОВИЦЬКИЙ</i>	Mn	6,83	15,2	15,8	14,68	15,0	15,1
	Cu	0,11	0,10	0,12	0,11	0,12	0,12
	Co	0,22	0,20	0,24	0,22	0,25	0,31
	Cd	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
<i>ЗАРІЧНЕНСЬКИЙ</i>	Mn	12,0	10,1	13,4	12,5	12,0	12,0
	Cu	0,17	0,12	0,18	0,12	0,12	0,12
	Co	0,41	0,44	0,45	0,42	0,41	0,41
	Cd	0,12	0,27	0,28	0,25	0,20	0,18
<i>КОСТОПІЛЬСЬКИЙ</i>	Mn	15,3	18,3	18,0	17,2	16,9	17,1
	Cu	0,88	0,87	0,81	0,85	0,80	0,75
	Co	2,56	2,54	2,60	2,57	2,61	2,57
	Cd	0,55	0,54	0,49	0,53	0,55	0,50
<i>РОКИТНІВСЬКИЙ</i>	Mn	10,48	14,6	16,0	14,0	14,0	14,0
	Cu	0,10	0,11	0,12	0,11	0,10	0,10
	Co	0,32	0,31	0,33	0,32	0,31	0,31
	Cd	0,11	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10
<i>САРНЕНСЬКИЙ</i>	Mn	6,93	10,4	11,08	9,47	10,0	10,12
	Cu	0,15	0,17	0,19	0,16	0,17	0,18
	Co	0,20	0,20	0,24	0,21	0,21	0,18
	Cd	0,11	0,11	0,10	0,11	0,12	0,11

Як видно із таблиці 2 забезпеченість орних земель зони Полісся мікроелементами впродовж 2015–2020 років коливалась у межах категорій, а саме: по марганцю від дуже низької до високої, по міді від дуже низької до дуже високої, по кобальту від підвищеної до високої, по кадмію від дуже низької до низької. За умов дуже низької, низької і середньої забезпеченості орних земель мікроелементами слід очікувати не лише зниження врожайності сільськогосподарських культур, але і зменшення накопичення їх у сировині з якої виготовляють продукти харчування, що буде знижувати їх вміст в організмах людей.

Діапазони змін вмісту рухомих форм мікроелементів у зоні Лісостепу відбувалися в межах, а саме: по марганцю від 10,08 до 23,5 мг/кг; міді від 0,08 до 0,23 мг/кг; кобальту від 0,24 до 0,42 мг/кг; кадмію від 0,05 до 0,14 мг/кг (таблиця 3).

Таблиця 3

Вміст рухомих форм мікроелементів в ґрунтах зони Лісостепу, мг/кг

НАЗВА РАЙОНУ	Елемент	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ГОЩАНСЬКИЙ	Mn	16,2	18,6	19,0	15,83	15,41	15,46
	Cu	0,12	0,12	0,15	0,13	0,11	0,13
	Co	0,35	0,36	0,32	0,34	0,34	0,35
	Cd	0,05	0,07	0,08	0,07	0,05	0,06
ДЕМИДІВСЬКИЙ	Mn	18,3	19,0	21,1	19,63	20,03	20,2
	Cu	0,24	0,19	0,21	0,21	0,19	0,18
	Co	0,33	0,32	0,29	0,31	0,35	0,36
	Cd	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09
ДУБЕНСЬКИЙ	Mn	12,21	13,45	14,01	13,5	13,21	13,4
	Cu	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10	0,08
	Co	0,23	0,29	0,31	0,28	0,30	0,34
	Cd	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11
ЗДОЛБУНІВСЬКИЙ	Mn	10,08	12,3	12,1	11,5	12,23	12,31
	Cu	0,1	0,14	0,16	0,13	0,15	0,14
	Co	0,33	0,37	0,23	0,31	0,27	0,30
	Cd	0,11	0,11	0,14	0,12	0,13	0,12
КОРЕЦЬКИЙ	Mn	12,8	16,6	25,8	18,4	17,91	18,0
	Cu	0,18	0,18	0,28	0,21	0,19	0,20
	Co	0,31	0,36	0,29	0,32	0,34	0,31
	Cd	0,09	0,10	0,08	0,09	0,08	0,08
МЛИНІВСЬКИЙ	Mn	16,9	16,8	16,3	17,65	18,02	17,9
	Cu	0,12	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13
	Co	0,39	0,34	0,33	0,35	0,37	0,40
	Cd	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11	0,12
ОСТРОЗЬКИЙ	Mn	12,6	11,2	19,69	14,5	15,1	15,0
	Cu	0,11	0,12	0,17	0,13	0,11	0,11
	Co	0,25	0,24	0,30	0,26	0,30	0,27
	Cd	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
РАДИВИЛІВСЬКИЙ	Mn	12,4	15,8	16,3	15,9	15,31	15,2
	Cu	0,12	0,13	0,12	0,13	0,15	0,17
	Co	0,38	0,36	0,40	0,38	0,38	0,42
	Cd	0,12	0,12	0,12	0,14	0,15	0,14
РІВНЕНСЬКИЙ	Mn	23,5	24,5	24,78	20,70	21,0	21,0
	Cu	0,16	0,21	0,19	0,19	0,21	0,23
	Co	0,46	0,44	0,41	0,44	0,40	0,42
	Cd	0,15	0,15	0,14	0,16	0,15	0,14

Дані таблиці 3 також засвідчують, що забезпеченість орних земель зони Лісостепу впродовж 2015–2020 років зазнавала значних коливань у межах категорій,

а саме: по марганцю від середньої до дуже високої, по міді від дуже низької до підвищеної, по кобальту від високої до дуже високої, по кадмію – дуже низької.

За умов споживання населенням продуктів виготовлених з сировини з низьким вмістом мікроелементів в організмі людей буде формуватися їх дефіцит, що стане причинами і впливатиме на рівні їх захворювань на цукровий діабет (таблиця 4).

Таблиця 4

**Поширеність захворюваності на цукровий діабет 2009–2020 роки
на 10 000 осіб**

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Березнівський	227	238	359	382	404	427	438	448	461	474	489	476
Володимирець-кий	178	191	298	310	326	342	342	347	365	369	380	536
Гоцанський	208	222	306	319	332	346	347	352	347	353	351	405
Демидівський	280	295	388	411	431	452	459	474	486	486	504	511
Дубенський	216	179	260	242	252	261	267	277	292	307	317	320
Дубровицький	216	240	326	350	360	369	367	364	363	379	400	401
Зарічненський	188	216	332	360	378	397	423	447	469	491	512	1038
Здолбунівсь-кий	250	267	355	379	402	424	436	459	483	503	529	539
Корецький	191	210	296	296	317	337	357	366	375	399	430	407
Костопільсь-кий	221	232	327	342	366	389	401	418	444	465	495	378
Млинівський	210	220	309	337	356	378	410	449	473	498	526	446
Острозький	274	296	411	433	454	474	502	530	557	584	615	182
Радивилівсь-кий	209	232	320	340	356	371	392	404	421	425	435	462
Рівненський	194	211	289	320	314	309	404	416	441	466	483	462
Рокитнівський	155	164	262	288	316	335	358	384	416	427	458	440
Сарненський	205	216	304	324	368	412	433	334	329	330	322	276
м. Рівне	301	312	403	423	445	468	488	508	522	529	534	588
м. Кузнецовськ	229	259	367	398	424	449	466	482	501	504	563	587
м. Дубно	374	385	487	474	489	505	514	512	544	564	567	571
	235	248	345	363	386	408	424	430	446	459	474	476

Як видно з таблиці 4, поширеність захворюваності населення області впродовж 2009–2020 років у районах поступово зростала. Так у населення районів зони Полісся на період 2009 року поширеність захворюваності на цукровий діабет становила величини від 155 до 227 випадків на 10 тисяч осіб, то у 2020 році цей показник зріс до показників від 227 до 538 випадків на 10 тисяч осіб. Аналогічна динаміка змін величин поширеності захворюваності на цукровий діабет спостерігалася у населення районів зони Лісостепу. Так, якщо у населення цієї зони у 2009 році показник поширеності захворюваності на цукровий діабет змінювався в діапазоні від 191 до 280, то у 2020 році цей показник зріс до величин від 320 до 462 випадків на 10 тисяч осіб. Слід зазначити, що за величинами поширеності захворюваності на цукровий діабет населення зони Полісся перевищує рівень встановлений для населення зони Лісостепу 506 і 415 випадків на 10 тисяч осіб відповідно. Це може бути обумовлено споживанням населенням зони Лісостепу продуктів харчування вирощених на родючих сірих лісових і чорноземних ґрунтах, які краще забезпечені мікроелементами.

Поряд з цим нами досліджувалась залежність поширеності захворюваності населення області на цукровий діабет від вмісту у ґрунтах рухомих форм марганцю, міді, кобальту, кадмію (таблиця 5).

Таблиця 5

Залежність поширеності захворюваності населення на цукровий діабет від вмісту у ґрунті марганцю, міді, кобальту, кадмію

Елемент	Вид рівняння	Коефіцієнт кореляції	Вид рівняння	Коефіцієнт кореляції
Зона Полісся 2015 р.			Зона Лісостепу 2015 р.	
Mn	$Y_1 = 3,7363_{x_1} + 359,68$	0,35	$Y_5 = 1,8076_{x_5} + 370$	0,11
Cu	$Y_2 = 12,624_{x_2} + 391,31$	0,09	$Y_6 = 287,35_{x_6} + 356,88$	0,19
Co	$Y_3 = 3,308_{x_3} + 392,43$	0,07	$Y_7 = 146,57_{x_7} + 347,77$	0,15
Cd	$Y_4 = 30,182_{x_4} + 389,48$	0,13	$Y_8 = 261,83_{x_8} + 369,18$	0,11
Зона Полісся 2020 р.			Зона Лісостепу 2020 р.	
Mn	$Y_9 = -8,4357_{x_8} + 538,66$	-0,33	$Y_{13} = 9,5516_{x_{13}} + 257,32$	0,26
Cu	$Y_{10} = -88,26_{x_9} + 454,86$	-0,22	$Y_{14} = 1224,2_{x_{14}} + 228,53$	0,53
Co	$Y_{11} = -21,506_{x_{10}} + 447,04$	-0,20	$Y_{15} = 993,32_{x_{15}} + 65,019$	0,49
Cd	$Y_{12} = -113,25_{x_{11}} + 452,52$	-0,19	$Y_{16} = -195,83_{x_{16}} + 433,82$	-0,08

Примітка: $Y_1 \dots Y_{16}$ – поширеність захворюваності населення на цукровий діабет, випадків на 10 000 населення;

$X_1 \dots X_{16}$ – вміст в ґрунті рухомих форм марганцю, міді, кобальту, кадмію.

Як видно з таблиці 5 залежності поширеності захворюваності населення на цукровий діабет від вмісту окремих мікроелементів у ґрунтах зон Полісся і Лісостепу за 2015 і 2020 років мають вид, а саме: у зоні Полісся у 2015 році зростаючих прямих при коефіцієнтах кореляції від 0,07 до 0,35, а у 2020 році спадаючих прямих при коефіцієнтах кореляції від -0,19 до -0,33. У зоні Лісостепу у 2015 році зростаючих прямих при коефіцієнтах кореляції від 0,11 до 0,19, а у 2020 році по марганцю, міді і кобальту зростаючих прямих при коефіцієнтах кореляції від 0,26 до 0,53, а для кадмію спадаючої прямої з коефіцієнтом кореляції -0,08. Від так можна стверджувати, що встановлені для ґрунтового покриву області залежності які мають вид зростаючих прямих свідчать про недоцільність збільшувати вміст марганцю, міді, кобальту, кадмію для зменшення рівня поширеності захворюваності на ЦД у 2015 році і навпаки у 2020 році для зменшення захворюваності на ЦД у зоні Полісся і виникає потреба у підвищенні вмісту рухомих форм марганцю, міді, кобальту, кадмію, а у зоні Лісостепу лише кадмію.

Особлива увага у дослідженнях приділялась встановленню впливу сумісної дії есенціальних мікроелементів марганцю, міді, кобальту та токсичному кадмію на величину поширеності захворюваності населення області на ЦД (таблиця 6).

Як видно з таблиці 6 отримані залежності між цими показниками мають вид лінійних багатофакторних регресії при коефіцієнтах детермінації у зоні Полісся від 0,23 до 0,99, а у зоні Лісостепу від 0,76 до 0,99. При цьому слід зазначити, що у лінійних багатофакторних залежностях коефіцієнти при мікроелементах марганцю, міді, кобальту, кадмію мають значення плюс або мінус, що характеризує вплив цього мікроелементу на зростання або зменшення величини поширеності захворюваності населення цих районів на цукровий діабет.

Аналіз знаків коефіцієнтів лінійних багатофакторних регресій засвідчує, що зниження поширеності захворюваності населення на цукровий діабет в області може посприяти збільшення вмісту у ґрунтах районі рухомих форм мікроелементів, а саме: у Володимирецькому у дерновому глейовому ґрунті – міді, кобальту,

кадмію; Дубровицькому дерново-підзолистому глейовому ґрунті – міді, кадмію; Зарічненському лучно-болотистому ґрунті – міді і кадмію; Рокитнівському у дерново-підзолистому ґрунті – кобальту, кадмію; Сарненському у дерново-підзолистому ґрунті – марганцю, міді, кобальту; Гощанському у ясно-сірих, сірих лісових ґрунтах – марганцю, міді.

Таблиця 6

Залежності поширеності захворюваності населення на цукровий діабет від вмісту у ґрунтах рухомих форм мікроелементів

НАЗВА РАЙОНУ	ВИД РІВНЯННЯ	R ²
<i>Зона Полісся</i>		
Березнівський	$Y_1 = 1821,82 + 17,59x_1 + 396,57x_2 + 21,65x_3 + 16667,2x_4$	0,23
Володимирецький	$Y_2 = 4718,72 + 79,50x_1 - 8070,56x_2 - 4027,20x_3 - 13831,0x_4$	0,84
Дубровицький	$Y_3 = 13757,33 + 245,86x_1 - 5941,43x_2 + 2399,40x_3 - 213483,66x_4$	0,54
Зарічненський	$Y_4 = -34625,18 + 581,79x_1 - 42942,19x_2 + 93682,86x_3 - 25496,0x_4$	0,99
Костопільський	$Y_5 = -5750,29 + 23,20x_1 + 526,0x_2 + 1992,19x_3 + 432,91x_4$	0,94
Рокитнівський	$Y_6 = 1379,29 + 5,5x_1 + 4964x_2 - 3749x_3 - 3415x_4$	0,98
Сарненський	$Y_7 = 627,16 - 34,58x_1 - 1727,70x_2 - 316,46x_3 + 3354,80x_4$	0,99
<i>Зона Лісостепу</i>		
Гощанський	$Y_8 = -303 - 3,22x_1 - 5,45x_2 + 1844,17x_3 + 1467,50x_4$	0,45
Демидівський	$Y_9 = 208,42 + 12,96x_1 - 192,22x_2 + 368,44x_3 - 675,53x_4$	0,97
Дубенський	$Y_{10} = 6356,72 - 91,04x_1 - 12893,34x_2 - 4022,85x_3 - 21706,16x_4$	0,81
Здолбунівський	$Y_{11} = -2920,24 + 224,52x_1 - 13278,34x_2 + 1408,7x_3 + 17776,41x_4$	0,99
Корецький	$Y_{12} = 441,03 + 5,12x_1 - 565,94x_2 - 44,38x_3 - 318,13x_4$	0,77
Млинівський	$Y_{13} = -1561,25 + 72,61x_1 + 8991,22x_2 - 13,86x_3 - 3704,44x_4$	0,89
Острозький	$Y_{14} = -3259,28 - 156,45x_1 + 11965,87x_2 + 12166,72x_3 + 12496,89x_4$	0,76
Радивилівський	$Y_{15} = 18,19 + 4,97x_1 + 521,29x_2 + 510,42x_3 + 462,63x_4$	0,99
Рівненський	$Y_{16} = 949,60 - 9,08x_1 - 4,26x_2 - 976,38x_3 + 808,65x_4$	0,97

$Y_{1...16}$ – поширеність захворюваності на цукровий діабет на 10000 осіб;

X_1 – вміст марганцю мг/кг; X_2 – вміст міді мг/кг;

X_3 – вміст кобальту мг/кг; X_4 – вміст кадмію мг/кг.

Демидівському у чорноземах типових – міді, кадмію; Дубенському у ясно-сірих, сірих лісових ґрунтах – марганцю, міді, кобальту, кадмію; Здолбунівському у ясно-сірих, сірих лісових ґрунтах – міді; Корецькому у ясно-сірих, сірих лісових ґрунтах – міді, кобальту, кадмію; Млинівському у чорноземах типових – кобальту, кадмію; Острозькому у чорноземах опідзолених ґрунтах – марганцю; Рівненському у темно-сірих лісових ґрунтах – марганцю, міді, кобальту. У дерново-підзолистих ґрунтах Березнівського району, які містять марганцю 12,7 мг/кг, міді 0,17 мг/кг, кобальту 0,35 мг/кг, кадмію 0,11 мг/кг, чорноземах щебенюватих середньозмитих Костопільського району, які містять марганцю 17,1 мг/кг, міді 0,75 мг/кг, кобальту 2,57 мг/кг, кадмію 0,50 мг/кг та чорноземах щебенюватих Радивилівського району, які містять марганцю 15,2 мг/кг, міді 0,17 мг/кг, кобальту 0,42 мг/кг, кадмію 0,14 мг/кг – додаткового внесення цих мікроелементів не потребують.

Низький вміст мікроелементів у ґрунтах внаслідок їх природних властивостей чи виносу урожаєм, застосування азотних, фосфорних, калійних добрив або інших причин, усувається внесенням добрив, щоб відновити оптимальну рівновагу цих елементів у системі ґрунт – рослина – людина, яке б забезпечило нормальний метаболізм людини, та усувало загрозу захворюваності на цукровий діабет.

Для забезпечення оптимального вмісту мікроелементів у системі ґрунт – рослина – людина рекомендується вносити мікродобрива, а саме: мідь вмісних, з вмістом 24,2% – сульфат міді, подвійний суперфосфат – 0,8%; цинкові добрива з вмістом цинку у суперфосфаті подвійному – 0,8%, сульфат цинку – 36%; марганцеві добрива з вмістом марганцю амофос 1,8 – 2,0%, карбонат марганцю – 31%, кобальтові добрива з вмістом кобальту суперфосфат простий – 1,1 мг/кг, карбонат кальцію 0,2 – 12 мг/кг; кадмієві добрива з вмістом кадмію у суперфосфаті 0,4 – 0,6 мг/кг.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Установлено, що впродовж 2009–2020 років в Рівненській області прослідковується тенденція зростання показників поширеності захворюваності населення на цукровий діабет. За рівнем хворих на цукровий діабет населення зони Полісся перевищує рівень встановлений для населення зони Лісостепу, що обумовлено більш високою родючістю ґрунтів цієї зони та споживанням більш якісної продукції вирощеної на цих ґрунтах.

Установлено, що у 2020 році у зонах Полісся і Лісостепу поширеність захворюваності населення на цукровий діабет залежить від вмісту рухомих форм мікроелементів у ґрунтах і має вид зростаючих або спадаючих прямих з коефіцієнтами кореляції, а саме: по марганцю – 0,33, 0,26; по міді – 0,22, 0,53; по кобальту – 0,20, 0,49; по кадмію – 0,19, – 0,08 відповідно.

Стохастичні математичні моделі, які описують функціональні залежності між змінними поширеністю захворюваності населення районів на цукровий діабет і вмістом у ґрунтах їх сумісної дії рухомих форм марганцю, міді, кобальту, кадмію. І які мають вид лінійних багатофакторних залежностей при коефіцієнтах кореляції у зоні Полісся від 0,23 до 0,99, а у зоні Лісостепу від 0,45 до 0,99.

Дерново-підзолисті, сірі лісові, чорноземи типові і опідзолені ґрунти області, оскільки за вмістом рухомих форм марганцю, міді, кобальту, кадмію не перевищують максимально допустимі рівні, є придатними для отримання на них екологічно безпечної сільськогосподарської продукції. Але для вирощування продукції для дієтичного харчування та запобігання захворюваності населення на цукровий діабет вони потребують корегування вмісту в цих ґрунтах районів мікроелементів до підвищеного, високого, дуже високого їх забезпечення по марганцю від 15,0 до 20,0 мг/кг, міді від 0,21 до 0,50 мг/кг, по кобальту від 0,16 до 0,30 мг/кг, по кадмію від 1,0 до 2,0 мг/кг, що буде відповідати оптимальному їх вмісту у системі ґрунт – рослина – людина.

Перспективи подальших досліджень полягають у встановленні впливу мікроелементів цинку, магній, бору, хрому на рівень захворюваності населення області на цукровий діабет, що дозволить розширити перелік впливу сумісної дії до 8 мікроелементів на цей вид захворюваності населення, та виявити найбільш впливові серед них.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Залеський І. І., Клименко М. О. Екологія людини : підручник. Київ : Видавничий центр «Академія», 2005. 288 с.
2. Kramer C. K., Zinman B., Retnakaran R. Are metabolically healthy overweight and obesity benign conditions? A systematic review and Meta-analysis. *Annals of*

Internal Medicine. 2013. Vol. 159, № 11. P. 758–769. DOI: <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-159-11-201312030-00008>. PMID: 24297192.

3. Trace Elements, PPARs, and Metabolic Syndrome / Shi Y. et al. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. Vol. 21, № 7. Art. 2612. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms21072612>. PMID: 32283758.

4. Verges B. Lipid disorders in type 1 diabetes. *Diabetes and Metabolism*. 2009. Vol. 35, № 5. P. 353–360. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.diabet.2009.04.004>. PMID: 32283758.

5. Verges B. Lipid modification in type 2 diabetes: the role of LDL and HDL. *Fundamental and Clinical Pharmacology*. 2009. Vol. 23, № 6. P. 681–685. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-8206.2009.00739.x>. PMID: 19650852.

6. Long-term risk of a major cardiovascular event by apoB, apoA-1, and the apoB/apoA-1 ratio—Experience from the Swedish AMORIS cohort: A cohort study / Walldius G. et al. *PLoS Med*. 2021. Vol. 18, № 12. Art. e1003853. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pmed1003853>. PMID: 34851955.

7. Genetics of apolipoprotein B and apolipoprotein AI and premature coronary artery disease / Zamboni A. et al. *Journal of Internal Medicine*. 2006. Vol. 259, № 5. P. 473–480. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2796.2006.01645.x>. PMID: 16629853.

8. Subclasses of low-density lipoprotein and very low-density lipoprotein in familial combined hyperlipidemia: Relationship to multiple lipoprotein phenotype / Georgieva A. M. et al. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. 2004. Vol. 24, № 4. P. 744–749. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.ATV0000119681.47218.a4>. PMID: 14751815.

9. Fraga C. G., Oteiza P. I., Keen C. L. Trace elements and human health. *Molecular Aspects of Medicine*. 2005. Vol. 26, № 4–5. P. 233–234. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mam.2005.07.014>. PMID: 16122783.

10. Zheng W. Systemic impact of trace elements on human health and diseases: nutrition, toxicity, and beyond. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2020. Vol. 62. Art. 126634. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126634>. PMID: 32827865.

11. The essential metals for humans: a brief overview / Zoroddu M. A. et al. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2019. Vol. 195. P. 120–129. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2019.03.013>. PMID: 30939379.

12. The efficacy and safety of multivitamin and mineral supplement use to prevent cancer and chronic disease in adults: A systematic review for a National Institutes of Health state-of-the-science conference / Huang H. Y. et al. *Annals of Internal Medicine*. 2006. Vol. 145, № 5. P. 372–385. DOI: <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-145-5-200609050-003>. PMID: 16880453.

13. Maroney M. S., Hondal R. J. Selenium versus sulfur: Reversibility of chemical reactions and resistance to permanent oxidation in proteins and nucleic acids. *Free Radical Biology and Medicine*. 2018. Vol. 127. P. 228–237. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.03.035>. PMID: 29588180.

14. A global perspective on FOXO1 in lipid metabolism and lipid-related diseases / Li Y. et al. *Progress in Lipid Research*. 2017. Vol. 66. P. 42–49. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plipres.2017.04.002>. PMID: 28392404.

15. Deregulation of Lipid Metabolism: The Critical Factors in Ovarian Cancer / Ji Z. et al. *Frontiers in Oncology*. 2020. Vol. 10. Art. 593017. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fonc.2020.593017>. PMID: 33194756.

16. Targeting lipid metabolism in liver cancer / Alannan M. et al. *Biochemistry*. 2020. Vol. 59, № 41. P. 3951–3964. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.biochem.0c00477>. PMID: 32930581.

17. Research progress of iron, zinc, copper, selenium, manganese and metabolic syndrome / Zhu X. H. et al. *Journal of Environmental and Occupational Medicine*. 2016. Vol. 36, № 1. P. 197–200.

18. Observation and analysis of biochemical indicators in type 2 diabetes / Li X. H. et al. *Zhongguo Laonianxue Zazhi*. 2008. № 15. P. 1521–1522.

19. Zabłocka-Słowińska K., Grajeta H. The role of manganese in etiopathogenesis and prevention of selected diseases. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*. 2012. Vol. 66. P. 549–553. DOI: <http://dx.doi.org/10.5604/17322693.1006411>. PMID: 22922155.

20. Metals in urban soils of Europe: A systematic review / Binner H. et al. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 854. Art. 158734. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158734>.

21. Evaluation of heavy metal content in agricultural soil samples in the Mekong Delta region, VietNam and human health risks / Truong T. T. H. et al. *Environmental Geochemistry and Health*. 2025. Vol. 47, № 5. Art. 170. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-025-02428-6>.

22. Heavy metals and trace elements contamination risks in peri-urban agricultural soils in Nairobi city catchment, Kenya / Ahogle A. M. et al. *Frontiers in Soil Science*. 2023. Vol. 2. Art. 1048057. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsoil.2022.1048057>.

23. Городній М. М., Бикін А. В., Нагасвська Л. М. Агрохімія : підручник. Київ : ТОВ «Алефа», 2003. 778 с.

Дата першого надходження статті до видання: 29.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

УДК 639.1.05(477.42)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.42>

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ КОРИСТУВАЧІВ МИСЛИВСЬКИХ УГІДЬ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Кратюк О.Л. – д.б.н., професор,

професор кафедри лісового та садово-паркового господарства,

Поліський національний університет

orcid.org/0000-0002-2661-8074

Власюк В.П. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,

Поліський національний університет

orcid.org/0000-0001-6220-6280

Досліджено трансформацію організаційної структури мисливського господарства Житомирської області упродовж 1992–2024 рр. Метою роботи є встановлення та узагальнення основних тенденцій змін у системі користування мисливськими угіддями та розвитку організаційно-правових форм господарювання. Методологічну основу дослідження становлять статистичні матеріали, галузева звітність, рішення органів влади, а також проекти організації та розвитку мисливського господарства. У ході дослідження виокремлено чотири етапи трансформації галузі, що характеризуються поступовим зменшенням ролі державних підприємств, скороченням площ угідь у користуванні УТМР та активним зростанням приватного сектору. Встановлено, що площа мисливських угідь області у 1993 р. становила 2659,7 тис. га, з яких 1699,0 тис. га (понад 60%) перебували у користуванні УТМР. У 1996 р. УТМР контролювало 69,41% угідь (1512,4 тис. га), тоді як державні підприємства – 29,75% (648,3 тис. га). Упродовж 2001–2010 рр. відбулося суттєве скорочення площ угідь УТМР до 1043,7 тис. га (49,11%) та зростання приватного сектору до 490,8 тис. га (23,19%). У 2024 р. частка УТМР становила 48,72% (1022,1 тис. га), ДП «Ліси України» – 14,10% (295,7 тис. га), тоді як інші користувачі збільшили свою частку до 36,30% (761,5 тис. га). З'ясовано, що сучасна структура мисливського господарства області відзначається домінуванням громадських організацій при одночасному посиленні ролі комерційних суб'єктів. Проаналізовано розподіл мисливських угідь між різними організаційно-правовими формами господарювання та виявлено високий рівень концентрації мисливських ресурсів у межах громадського сектору. Громадські організації охоплюють 1451,2 тис. га (69,18%) мисливських угідь, з яких УТМР – 1022,1 тис. га (48,72%). Комерційний сектор представлений 36 суб'єктами (ТОВ, ПП, СФГ), що використовують 350,9 тис. га (16,72%), тоді як державний сектор обмежується 295,7 тис. га (14,10%). Обґрунтовано, що трансформаційні процеси супроводжуються як підвищенням управлінської гнучкості, так і загостренням проблем інституційної збалансованості. Водночас сучасна модель характеризується високою концентрацією ресурсів і структурною асиметрією, що посилюється в умовах воєнного стану. Зроблено висновок про необхідність удосконалення механізмів управління галуззю та оптимізації її організаційної структури з урахуванням принципів сталого розвитку.

Ключові слова: мисливське господарство, мисливські угіддя, організаційно-правові форми господарювання, трансформація, сталий розвиток, Житомирська область.

Kratiuk O.L., Vlasjuk V.P. Ecological and Economic Aspects of the Transformation of the Organizational Structure of Hunting Grounds Users in Zhytomyr Region

The transformation of the organizational structure of the hunting sector in Zhytomyr Region during 1992–2024 has been studied. The aim of the research is to identify and generalize the main



© Кратюк О.Л., Власюк В.П., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

trends in changes in the system of hunting grounds use and the development of organizational and legal forms of management. The methodological basis of the study includes statistical data, sectoral reports, decisions of public authorities, as well as projects for the organization and development of hunting management. Four stages of sectoral transformation have been identified, characterized by a gradual decline in the role of state enterprises, a reduction in the area of hunting grounds used by the Ukrainian Society of Hunters and Fishermen (USHF), and the active growth of the private sector. It was established that in 1993 the total area of hunting grounds in the region amounted to 2,659.7 thousand hectares, of which 1,699.0 thousand hectares (over 60%) were used by USHF. In 1996, USHF controlled 69.41% of the grounds (1,512.4 thousand ha), while state enterprises accounted for 29.75% (648.3 thousand ha). During 2001–2010, a significant reduction in USHF-controlled areas to 1,043.7 thousand ha (49.11%) occurred, alongside an increase in the private sector to 490.8 thousand ha (23.19%). By 2024, the share of USHF amounted to 48.72% (1,022.1 thousand ha), the State Enterprise «Forests of Ukraine» – 14.10% (295.7 thousand ha), while other users increased their share to 36.30% (761.5 thousand ha). It has been determined that the current structure of the hunting sector in the region is characterized by the dominance of public organizations alongside the growing role of commercial entities. The distribution of hunting grounds among different organizational and legal forms has been analyzed, revealing a high level of concentration of hunting resources within the public sector. Public organizations manage 1,451.2 thousand ha (69.18%) of hunting grounds, including 1,022.1 thousand ha (48.72%) controlled by USHF. The commercial sector is represented by 36 entities (LLCs, Private enterprises, and Peasant (farm) enterprises), which use 350.9 thousand ha (16.72%), while the state sector is limited to 295.7 thousand ha (14.10%). It is substantiated that transformation processes are accompanied both by increased managerial flexibility and by growing institutional imbalances. At the same time, the current model is characterized by a high concentration of resources and structural asymmetry, which is further intensified under martial law conditions. The study concludes that there is a need to improve governance mechanisms and optimize the organizational structure of the sector in line with sustainable development principles.

Key words: hunting, hunting grounds, organizational and legal forms of economic activity, transformation, sustainable development, Zhytomyr Region.

Постановка проблеми. Полеміка щодо напрямків розвитку мисливської галузі триває упродовж усього періоду Незалежності України [1, 8, 11, 23, 27, 32, 38]. Нині мисливське господарство посідає чільне місце у сфері екологічної та лісової політики держави, охорони довкілля, збереження біорізноманіття та екологічної освіти [6, 7, 13, 15, 24, 37]. Галузь забезпечує раціональне використання природних ресурсів, регулювання чисельності тварин, а також формування доходів через екосистемні послуги й мисливський туризм [2, 5, 20, 31]. Водночас галузь має суттєве соціально-економічне значення, сприяючи зайнятості у сільській місцевості та збереженню національно-культурних традицій [9, 18, 40]. У цьому контексті особливої ваги набуває вивчення різних аспектів регіональної структури організаційно-правових форм господарювання підприємств мисливської галузі, що дозволяє оцінити рівень концентрації ресурсів, ефективність управління та збалансованість інституційного середовища [19]. Такий аналіз дає змогу визначити вплив різних форм власності на результативність ведення мисливського господарства й обґрунтувати напрями його подальшого реформування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних наукових дослідженнях значна увага приділяється оцінці ефективності організаційних моделей мисливського господарства, зокрема в умовах домінування громадських організацій (передусім УТМР) та поступового посилення ролі приватних користувачів на фоні трансформації ролі держави у мисливській сфері, яка дедалі більше переходить від безпосереднього користувача до регуляторних функцій. Разом із тим, результати цих досліджень свідчать про неоднозначність впливу такої структури на ефективність управління: з одного боку, забезпечується відносна стабільність системи,

з іншого – обмежується конкуренція та гнучкість управлінських рішень [4, 39]. Водночас відзначається, що недостатня узгодженість між суб'єктами господарювання та складність інституційного середовища знижують ефективність реформ, особливо в умовах воєнного стану, що вимагає впровадження адаптивних підходів до управління галуззю [7, 17, 33, 34]. Крім того, результати досліджень підтверджують важливість екологічної складової, однак на практиці вона часто поступається економічним інтересам [12, 22, 25]. Це свідчить про необхідність пошуку балансу між господарським використанням і природоохоронними цілями, а також удосконалення механізмів управління для забезпечення сталого розвитку мисливського господарства [28-30]. Важливим напрямом наукових досліджень є вивчення регіональних практик ведення мисливського господарства, що дозволяє врахувати природно-географічні, соціально-економічні та інституційні особливості окремих територій [3, 26, 35, 41]. Такий підхід сприяє виявленню ефективних моделей управління, адаптації загальнодержавної політики до локальних умов та поширенню успішного досвіду сталого використання мисливських ресурсів.

Постановка завдання. Встановити й узагальнити основні тенденції трансформації організаційної структури підприємств галузі мисливського господарства на території Житомирської області.

Об'єкт дослідження – організаційна структура підприємств мисливської галузі. *Предмет дослідження* – просторово-часові аспекти організації мисливсько-господарського виробництва на території Житомирської області упродовж 1992-2024 рр.

Аналіз стану організаційної структури підприємств мисливської галузі Житомирської області здійснено на основі матеріалів Державної служби статистики України, Державного агентства лісових ресурсів України (№ 2-тп «Мисливство»), рішень Житомирської обласної ради V, VI, VII та VIII скликань, Проектів організації та розвитку мисливського господарства користувачів мисливських угідь Житомирської області, а також на основі літературних джерел та архівних матеріалів господарств.

Виклад основного матеріалу дослідження. Формування сучасної структури мисливських господарств Житомирської області умовно можна розділити на декілька етапів: – 1992-2000 рр.; – 2001-2010 рр.; – 2011-2021 рр.; – 2022- по теперішній час.

Перший етап – 1992-2000 рр. – характеризується формуванням мережі мисливських господарств державної форми власності. Україна з набуттям Незалежності отримала у спадок радянську систему мисливського господарства, де основними користувачами мисливських угідь були УТМР (Українське товариство мисливців і рибалок), Державні мисливські господарства (ДМГ) та мисливські господарства лісгосподарських підприємств (ДЛГ). Площа мисливських угідь Житомирської області станом на 01.01.1993 року становила 2659,7 тис га. Левова частка цих угідь (1699,0 тис га) була закріплена за 396 первинними мисливськими колективами УТМР, які нараховували 18314 членів [10]. Рішенням другої сесії XXII скликання Житомирської обласної ради народних депутатів від 29.09.1994 р. «Про закріплення мисливських угідь на території Житомирської області» проведено перезакріплення мисливських угідь (1460,8 тис. га) 22 районних організацій УТМР.

З метою поліпшення ведення мисливського господарства, удосконалення його організаційної структури та підвищення продуктивності угідь, більш повного здійснення заходів з охорони і раціонального використання мисливських ресурсів, підвищенню продуктивності закріплених угідь на території області відбувається

поступова реорганізація існуючих та створення нових мисливських господарств. Станом на 1993 рік загалом було створено 9 мисливських господарств, а саме: «Тригірське» (19,5 тис. га) – Гарнізонної ради військових мисливців; «В'юнки» (54,7 тис. га) – Обласної ради УТМР та 7 мисливських господарств Державного об'єднання «Житомирліс» (320,3 тис. га) – «Коростишівське» (45,2 тис. га), «Новоград-Волинське» (70,8 тис. га), «Радомишльське» (58,1 тис. га), «Ушомирське» (70,3 тис. га), «Яременківське» (37,7 тис. га) (перейменовано в пам'ять першого директора ДМГ «Зарічанське» Б.М. Яременка, який зробив значний внесок у розвиток господарства і трагічно загинув від рук бракон'єрів у січні 1993 року), «Південне» (20,2 тис. га), «Попільнянське» (18,0 тис. га) [10]. У 1996 році функціонувало вже 17 мисливських господарств. Зростання кількості суб'єктів господарювання відбулося за рахунок підприємств Державного об'єднання «Житомирліс» (з 7 до 15). Варто також зазначити, що в цей період користувачем мисливських угідь вважався і Поліський природний заповідник (20,1 тис. га), щоправда сумарні витрати на ведення мисливського господарства були скеровані виключно на охорону та відтворення державного мисливського фонду [21]. Станом на 1996 рік загальна площа наданих у користування мисливських угідь (2179,1 тис. га) розподілилась наступним чином: УТМР – 1512,4 тис. га (69,41%), ДО «Житомирліс» – 648,3 тис. га (29,75%), МГ ТВМР «Тригірське» – 18,4 тис. га (0,84%). У 1999 році, після чергової реорганізації, сформувалася остаточна мережа державних лісомисливських (4 ЛМГ) та лісогосподарських (14 ЛГ) підприємств, які стали користувачами 684,5 тис. га мисливських угідь області (табл. 1).

Таблиця 1

**Розподіл площі (тис. га) наданих у користування мисливських угідь
Житомирської області різним суб'єктам господарювання**

Рік	УТМР	ДП «Ліси України»	Житомирська гарнізонна організація ТВМР ЗСУ	Інші користувачі	Разом
1996	23*	16	1	-	40
	1512,4 / 69,41**	648,3 / 29,75	18,4 / 0,84	- / -	2179,1
2000	23	18	1	-	42
	1512,4 / 68,27	684,5 / 30,90	18,4 / 0,83	- / -	2215,3
2005	23	18	1	6	48
	1501,8 / 65,50	645,6 / 28,16	17,0 / 0,74	128,4 / 5,60	2292,8
2010	1(14)+8***	18	1	45	73
	1043,7 / 49,11	565,2 / 26,70	17,0 / 0,80	490,8 / 23,19	2116,7
2015	1(14)+8	17	1	61	88
	1081,9 / 50,47	400,3 / 18,67	17,0 / 0,79	644,5 / 30,06	2143,7
2020	1(14)+8	14	1	73	97
	1081,9 / 50,82	321,9 / 15,12	18,5 / 0,87	706,7 / 33,19	2129,0
2024	1(14)+8	12	1	77	99
	1022,1 / 48,72	295,7 / 14,10	18,5 / 0,88	761,5 / 36,30	2097,8

*Примітки. * – кількість суб'єктів господарювання, шт.; ** – площа наданих у користування мисливських угідь / частка від загальної площі, (тис. га / %); *** – де-юре УТМР представлено 9 суб'єктами господарювання – Обласною організацією УТМР та 8 районними, однак до ОО УТМР входить 14 районних організацій, які не мають юридичного статусу, проте де-факто є повноцінними мисливсько-господарськими одиницями.*

Другий етап – *2001-2010 рр.* – ознаменувався початком формування мережі приватних мисливських господарств і в першу чергу за рахунок мисливських угідь УТМР. У цей період площа мисливських угідь обласної організації (ОО) УТМР скоротилася майже на третину: з 1512,4 тис. га у 2000 році до 1043,7 тис. га у 2010 році. У 2000 році ОО УТМР включала 22 районні організації (РО) та МГ «В'юнки» (з 2009 року ТОВ «УТМР»). Формально, станом на 2010 рік, функціонувало 22 РО УТМР, проте 8 районних організацій стали юридичними особами, а, решта, 14 залишилися у складі ОО УТМР. У цей період, у зв'язку з нерентабельністю мисливсько-господарського виробництва, почали частково відмовлятися від користування мисливськими угіддями і ДЛГ. Кількість суб'єктів господарювання не змінилася, проте площа за десятиліття зменшилася з 684,5 тис. га до 565,2 тис. га. Мисливські угіддя, які вивільнилися, почали активно брати у користування приватні структури. Першими господарствами, які отримали рішення Житомирської обласної ради про надання у користування мисливських угідь були МРК «Халзан» (19.11.2001 р.), Коростенське ТМР (18.07.2003 р.), СФГ «Земля Полісся» (23.04.2004 р.), ТОВ «Призма-3» (14.10.2004 р.), Коростишівський МК (25.04.2005 р.), ТОВ «СМГ «Ушомир» (26.07.2005 р.). У наступні роки інтенсивність процесу створення приватних мисливських господарств лише посилювалася і, як наслідок, у 2010 році уже функціонувало 45 таких підприємств, а частка наданих у користування угідь становила 23,19% (490,8 тис. га), тобто, за період 2001-2010 рр. майже чверть мисливських угідь Житомирської області перейшло у користування до приватних структур (див. табл. 1).

Третій етап – *2011-2021 рр.* – можна охарактеризувати як період подальшої розбудови мережі приватних мисливських господарств. Якщо у попередній період основним донором мисливських угідь для приватних господарств було УТМР, то наразі ними стають державні лісгосподарські підприємства Обласного управління лісового і мисливського господарства (ОУЛМГ), які частково, або повністю відмовляються від ведення мисливського господарства на своїй території. Показовим може бути приклад ДП «Коростенське ЛМГ», яке з 2015 року не мало у користуванні жодного гектара мисливських угідь. До 2020 року також повністю відмовилися від користування мисливськими угіддями ДП «Малинське ЛГ», ДП «Коростишівське ЛГ» та ДП «Бердичівське ЛГ». Загалом, за цей період, площі мисливських угідь наданих у користування державним підприємствам скоротилися приблизно на 40%, з 565,2 тис. га до 321,9 тис. га. Натомість, за аналогічний період зросла до 73 кількість приватних структур, які вже володіли 706,7 тис. га (у 2010 р. було 490,8 тис. га), або 33,19% загального фонду наданих у користування мисливських угідь області (див. табл. 1). Станом на 2015 рік УТМР володіло в Житомирській області 50,47% площі мисливських угідь, ОУЛМГ – 18,67%, решта – 30,85% – інші користувачі. Для порівняння: МГ системи УТМР у 2015 році на території Полтавської та Запорізької областей, володіли, відповідно, 51,06% та 82,86% площі мисливських угідь. Площа угідь наданих державним підприємствам становила 7,85% в Полтавській та 10,86% у Запорізькій областях. Інші користувачі (ГО – 21, ТОВ – 15, ПП – 5) вели мисливське господарство на 41,09% площі мисливських угідь Полтавської області та на 6,32% мисливських угідь Запорізької області (6 суб'єктів господарювання) [14]. У 2017 році у Львівській області налічувалося 79 користувачів мисливських угідь на площі 1 млн 628 тис. га. Розподіл за суб'єктами господарювання наступний: 15 підприємств Львівського ОУЛМГ (23%), 15 організацій УТМР (23%), 10 товариств Львівського ОТМР «Лісівник» (19%), 1 мисливське господарство ТВМР ЗСУ (1%), 2 господарства ФСТ

«Динамо» (2%), 12 ГО (19%) та 24 мисливських організацій інших форм власності (13%) [26]. Для Чернігівської області, того ж року, співвідношення наданих у користування мисливських угідь було наступне: ОУЛМГ – 8%, УТМР – 67%, МГ інших форм власності – 25% [3]. Таким чином, мережа мисливських господарств УТМР за площами наданих у користування мисливських угідь фактично займала монопольне становище у більшості регіонів України.

Четвертий етап – з 2022 року до тепер – це період функціонування мисливської галузі в умовах воєнного стану. Об’єктивні чинники обмеження діяльності мисливських господарств, особливо наслідки заборони (повної або часткової) полювання, тільки загострили кризові явища у галузі [19] та спонукали до прийняття оновленої «Стратегії розвитку галузі мисливського господарства України на період до 2035 року» [37]. Ціла низка структурних реорганізацій та трансформацій у лісовій галузі також не сприяли розвитку мисливського господарства. Неготовність до подолання викликів сьогодення та ведення менеджменту в складних умовах сучасності тільки підсилює процеси поступової руйнації системи господарств УТМР. Першою серйозною ознакою негативних тенденцій може стати доля Смільчинської РО УТМР, площа угідь якої на початку 2022 року становила 100,7 тис. га, а у 2025 зменшилася до 40,8 тис. га. Приватні мисливські господарства є більш гнучкими у прийнятті рішень та мають відповідні ресурси для ведення мисливсько-господарської діяльності. Лише за неповних 3 роки (2022-2024 рр.) їм було передано у користування 54,8 тис. га мисливських угідь, у той час як державні підприємства втратили 26,2 тис. га, а УТМР – 59,8 тис. га (див. табл. 1).

Варто також звернути увагу на користувачів мисливських угідь як на суб’єктів різних організаційно-правових форм господарювання [16], що дозволить оцінити рівень концентрації та ступінь ефективності використання мисливських ресурсів, домінування окремих форм та ефективність інституційного розподілу (табл. 2).

Перш за все, спостерігається високий рівень концентрації мисливських угідь у громадському секторі. ГО (43 суб’єкти) користуються 1451,2 тис. га мисливських угідь, що становить 69,18% від загальної площі. Це свідчить про домінування неприбуткових форм господарювання у сфері мисливсько-господарського виробництва. Особливо значущою залишається частка структури УТМР, яка контролює 1022,1 тис. га (48,72%), тобто майже половину всіх мисливських угідь Житомирської області. Така ситуація вказує на високу монополізацію в межах громадського сектору, що може мати як позитивні (єдина політика управління, досвід), так і негативні (обмеження внутрішньої та посилення зовнішньої конкуренції, а також низька управлінська гнучкість, яка орієнтується на центр) наслідки.

Державний сектор представлений одним суб’єктом – ДП «Ліси України», яке через 12 філій охоплює 295,7 тис. га (14,10%). Це відносно невелика частка, особливо, якщо врахувати, що у 1996 році вона становила 29,75%, що свідчить наразі про обмежену роль держави у прямому користуванні мисливськими угіддями та переважання делегування цих функцій іншим формам господарювання.

Комерційний сектор (ТОВ, ПП, СФГ) у сукупності охоплює 350,9 тис. га або близько 16,72% площі мисливських угідь. Найбільшу частку серед них займають ТОВ – 334,0 тис. га (15,92%) при 33 суб’єктах. Це свідчить про помірний розвиток підприємницького сегмента, однак його вплив значно поступається громадським організаціям. Приватні підприємства та фермерські господарства мають мінімальні частки (разом менше 1%), що вказує на їх маргінальну роль у системі користування угіддями.

Таблиця 2

**Розподіл площі наданих у користування мисливських угідь
Житомирської області між суб'єктами різних організаційно-правових форм
господарювання (станом на 01.01.2025 р.)**

№ з/п	Організаційно-правові форми господарювання	Кількість, шт	Площа наданих у користування мисливських угідь, тис. га	Частка від загальної площі мисливських угідь, %	Примітка
1.	ДП (Державне підприємство «Ліси України»)	1	295,7	14,10	12 філій
2.	ГО (Громадська організація)	43	1451,2	69,18	
	– у тому числі «УТМР»	1	1022,1	48,72	1 обласна та 8 районних, які керуються єдиним Статутом [36]
3.	ТОВ (Товариство з обмеженою відповідальністю)	33	334,0	15,92	
4.	ПП (Приватне підприємство)	2	9,9	0,47	
5.	СФГ (Селянське (фермерське) господарство)	1	7,0	0,33	
	Разом	81	2097,8	100,00	

Окремі господарства упродовж свого існування декілька разів змінювали організаційно-правову форму. Мова йде, до прикладу, про Товариство військових мисливців і рибалок, яке у 1993 році називалося мисливським господарством Гарнізонної ради військових мисливців «Тригірське», яке за своєю суттю нагадувало УТМР. Згодом воно змінило назву на Тригірське МГ ТВМР ЗСУ (2004-2007 рр.), у подальшому стало Дочірнім підприємством «Тригірське ВМГ» ТВМР ЗСУ (2008-2016 рр.), а нині – ГО «Житомирська гарнізонна організація ТВМР ЗСУ» (з 2017 р.).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Трансформація організаційної структури мисливського господарства Житомирської області зумовлена глибокими економічними, інституційними та екологічними змінами, що відбувалися упродовж 1992–2024 рр. та має чітко виражений поетапний характер, що відображає загальнодержавні тенденції розвитку галузі. За цей період галузь еволюціонувала від домінування державних і громадських форм до посилення ролі приватного сектору, що супроводжувалося перерозподілом мисливських угідь і зміною підходів до управління ресурсами. Водночас, незважаючи на активне зростання кількості приватних користувачів, домінуючі позиції зберігають громадські організації, зокрема УТМР, що свідчить про високий рівень концентрації ресурсів і часткову монополізацію в межах галузі. Виявлено, що розширення приватного сектору супроводжується підвищенням управлінської гнучкості, однак не забезпечує суттєвого перерозподілу впливу в структурі користування

мисливськими угіддями. Скорочення участі держави у безпосередньому веденні мисливського господарства та її переорієнтація на регуляторні функції зумовлюють необхідність підвищення ефективності інституційного контролю. Додатковим дестабілізуючим чинником виступають сучасні виклики, пов'язані з воєнним станом, які посилюють кризові тенденції, особливо у секторі громадських організацій. Загалом сучасна модель організації мисливського господарства характеризується структурною асиметрією, недостатньою збалансованістю та потребує подальшого вдосконалення.

Подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на поглиблений аналіз ефективності використання мисливських угідь різними організаційно-правовими формами господарювання з урахуванням економічних, екологічних і соціальних показників. Важливим є також вивчення механізмів взаємодії між державними, громадськими та приватними суб'єктами. Окремої уваги потребує оцінка впливу воєнного стану на функціонування галузі та трансформацію її організаційної структури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бондаренко В.Д., Різун Е.М. Актуальні питання стану і ведення мисливського господарства в Україні та можливі напрями їх вирішення. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2016. Вип. 14. С. 180–184.
2. Василюк О., Ільмінська Л. Екосистемні послуги. Огляд. Київ: БО «БФ «Фонд захисту біорізноманіття України», 2020. 84 с.
3. Виговська В.В., Музика В.В., Малей Е.Б. Сучасний стан мисливського господарства Чернігівської області: проблеми та шляхи їх вирішення. *Науковий вісник Полісся*. 2019. № 1(17). С. 118–125.
4. Гонта О., Музика В. Європейський досвід ведення мисливського господарства: перспективи для України. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2019. № 3(19). С. 113–125.
5. Гонта О.І., Музика В.В. Проблеми та перспективи розвитку мисливського туризму в Україні. *Економіка і управління*. 2020. № 1. С. 25–36.
6. Данилюк Л.Р. Мисливське господарство: поняття, особливості, завдання та функції. *Актуальні проблеми вдосконалення чинного законодавства України*. 2014. Вип. 34. С. 241–250.
7. Данилюк Л.Р. Правовий режим мисливських природних ресурсів в Україні : монографія. Івано-Франківськ : Прикарпат. нац. ун-т ім. Василя Стефаника, 2017. 176 с.
8. Дейнека А.М., Бурмас В.Р. Стан і перспективи розвитку мисливського господарства. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.13. С. 78–94.
9. Дмитренко А.А. Етнокультурні традиції мисливського промислу Житомирського Полісся. *Наук. вісн. Східноєвроп. нац. унів. ірситету ім. Лесі Українки. Серія: Історичні науки*. 2013. № 12(261). С. 185–190.
10. Довідник природних ресурсів Житомирщини / Укладач О.Я. Поліщук. Житомир: Редакційно-видавниче ДП «Льонок», 1993. 142 с.
11. Завадських Г.М. Європейський досвід та розвиток мисливського господарства України. *Збірник наукових праць ТДАТУ імені Дмитра Моторного (економічні науки)*. 2023. № 3(49). С. 148–154.
12. Завадських Г.М., Нехай В.В. Теоретико-методологічні підходи до аналізу доходів і витрат мисливських господарств України. *Збірник наукових праць ТДАТУ ім. Дмитра Моторного (економ. науки)*. 2024. № 1(50). С. 26–32.
13. Загороднюк І. Мисливствознавство та мисливські лабораторії в Україні за 100 років: трансформації ідей та інституцій. *Theriology Ukrainica*. 2024. № 27. С. 146–169.

14. Катиш С.В. Дичерозведення на території лісостепової і степової зон України (на прикладі Полтавської і Запорізької областей). *Біологічні системи*. 2016. Т.8, вип. 2. С. 219–227.
15. Кичко І.І., Гонта О.І., Музика В.В. Еколого-економічні імперативи розвитку лісового, мисливського, водного господарства в Україні. *Інноваційна економіка*. 2021. № 3-4. С. 79–86.
16. Класифікатор організаційно-правових форм господарювання. Видання офіційне. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 25 с.
17. Ковтун Д. Концепція екосистемних послуг та формування правових засад монетизації послуг, що надаються лісовими екосистемами, в умовах збройної агресії російської федерації проти України. *Юридичний вісник*. 2024. № 4. С. 225–234.
18. Кратюк О.Л., Хоєцький П.Б. Соціальне значення мисливства. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2010. Вип. 20.15. С. 344–351.
19. Кратюк О.Л., Власюк В.П., Воробей В.П. Екологічні аспекти організації мисливсько-господарського виробництва Житомирської районної організації УТМР. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 142. С. 291–299.
20. Кульчицька, Е. Міжнародні тенденції розвитку мисливського туризму. *Вісник Львівського університету. Серія міжнародні відносини*. 2014. Вип. 34. С. 151–159.
21. Ліси України. Державна програма по Житомирській області на період 2002-2015 роки. Житомир. 198 с.
22. Медвідь Л.Г., Говда Г.А. Організація і методика обліку матеріальних витрат у мисливських господарствах. *Торгівля, комерція, підприємництво*. 2012. Вип. 14. С. 120–133.
23. Музика В., Гонта О. Оцінювання сучасного стану розвитку мисливського господарства України. *Галицький економічний вісник*. 2020. № 6(67). С. 19–22.
24. Муравйов Ю.В. Планування мисливськогосподарської діяльності як інструмент реалізації екологічної та лісової політик. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2006. Т.16, № 2. С. 38–41.
25. Муравйов Ю.В. Дослідження витрат і джерел надходжень від ведення мисливського господарства Львівської області. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т.29, № 4. С. 50–52.
26. Муравйов Ю.В. Дослідження розподілу мисливських угідь Львівської області. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т.29, № 4. С. 72–74.
27. Муравйов Ю.В., Хоєцький П.Б. Аналіз ведення мисливського господарства та шляхи підвищення його ефективності. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Т. 21, № 1. С. 23–29.
28. Новицький В.П., Голубев М.І. Управління мисливськими ресурсами агроландшафтів України та зарубіжжя: господарсько-правові аспекти. *Наукові доповіді НУБіП України* (електр. журн.) 2016. № 5(62). Режим доступу: <https://scireports.com.ua/uk/journals/tom-62-4-2016>
29. Новицький В. Нормативне забезпечення мисливського господарства: штрихи до «розмитой» картини. *Полювання та риболовля*. 2017. № 7(189). С. 6.
30. Новицький В.П. Мисливські ресурси агроландшафтів України: стан та проблематика управлінням (на прикладі лісостепової зони) : монографія. Київ : УкрДГРІ, 2020. 221 с.
31. Портянник С.В., Мерчанський В.В. Екотуризм та мисливське господарство в Україні: аналіз розвитку та прогноз на майбутнє. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Серія «Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм»*. 2024. № 19. С. 98–111.
32. Проект моделі реформування і розвитку мисливського господарства України. Жовтень 2015. [Електронний ресурс] / М.О. Мироненко та ін. URL: <https://www.slideshare.net/enpifleg/ss-65435331>.

33. Прус Ю.О. Аналіз сучасного стану ресурсів мисливських господарств України. *Збірник наукових праць ТДАТУ імені Дмитра Моторного (економічні науки)*. 2023. № 3(49). С. 155–168.

34. Савченко Т. Методологічне забезпечення державного управління розвитком мисливського господарства. *Науковий вісник: Державне управління*. 2021. № 3(9). С. 163–174.

35. Соболевська О.О. Формування доходів мисливських господарств Запорізької області. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія «Економічні науки»*. 2021. № 23(97), С. 41–47.

36. Статут Громадської організації «Українське товариство мисливців і рибалок»: [затв. Позачерговим з'їздом УТМР від 25.03.2024 р., протокол № 1]. Київ, 2024. 33 с. URL: <https://utmr.org.ua/pro-nas/statut>

37. Стратегія розвитку галузі мисливського господарства України на період до 2035 року: Розпорядження КМУ від 21.05.2025 р. № 489-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/489-2025-%D1%80#n12>

38. Шейгас І.М. Особливості та перспективи розвитку мисливського господарства України у період реформування галузі. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2006. Вип. 16.3. С. 47–52.

39. Щербина І.О., Наконечний І.В. Еколого-економічні шляхи оптимізації структурно-функціональної організації системи мисливського господарства України. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016. Вип. 14. С. 697–702.

40. Яворська А.В. Мисливське господарство як напрям розвитку місцевих промислів. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2013. № 1-2(2). С. 355–363.

41. Яворська А.В. Економіко-статистичні аспекти ведення мисливського господарства в Житомирській області. *Економічний аналіз*. 2013. Том 13. С. 409–414.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Аверчева Н.О.	191	Засєць С.О.	132
Авраменко С.В.	11	Залізник Я.І.	367
Антонов М.Д.	296	Зюзько Л.Г.	143
Баган А.В.	24	Іванченко О.М.	173
Бакланова Т.В.	86	Каламбет В.В.	150
Балабак А.В.	307	Калинка А.К.	251
Балабак О.О.	307	Каратєєва О.І.	261
Балабанова І.О.	200	Карпенко О.В.	273
Бедункова О.О.	314	Карпій С.Є.	296
Белоконь К.В.	341	Кецкало В.В.	159
Білокобильська А.І.	31	Киричок О.О.	166
Бойко Т.О.	323	Клименко М.О.	373
Борщенко В.В.	207	Ключевич М.М.	184
Боцула Р.П.	105	Кобернюк В.В.	207
Буглак С.Ю.	373	Когут І.М.	52
Булах А.О.	41	Козечко В.І.	173
Бурикїна С.І.	52	Корбич Н.М.	191
Вербельчук С.П.	207	Кравченко Н.В.	184
Вербельчук Т.В.	207	Кравченко Ю.О.	105
Вергелес П.М.	64	Крамаренко О.С.	261
Власенко С.В.	132	Крамаренко С.С.	261
Власюк В.П.	386	Кратюк О.Л.	386
Вознюк Р.Р.	227	Кроковний В.В.	307
Вознюк С.А.	279	Куриленко Ю.Ф.	227
Войтїк А.В.	76	Кушнеренко В.Г.	191
Воронкова В.Г.	341	Лавринюк О.О.	207
Гамаюнова В.В.	86	Мальований М.С.	296
Гангур В.В.	150	Метеленко Н.Г.	341
Гинга Д.Е.	97	Можарівська І.А.	184
Григораш С.В.	307	Мотузна О.Є.	323
Гуменюк О.В.	64	Обертюх Ю.В.	207
Гущук В.І.	286	Оглоблїна В.О.	341
Демчинська М.І.	76	Огороднічук Г.М.	241
Добренький О.А.	11	Огурцов Ю.Є.	31
Доля М.М.	105	Опальчук Р.М.	105
Єремко Л.С.	113	Пелех Л.В.	358
Жуйков О.Г.	121	Пелих Н.Л.	200
Жук М.М.	235	Перепелиця М.Р.	307
Забарна Т.А.	358	Позняковський Ю.В.	227
Забарний О.С.	358	Поливаний А.Д.	76
Загамула Ю.І.	241	Приходько В.О.	97

Руденко В.А.	52	Шевченко С.М.	173
Руденок О.О.	113	Щетина С.В.	159
Сергєєв Л.А.	52	Юрченко А.І.	341
Середюк В.Ю.	121	Якубенко Ю.Л.	173
Смірнова І.В.	86	Averchev O.V.	3
Ужевська С.П.	52	Holovko A.A.	351
Улізько В.М.	24	Nikitenko M.P.	3
Фурдига М.М.	184	Viter N.G.	333
Ціпан Ю.Р.	314		

ЗМІСТ

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО	3
Averchev O.V., Nikitenko M.P. Influence of agroclimatic factors and adaptive technologies on the productivity of buckwheat and millet in the Southern Steppe of Ukraine.....	3
Авраменко С.В., Добренський О.А. Вплив фоліарного внесення етиленаміну бору на продуктивність соняшнику в умовах Степу України	11
Баган А.В., Улізько В.М. Формування урожайності середньоранніх гібридів кукурудзи залежно від позакореневого підживлення (<i>Zea mays</i> L.).....	24
Білокобильська А.І., Огурцов Ю.Є. Вплив передпосівної обробки насіння стимуляторами росту і мікродобривами на урожайність ліній соняшника.....	31
Булах А.О. Вплив елементів агротехнології на формування елементів продуктивності гібридів ріпаку озимого різних генотипів в умовах Західного Лісостепу України.....	41
Бурикiна С.І., Сергєєв Л.А., Ужєвська С.П., Когут І.М., Руденко В.А. Перегнiй iз вiдпрацьованого грибногo субстрату в технологiї вирощування пшеницi озимoi.....	52
Вєргєлес П.М., Гуменюк О.В. Ефективність біологічних систем захисту томату у формуванні якості урожаю за вирощування в тепличних умовах на крапельному зрошенні.....	64
Войтiк А.В., Демчинська М.І., Поливаний А.Д. Розробка та застосування біополімерів у сільському господарстві для підвищення стійкості ґрунтів	76
Гамаюнова В.В., Бакланова Т.В., Смірнова І.В. Амінокислотна цінність білка зерна за мінерального удобрення: порівняльний аналіз культур.....	86
Гинга Д.Є., Приходько В.О. Формування продуктивності насіннєвої кукурудзи на зерно за різних технологій вирощування в Правобережному Лісостепу України.....	97
Доля М.М., Опальчук Р.М., Боцула Р.П., Кравченко Ю.О. Особливості моніторингу і контролю шкідливих видів комах-фітофагів за no-till на фоні післядії діючої речовини флорасулам у польових сівозмінах України.....	105
Єремко Л.С., Руденко О.О. Вплив елементів технології вирощування на урожайність насіння сої.....	113
Жуйков О.Г., Середюк В.Ю. Вплив алгоритмів гербіцидного захисту за системою Clearfield® на формування комплексу фенологічних та біометричних показників соняшника	121
Засєч С.О., Власенко С.В. Осінній розвиток рослин різних сортів пшениці озимoi залежно від строків сiвби в умовах Пiвденного Степу України....	132
Зюзько Л.Г. Особливості використання мікродобрив у позакореновому підживленні сої в умовах Лісостепу Правобережного.....	143
Каламбет В.В., Гангур В.В. Біологічні особливості гібридів соняшнику (<i>Helianthus annuus</i> L.) та їх роль у формуванні кількісних і якісних показників врожаю.....	150
Кецкало В.В., Щетина С.В. Сортівi вiдмiнностi та формування врожайностi петрушки листової (<i>Petroselinum crispum</i>) у Правобережному Лісостепу України.....	159

Киричок О.О. Вплив мінерального живлення та системи захисту посівів на урожайність ячменю ярого.....	166
Козечко В.І., Шевченко С.М., Якубенко Ю.Л., Іванченко О.М. Господарсько-економічна ефективність різних норм робочого розчину та доз гербіциду при внесенні агродроном.....	173
Кравченко Н.В., Фурдига М.М., Ключевич М.М., Можарівська І.А. FAO і сталий розвиток картоплярства: міжнародний досвід для аграрного маркетингу	184
ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	191
Аверчева Н.О., Корбич Н.М., Кушнеренко В.Г. Організаційно-економічне обґрунтування створення малого козівничого господарства	191
Балабанова І.О., Пелих Н.Л. Ефективність вирощування свиней різних генотипів	200
Борщенко В.В., Обертюх Ю.В., Вербельчук С.П., Вербельчук Т.В., Кобернюк В.В., Лавринюк О.О. Калькулятор рецептів кормів для риб – практичний інструментарій оптимізації їх годівлі	207
Вознюк Р.Р., Позняковський Ю.В., Куриленко Ю.Ф. Використання високобілкового соняшникового концентрату при вирощуванні молоді кларієвого сома (<i>Clarias gariepinus</i>).....	227
Жук М.М. Вплив технологічних заходів вирощування агроценозів жита озимого з горошком паннонським на якісні показники сировини для заготівлі сінажу.....	235
Загамула Ю.І., Огороднічук Г.М. Інтенсивність росту та гематологічні показники свиней на дорощуванні за згодовування кормового підкислювача «Кормоцид».....	241
Калинка А.К. Продуктивність бугайців різних генотипів нової популяції буковинського зонального типу м'ясного комолого симнеталу на підсисі в умовах передгірської зони Карпатського регіону Буковини	251
Каратєєва О.І., Крамаренко О.С., Крамаренко С.С. Вплив масо-метричних ознак на раннє вибракування корів молочних порід	261
Карпенко О.В. Оцінка ефективності застосування вітамінного комплексу для підвищення яєчної продуктивності курей-несучок в умовах фермерських господарств півдня України.....	273
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ	279
Вознюк С.А. Якісна оцінка родючості темно-сірих опідзолених ґрунтів малого фермерського господарства Рівненського району в умовах короткочасної сівозміни.....	279
Гущук В.І. Моніторинг забруднення ґрунтів радіонуклідом ¹³⁷ Cs на території Сарненського району Рівненської області	286
ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА	294
Антонов М.Д., Мальований М.С., Карпій С.Є. Паливно-енергетичний комплекс як деструктивний чинник кліматичних змін в Україні: загальна характеристика, тенденції та перспективи.....	294
Балабак А.В., Перепелиця М.Р., Григораш С.В., Кроковий В.В., Балабак О.О. Екологічна роль деревних насаджень у формуванні та оптимізації урбанізованих ландшафтів	305

Бедункова О.О., Ціпан Ю.Р. Целюлозолітична активність та щільність ґрунтів лісових екосистем за градієнтом антропогенного навантаження	312
Бойко Т.О., Мотузна О.Є. Принципи та проєктні рішення формування рекреаційної зони в умовах міського середовища	321
Viter N.G. Biological features of the structure and functions of field protective forest belts of the Right-Bank Forest-Step.....	331
Воронкова В.Г., Белоконь К.В., Метеленко Н.Г., Оглобліна В.О., Юрченко А.І. Технологічна модернізація процесів переробки ПЕТ-пляшок як важливий чинник забезпечення сталого розвитку сучасного виробництва	339
Holovko A.A. European experience in spirulina cultivation as an innovative direction in aquaculture.....	349
Забарний О.С., Забарна Т.А., Пелех Л.В. Аналіз світового досвіду ремедіації радіоактивно забруднених ґрунтів	356
Залізняк Я.І. Просторова мінливість вмісту завислих речовин вздовж течії Південного Бугу	365
Клименко М.О., Буглак С.Ю. Вплив вмісту мікроелементів в ґрунтах на захворюваність населення Рівненської області на цукровий діабет	371
Кратюк О.Л., Власюк В.П. Еколого-економічні аспекти трансформації організаційної структури користувачів мисливських угідь Житомирської області.....	384

CONTENTS

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING.....	3
Averchev O.V., Nikitenko M.P. Influence of agroclimatic factors and adaptive technologies on the productivity of buckwheat and millet in the Southern Steppe of Ukraine.....	3
Avramenko S.V., Dobrenkyi O.A. Effect of foliar boron ethylene-amin application on sunflower productivity in the Ukrainian Steppe	11
Bahan A.V., Ulizko V.M. Formation of yield of medium-early corn hybrids depending on foliar feeding (<i>Zea mays</i> L.).....	24
Bilokobylska A.I., Ogurtsov Yu.Ye. Effect of Pre-Sowing Seed Treatment with Growth Regulators and Micronutrients on the Yield of Sunflower Lines	31
Bulakh A.O. Influence of agricultural technology elements on the formation of productivity elements of winter rape hybrids of different genotypes in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine	41
Burykina S.I., Serhieiev L.A., Uzhevskaya S.P., Kohut I.M., Rudenko V.A. Humus from the processed mushroom substrate in the technology of growing winter wheat	52
Verheles P.M., Humeniuk O.V. Effectiveness of biological protection systems for tomato in yield quality formation under greenhouse cultivation with drip irrigation	64
Voitik A.V., Demchynska M.I., Polyvanyi A.D. Development and application of biopolymers in agriculture to increase soil resistance.....	76
Hamaionova V.V., Baklanova T.V., Smirnova I.V. Amino acid value of grain protein under mineral fertilization: a comparative analysis of crops.....	86
Hynha D.E., Prykhodko V.O. Formation of productivity of seed maize for grain under different cultivation technologies in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine ...	97
Dolia M.M., Opalchuk R.M., Botsula R.P., Kravchenko Yu.O. Features of Monitoring and Control of Harmful Phytophagous Insect Species under No-Till Conditions against the Background of the Residual Effect of the Active Substance Florasulam in Field Crop Rotations of Ukraine.....	105
Yeremko L.S., Rudenok O.O. The effect of cultivation technology elements on soybean seed yield	113
Zhuikov O.H., Serediuk V.Yu. The influence of herbicide protection algorithms according to the Clearfield® system on the formation of a complex of phenological and biometric indicators of sunflower.....	121
Zaiets S.O., Vlasenko S.V. Autumn plant development of different varieties of winter wheat depending on sowing dates in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.....	132
Ziuzko L.H. Features of the use of microfertilizers in foliar feeding of soybeans in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe.....	143
Kalambet V.V., Hanhur V.V. Biological characteristics of sunflower hybrids (<i>Helianthus annuus</i> L.) and their role in the formation of quantitative and qualitative harvest indicators.....	150
Ketskalo V.V., Shchetyna S.V. Varieties and yield formation of leaf parsley (<i>Petroselinum crispum</i>) in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	159

Kyrychok O.O. Influence of Mineral Nutrition and Crop Protection System on Spring Barley Yield.....	166
Kozechko V.I., Sevchenko S.M., Yakubenko Yu.L., Ivanchenko O.M. Efficiency of different rates of working solution and herbicide doses when applied by agricultural drone.....	173
Kravchenko N.V., Furdyga M.M., Kliuchevych M.M., Mozharivska I.A. FAO and sustainable potato development: international experience for agricultural marketing	184
ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS	191
Avercheva N.O., Korbych N.M., Kushnerenko V.H. Organizational and economic justification for establishing a small-scale goat farming enterprise.....	191
Balabanova I.O., Pelikh N.L. Efficiency of raising pigs of different genotypes	200
Borshchenko V.V., Obertukh Yu.V., Verbelchuk S.P., Verbelchuk T.V., Koberniuk V.V., Lavryniuk O.O. Fish feed recipe calculator – a practical tool for feeding optimization.....	207
Vozniuk R.R., Poznyakovsky Yu.V., Kurylenko Yu.F. Use of high-protein sunflower concentrate in rearing juvenile African catfish (<i>Clarias gariepinus</i>).....	227
Zhuk M.M. Influence of technological measures in cultivation of agrocenoses of winter rye with Hungarian Vetch on the quality indicators of raw materials for hylagen processing	235
Zahamula Yu.I., Ohorodnichuk H.M. Growth intensity and hematological parameters of pigs during the rearing period when fed the feed acidifier “Kormocid”.....	241
Kalinka A.K. Productivity of bugayts of different genotypes of the new population of the Bukovyn zonal type of meat common simnetal on the subsoil in the conditions of the footmountain zone of the Carpathian region of Bukovyn.....	251
Karatcieva O.I., Kramarenko O.S., Kramarenko S.S. The effect of body weight and morphometric traits on early culling of dairy cows	261
Karpenko O.V. Evaluation of the effectiveness of using a vitamin complex to increase egg production of laying hens in the conditions of farms in Southern Ukraine	273
MELIORATION AND SOIL FERTILITY	279
Vozniuk S.A. Qualitative Assessment of Dark Grey Podzolized Soil Fertility on a Small Private Farm of Rivne District under Short-Rotation Crop Sequence Conditions.....	279
Hushchuk V.I. Monitoring of soil contamination by the radionuclide ¹³⁷ Cs in the Sarny district of the Rivne region	286
ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE	294
Antonov M.D., Malovanny M.S., Karpiy S.Ye. The fuel and energy complex as a destructive factor of climate change in Ukraine: general characteristics, trends and prospects.....	294
Balabak A.V., Perepelytsia M.R., Hryhorash S.V., Krokovnyi V.V., Balabak O.O. Ecological role of woody plantings in the formation and optimization of urbanized landscapes	305

Biedunkova O.O., Tsipan Yu.R. Cellulolytic activity and bulk density of forest soils along an anthropogenic load gradient.....	312
Boiko T.O., Motuzna O.Ye. Principles and design solutions for the formation of a recreational zone in an urban environment.....	321
Viter N.G. Biological features of the structure and functions of field protective forest belts of the Right-Bank Forest-Steppe.....	331
Voronkova V.G., Belokon K.V., Metelenko N.G., Ogloblina V.O., Yurchenko A.I. Technological modernization of pet bottle processing as an important factor in ensuring the sustainable development of modern manufacturing	339
Holovko A.A. European experience in spirulina cultivation as an innovative direction in aquaculture.....	349
Zabarnyi O.S., Zabarna T.A., Pelekh L.V. Analysis of international experience in the remediation of radioactively contaminated soils	356
Zalizniak Ya.I. Spatial variability of suspended solids content along the Southern Bug River.....	365
Klymenko M.O., Buhlak S.Yu. Impact of the content of trace elements in soils on the incidence of diabetes mellitus among the population of Rivne region.....	371
Kratiuk O.L., Vlasiuk V.P. Ecological and Economic Aspects of the Transformation of the Organizational Structure of Hunting Grounds Users in Zhytomyr Region.....	384

Таврійський науковий вісник

Випуск 149

Частина 1

Серія: Сільськогосподарські науки

Дата розміщення онлайн – 29.05.2026 р.
Дата друку – 05.06.2026 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 33,17. Зам. № 0626/621

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.