ISSN 2226-0099

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Таврійський науковий вісник

Серія: Сільськогосподарські науки

Випуск 146
Частина 1

Видавничий дім
«Гельветика»
2025

УДК 630(477.72) **ISSN 2226-0099**

Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету (Протокол № 8 від 29.12.2025)

Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2025. Вип. 146. Ч. 1. 352 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, заслужений працівник науки та техніки України, завідувач кафедри землеробства, Херсонський державний аграрно-економічний університет.

Члени редакційної колегії:

Вожегова Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, заслужений діяч науки і техніки України, директор, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України;

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

Бех В.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор, зав. відділу селекції риб, Інститут рибного господарства НААН України;

Волох А.М. – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри геоекології і землеустрою, Таврійський державний агротехнологічний університет;

Данилик І.М. – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник, Інститут екології Карпат НАН України;

Србіслав Денчіч – доктор генетичних наук, професор, член-кор. Академії наук і мистецтв та Академії технічних наук Сербії, Сербія;

Дубина Д.В. – доктор біологічних наук, професор, головний науковий співробітник, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України;

Кутіщев П.С. – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри водних біоресурсів та аквакультури, Херсонський державний аграрно-економічний університет;

Мельничук С.Д. – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри технологій молока та м'яса, Сумський національний аграрний університет;

Осадовский Збигнев – доктор біологічних наук, професор, ректор Поморської Академії, Слупськ, Польща;

Пасічник Л.А. – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України;

Повозніков М.Г. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри конярства та бджільництва, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

Скляр В.Г. – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології та ботаніки, Сумський національний аграрний університет;

Черненко О.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри годівлі та розведення сільськогосподарських тварин, Дніпровський державний аграрно-економічний університет;

Шевченко П.Г. – кандидат біологічних наук, доцент, старший науковий співробітник, завідувач кафедри гідробіології та іхтіології, Національний університет біоресурсів та природокористування України.

© Херсонський державний аграрно-економічний університет, 2025

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING

UDC 631.8:633.1
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.1

PRODUCTIVITY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF BUCKWHEAT CULTIVATION DEPENDING ON FERTILIZATION SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN STEPPE

Mashchenko Yu.V. *– Ph.D.,*
Head of the Scientific and Technological Department for Soil Fertility Conservation,
Institute of Agriculture of the Steppe, National Academy of Agrarian Sciences;
orcid.org/0000-0001-7965-0193
Sokolovska I.M. *– Ph.D., Associate Professor,*
Associate Professor at the Department of Crop Production and Agricultural Engineering,
Kherson State Agrarian and Economic University;
orcid.org/0000-0003-4256-8852

Buckwheat plays a key role in Ukraine's agricultural sector, contributing to food security due to its rich composition of nutrients – proteins, microelements, and antioxidants. The relevance of the topic is driven by global trends: the demand for gluten-free and organic products, as well as the need to diversify crop rotations in the steppe zone to preserve soil fertility. Unresolved issues include the optimization of fertilization for maximizing productivity (yield, yield structure) and economic efficiency, especially in the arid climate of the Northern Steppe. Traditional mineral fertilization systems ($N_{30–60}P_{30–60}K_{30}$) increase yields by 20-30 %, but they risk nitrate pollution and plant lodging. Organic and combined fertilization systems (mineral + organic + biopreparation) promise sustainable productivity, but their regional adaptation is insufficiently studied, threatening the competitiveness of buckwheat. The purpose of the study was to determine the impact of mineral, organic, biological, and combined fertilization systems on the productivity and economics of buckwheat in the Northern Steppe, with an emphasis on sustainability and local adaptation. The research was conducted on experimental plots of Institute of Agriculture of the Steppe of the NAAS, where variants were established: control, mineral system ($N_{30}P_{30}K_{30}$), organic system (post-harvest residues of the previous crop), biologized fertilizer system, and their combinations. The highest yield indicators, 1.62 t/ha (+83.2 % compared to the control), were obtained using the organo-mineral biologized fertilization system; without the biological component, this system allowed forming a yield of 1.50 t/ha, +70.2 % compared to the control. Higher productivity of buckwheat was also ensured by the combined biologized fertilization

© Mashchenko Yu.V., Sokolovska I.M., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

system – 2.43 t/ha (+82.7 %) grain units, 3.05 t/ha (+82.6 %) feed units, and 0.24 t/ha (+84.6 %) digestible protein units. With the increase in nutrient elements, the intensity of productivity growth decreased to 7.5 %, 7.3%, 9.09 %, respectively. The highest economic efficiency of buckwheat cultivation was achieved using the organo-mineral biologized fertilization system (conditional net profit 13890 UAH/ha, +310.2 % with a profitability of 69.0 %), with costs of 20130 UAH/ha, covered by the interaction of all nutrient elements. Thus, innovative approaches, including organic and biological components of the fertilization system, can be key to sustainable buckwheat cultivation under climate change conditions.

Key words: *buckwheat, fertilization systems, buckwheat productivity, biologization, economic efficiency of buckwheat cultivation.*

Мащенко Ю.В., Соколовська І.М. Продуктивність та економічна ефективність вирощування гречки залежно від систем удобрення в умовах Північного Степу

Гречка відіграє ключову роль в аграрному секторі України, сприяючи харчовій безпеці завдяки багатому складу поживних речовин – білкам, мікроелементам та антиоксидантам. Актуальність теми зумовлена глобальними тенденціями: попитом на безглютенові та органічні продукти, потребою в диверсифікації сівозмін степової зони для збереження ґрунтової родючості. Невирішені проблеми включають оптимізацію удобрення для максимізації продуктивності (урожайність, структура врожаю) та економічної ефективності, особливо в умовах Північного Степу з посушливим кліматом. Традиційні мінеральні системи удобрення ($N_{30-60}P_{30-60}K_{30}$) підвищують урожай на 20–30 %, але ризикують забрудненням нітратами та вилуговуванням рослин. Органічні та комбіновані системи удобрення (мінеральні + органічні + біопрепарати) прогнозують сталу продуктивність, але їх регіональна адаптація недостатньо вивчена, що загрожує конкурентоспроможності гречки. Метою роботи було визначення впливу мінеральної, органічної, біологізованої та комбінованих систем удобрення на продуктивність і економіку гречки в Північному Степу, з акцентом на сталість та локальну адаптацію. Дослідження проводили на дослідних ділянках Інституту сільського господарства Степу НААН, де закладали варіанти: контроль, мінеральні ($N_{30}P_{30}K_{30}$), органічні (пожнивні рештки попередньої культури), біопрепарат та їх комбінації. Вищі показники врожайності, 1,62 т/га (+83,2 % до контролю) отримали при використанні органо-мінеральної біологізованої системи удобрення, без біологічного компоненту ця система дозволяла сформувати врожайність на рівні 1,50 т/га, +70,2 % до контролю. Вищу продуктивність гречки забезпечувала також комбінована біологізована система удобрення – 2,43 т/га, (+82,7 %) зернових одиниць, 3,05 т/га (+82,6 %) кормових одиниць та 0,24 т/га (+84,6 %) одиниць перетравного протеїну. Із збільшенням елементів живлення інтенсивність приросту продуктивності зменшувалася до 7,5 %, 7,3 %, 9,09 % відповідно. Найвищу економічну ефективність вирощування гречки отримали при використанні органо-мінеральної біологізованої системи удобрення (умовно чистий прибуток 13890 грн/га, +310,2 % за рентабельності 69,0 %), з витратами 20130 грн/га, які покривалися взаємодією всіх елементів живлення. Таким чином, інноваційні підходи, включаючи органічні та біологічні компоненти системи удобрення можуть бути ключовими для сталого вирощування гречки в умовах кліматичних змін.

Ключові слова: *гречка, системи удобрення, продуктивність гречки, біологізація, економічна ефективність вирощування гречки.*

Formulation of the problem.

Buckwheat is an important crop in Ukraine's agricultural sector, ensuring food security due to its high content of nutrients, including proteins, microelements, and antioxidants. According to the State Statistics Service of Ukraine, the sown areas under buckwheat in 2024 amount to about 70 thousand hectares, with an average yield of 1.0-1.5 t/ha, which is significantly below the potential (up to 2.5 t/ha). The relevance of the problem presented in the article is driven by global challenges: the growing demand for gluten-free products and organic grains, as well as the need to diversify crop rotations in the steppe zone to preserve soil fertility. Unresolved issues remain regarding the optimization of fertilization systems to maximize productivity (yield, yield structure) and economic efficiency. The lack of regionally adapted recommendations leads to inefficient

resource use, reduced competitiveness of buckwheat on the market (exports to the EU and Asia), and threats to food security.

Analysis of recent research and publications.

Fertilization systems play a key role in forming the buckwheat yield, which is sensitive to excessive nitrogen nutrition due to the risk of lodging and reduced grain quality. Traditional mineral fertilizers ($N_{30–60}P_{30–60}K_{30–60}$ kg a.i./ha) provide a yield increase of 20-30 %, but often lead to nitrate soil pollution and reduced biodiversity. Alternatives, such as organic (manure 20–30 t/ha) or combined systems (mineral + organic + biopreparations), promise sustainable productivity, but their efficiency in the Northern Steppe is insufficiently studied. Research by Ukrainian scientists indicates the potential of organic systems to increase yields to 2.0 t/ha, but data on economic profitability is lacking, especially under climate change conditions (droughts, extreme temperatures +25-35°C in summer) [7, 11, 10, 14].

The productivity and economic efficiency of buckwheat cultivation are actively studied in scientific articles and reports, particularly in the context of the Ukrainian Northern Steppe. The application of mineral fertilizers contributes to an increase in buckwheat yield by approximately 33.8 %, while complex systems including biopreparations improve yield by 37.7 % compared to the control without fertilizers. Combined fertilization systems (organo-mineral with biopreparations) ensure a yield increase of 49.1%, positively affecting the photosynthetic potential and reducing weed infestation in crops. Such a system is also the most economically efficient [1, 5, 8, 9, 12, 13].

Optimization of mineral fertilizer application rates and the use of growth regulators and microbial preparations also positively affects the formation of aboveground mass, photosynthetic activity, and yield, increasing it to 1.8-2.1 t/ha. Data indicate that fertilization systems with biopreparations enhance plant resilience to stress factors in the Steppe conditions (low humidity, nutrient deficiency), improve soil structure, and thus ensure more stable economic profitability in buckwheat production. The economic efficiency of such systems exceeds traditional ones by 15-30 %, due to reduced pesticide costs and increased yields [2, 3, 4, 6].

Thus, modern research confirms that innovative fertilization systems, which include organic components and biopreparations, are key to enhancing productivity and profitability of buckwheat cultivation in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine.

Research aim. The aim of the study was to determine the impact of various fertilization systems (mineral, organic, biologized, and combined) on the productivity and economics of buckwheat cultivation in the Northern Steppe, with an emphasis on sustainability and adaptation to local conditions.

Materials and methods of research. he research was conducted by establishing experimental plots on agricultural land located in the administrative units of the Kropyvnytskyi district, Kirovohrad region, which is under the management of the Institute of Agriculture of the Steppe of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

The main method of conducting the research is field and laboratory-field experiments. For the scientific substantiation of the purpose and implementation of the set tasks, as well as the generalization of the results of experimental work, the hypothesis method is used – selecting the direction of research, determining the relevance of the work, developing experimental schemes; the dialectical method – observing the development of crops and processes of yield formation; the synthesis method – generalizing research results and forming conclusions; the analysis method – determining the adaptability of the studied objects to cultivation conditions; the induction method – drawing conclusions based on identifying the best variants; the mathematical statistics

method – determining the significance of factors, accuracy of experiments, and correlative relationships.

Buckwheat of the Yaroslavna variety was grown in a stationary short-rotation grain-row crop rotation, which had the following crop sequence: soybeans, winter wheat, soybeans, corn for grain, buckwheat.

The buckwheat cultivation technology was generally accepted for the Steppe zone, except for the practices under study.

Buckwheat was sown using the wide-row sowing method in the first decade of May with a seeding rate of 2.25 million plants/ha, against the background of six fertilization systems:

1. Without fertilizers (control);
2. Biologized fertilization system (seed treatment with biopreparation before sowing);
3. Mineral fertilization system ($N_{20}P_{20}K_{20}$);
4. Mineral biologized fertilization system ($N_{20}P_{20}K_{20}$ + seed treatment with biopreparation before sowing);
5. Organo-mineral (N $N_{20}P_{20}K_{20}$ + by-product of the predecessor);
6. Organo-mineral biologized ($N_{20}P_{20}K_{20}$ + by-product of the predecessor + seed treatment with biopreparation before sowing).

Pesticides were not used in the experiment; weed control in buckwheat crops was carried out mechanically. In the biologized fertilization system, buckwheat seeds were treated with the Mikofriend biopreparation (1.0 l/t) before sowing.

The establishment and conduct of the experiments were carried out in accordance with the methodology of field experiments.

The weather conditions during the research period in 2024 and 2025 were unfavorable in the critical water-consuming periods of buckwheat plants. Maturation and completion of vegetation occurred with good heat supply but limited soil moisture reserves in the absence of precipitation.

The weather conditions during the vegetation period of 2021 were insufficiently favorable for obtaining high productivity indicators of buckwheat.

The weather conditions of the vegetation periods in 2022 and 2023 for buckwheat were favorable, with moderate air temperature increases and sufficient soil moisture reserves in the spring and summer periods.

Results and discussion.

Effective fertilization systems play a key role in increasing yield and grain quality. Advanced agrotechnologies include the combined use of mineral fertilizers, organic substances, and biopreparations, which promote better nutrient uptake and plant adaptation to stress conditions. Analysis of research shows that the proper choice of fertilization systems significantly affects the yield level. It is important to consider a comprehensive approach to buckwheat nutrition to maximize productivity and economic efficiency. Such an approach ensures production stability in challenging natural conditions.

The average buckwheat yield for 2021-2025 ranged from 0.42-2.19 t/ha, reflecting the influence of climatic factors, especially in 2024, and variation in indicators depending on the crop cultivation conditions. However, field research data demonstrate a clear gradation in buckwheat fruit yield depending on fertilization systems, where the transition from the control without fertilizers to integrated approaches ensured a yield increase of 83.2 % (LSD_{05} = 0.16 t/ha). These differences are explained not only by the content of nutrient elements but also by synergy with biological stimulants that enhance plant adaptation to steppe conditions (Table 1).

The variant without fertilizers (control) provided an average yield of 0.88 t/ha – a typical indicator for unfertilized sowings in the Steppe, where nitrogen and phosphorus deficiency hinders root system growth and reproductive organ formation, leading to losses due to drought and weed competition.

Table 1

Buckwheat yield by research years, 2021-2025

Fertilization systems	Years					Average for 2021-2025	Difference	
	2021	2022	2023	2024	2025		t/ha	%
Without fertilizers (control)	1.06	1.02	1.10	0.42	0.81	0.88	–	–
Biologized	1.13	1.34	1.53	0.43	0.96	1.08	0.20	22.3
Mineral	1.33	1.48	1.70	0.46	1.05	1.21	0.32	36.8
Mineral biologized	1.39	1.79	1.85	0.62	1.19	1.37	0.49	55.4
Organo-mineral	1.43	1.98	1.98	0.77	1.35	1.50	0.62	70.2
Organo-mineral biologized	1.49	2.09	2.19	0.82	1.49	1.62	0.73	83.2
Average	1.31	1.62	1.72	0.59	1.14	1.28	–	–
LSD_{05}. t/ha	0.03	0.12	0.08	0.02	0.02	0.16	–	–

The transition to a biologized system contributed to increasing the yield to 1.08 t/ha (+0.20 t/ha, or 22.3 %), as biopreparations stimulate phosphorus mobilization and nitrogen fixation, improving soil water retention – an effect that exceeds LSD_{05} and confirms an alternative to chemical fertilizers.

The use of a mineral fertilization system contributed to a significant increase in yield to 1.21 t/ha (+0.32 t/ha, 36.8 %), which can be explained by the activation of vegetative growth and photosynthesis due to additional nitrogen in the soil, and flowering – under the influence of phosphorus, compensating for the natural deficiency of steppe soils. The difference is statistically significant ($p<0.05$ by LSD_{05}), but excessive nitrogen sometimes provoked lodging, which is relevant for the windy conditions of the Steppe. The combination of mineral fertilizers with element of biologization (mineral biologized fertilization system) ensured an increase in yield indicators to 1.37 t/ha (+0.49 t/ha, 55.4 %), where microorganisms contributed to the optimization of fertilizer uptake, reducing losses due to evaporation – a key factor for the region with low moisture supply.

The highest results in our study were obtained with the organo-mineral fertilization system, yielding 1.50 t/ha (+0.62 t/ha, 70.2 %), where organic residues from the previous crop positively influenced soil structure and moisture retention, which is critical for the Steppe. The difference from the control exceeds LSD_{05} by twofold, emphasizing the role of the organic component. The organo-mineral biologized system maximized the crop's potential, with yields reaching 1.62 t/ha (+0.73 t/ha, 83.2 %). The integration of biopreparations enhanced microbial activity in the rhizosphere, stimulating symbiosis and nitrogen fixation, which allowed buckwheat to withstand droughts and achieve a potential of 2.19 t/ha in 2023, close to the optimal under Steppe conditions in Ukraine.

Based on field research data, where $LSD_{05} = 0.16$ t/ha determines a statistically significant difference ($p<0.05$), the yield increase due to the biopreparation can be assessed compared to corresponding backgrounds without treatment. The increment varies from 5.0 % to 12.2 %, with predominant significance for the mineral fertilization system and

control backgrounds, confirming the synergistic effect of the biopreparation with nutrient elements, but lower efficiency for the organic system.

On the background without fertilizers (control, 0.88 t/ha), seed treatment with the biopreparation increased yield to 1.08 t/ha (+0.20 t/ha, or 22.3 % compared to the control). The increment of 0.20 t/ha is significant (equal to LSD_{05}), as microorganisms compensate for the natural deficiency of nitrogen and phosphorus in Steppe chernozems, stimulating nitrogen fixation and root expansion, which is critical under low moisture conditions.

On the mineral nutrition background (1.21 t/ha), seed treatment before sowing with the biopreparation (mineral biologized system) ensured harvesting 1.37 t/ha of fruits (+0.16 t/ha, or 13.2 % compared to the mineral background). The difference exactly equals LSD_{05}, making the increase statistically significant.

For the organo-mineral fertilization system, buckwheat yield was 1.50 t/ha; the use of the biopreparation contributed to increasing yield to 1.62 t/ha (+0.12 t/ha, or 8.0 % compared to organo-mineral). The increment is less than LSD_{05} (0.16 t/ha), so it is not statistically significant: the organic base (humus + residues) already provides high microbial activity, and the biopreparation adds only a marginal effect due to rhizosphere saturation, although it improves moisture retention.

In summary, the yield increase in buckwheat from the biopreparation is significant on the background without fertilizers and under the mineral fertilization system (+20-13 %, $>LSD_{05}$), but insignificant on the rich organo-mineral (+8 %, $<LSD_{05}$), where synergy is limited. The average yield increase in buckwheat by 11-12 % makes seed treatment with the biopreparation advisable for the Steppe.

The results of our research demonstrate how fertilization systems transform buckwheat productivity into sustainable high-yield production. In the Northern Steppe, where climatic challenges are intensifying, priority is given to integrated approaches that not only increase yields by 30-40 % but also ensure environmental safety by reducing nitrate pollution. Further research should focus on adapting these systems to climate change to enhance the region's food resilience.

Research on buckwheat productivity emphasizes fertilization systems as a key factor in optimizing grain yield, fodder mass, and digestible protein output, which determines its value for animal husbandry and the food industry. Based on field research data, we observed a clear gradation in indicators: from the control without fertilizers (1.33 t/ha grain units, 1.67 t/ha feed units, 0.13 t/ha protein units) to integrated organo-mineral systems with biologization, where the increase reaches 1.10 t/ha grain units, 1.39 t/ha feed units, and 0.11 t/ha protein units. These differences are due to the synergy of mineral nutrient elements (NPK), organic residues, and biopreparations, which enhance nutrient uptake, improve soil aggregation, and increase plant resistance to abiotic stresses such as drought (Fig. 1).

In the control variant without fertilizers, buckwheat productivity was the lowest: grain units yield – 1.33 t/ha, feed units yield – 1.67 t/ha, digestible protein units yield – 0.13 t/ha. These indicators reflect typical limitations of steppe conditions, where the deficiency of available nitrogen and phosphorus hinders vegetative development, photosynthesis, and biomass accumulation, leading to reduced grain quality and fodder value. Biologized fertilization systems provided a significant increase in these indicators compared to traditional crop rotations: +7.5-21.8 % grain and feed units, +9.1-23.1 % digestible protein units. The mechanism of the effect is associated with the stimulation of nitrogen fixation and phosphorus mobilization in the rhizosphere, which compensates for the natural deficiency of elements and increases tolerance to moisture stress, making this approach environmentally safe.

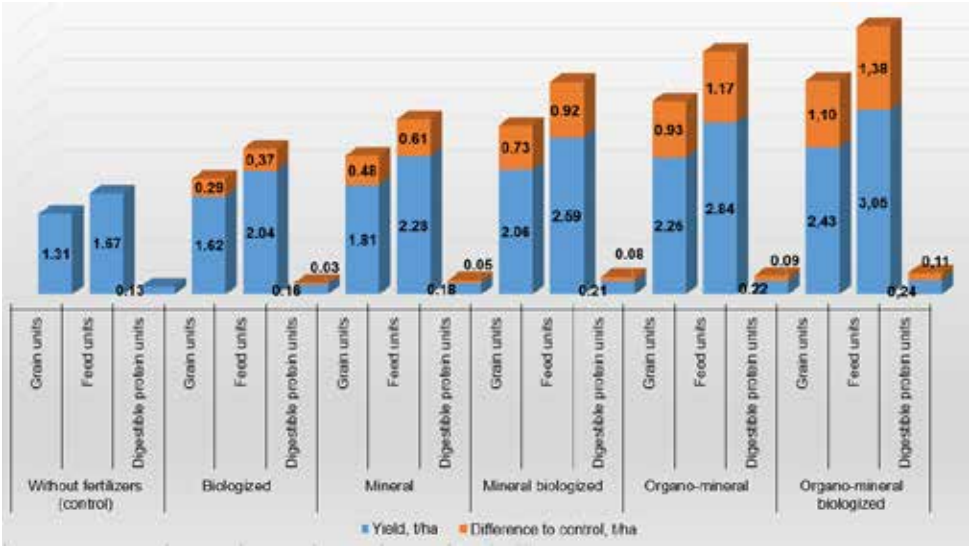


Fig. 1. Buckwheat (average for 2021-2025)

The mineral fertilization system increased buckwheat productivity compared to cultivation without fertilizers: 1.81 t/ha grain units (+0.49 t/ha), 2.28 t/ha feed units (+0.61 t/ha), and 0.18 t/ha protein units (+0.05 t/ha). Under these conditions, nitrogen contributed to the accumulation of vegetative mass, phosphorus to the formation of reproductive organs, and potassium to water balance, which is critical for the arid conditions of the Steppe. The mineral biologized fertilization system further enhanced these processes: 2.06 t/ha (+0.73 t/ha), 2.59 t/ha (+0.92 t/ha), and 0.21 t/ha (+0.07 t/ha) for grain, feed units, and digestible protein, respectively.

The highest levels of productivity were achieved with the organo-mineral fertilization unitssystem: 2.26 t/ha grain units (+0.93 t/ha), 2.84 t/ha feed units (+1.17 t/ha), and 0.22 t/ha protein units (+0.09 t/ha). The organo-mineral biologized system demonstrated the greatest potential in the study for forming buckwheat productivity: 2.43 t/ha grain units (+1.10 t/ha), 3.05 t/ha feed units (+1.39 t/ha), and 0.24 t/ha digestible protein units (+0.11 t/ha).

Summarizing the results confirms the advantage of integrated fertilization systems, which increased buckwheat productivity by 82.7 % for grain units yield, 82.6 % for feed units yield, and 84.6 % for protein units yield compared to the control, ensuring comprehensive efficiency in steppe conditions.

The calculations of economic efficiency were based on prices for agricultural and industrial products prevailing on the Ukrainian exchange market in the first decade of December 2025. The calculations took into account direct monetary-material costs, which included wages, seed costs, fertilizers, fuel and lubricants, as well as payments to social insurance funds, pension and others, deductions for depreciation and current repairs.

The economic component of buckwheat production depends on the chosen fertilization system, which affects the level of production costs, gross output, net profit, and profitability. Based on average indicators for 2021-2025, key trends can be identified.

Production costs vary widely depending on the fertilization system. In the control variant without fertilizers, they were the lowest – 15095 UAH/ha. The use of the biologized

system increased costs to 15776 UAH/ha, associated with additional expenses for biopreparations. Costs increased more significantly with the application of mineral fertilizers – 20029 UAH/ha, and in the mineral biologized system – 20704 UAH/ha due to the cost of fertilizers and services for applying biopreparations. Organo-mineral systems, thanks to the use of organic residues, had slightly lower costs (19462–20130 UAH/ha), which allowed for an effective balance of costs and profits (Table 2).

Table 2

Economic efficiency of buckwheat cultivation under different fertilization systems

Fertilization systems	Yield (average for 2021-2025)	Production costs, UAH/ha	Gross output value, UAH/ha	Conditional net profit, UAH/ha	Profitability, %
Без добрив (контроль)	0,88	15095	18480	3385	22,4
Without fertilizers (control)	1,08	15776	22680	6904	43,8
Biologized	1,21	20029	25410	5381	26,9
Mineral	1,37	20704	28770	8066	39,0
Mineral biologized	1,50	19462	31500	12038	61,9
Organo-mineral	1,62	20130	34020	13890	69,0

The conditional net profit is the lowest when growing buckwheat without fertilizer application – 3385 UAH/ha, reflecting low yield and minimal costs. The biologized system nearly doubled the profit (6904 UAH/ha), demonstrating high return on investment in biopreparations. Interestingly, the mineral system had higher costs and yield but lower profit (5381 UAH/ha) compared to the biologized one, due to higher fertilizer expenses. Under the mineral biologized system, the conditional net profit increased to 8066 UAH/ha, indicating the effect of the combined action of fertilizers and biopreparations.

The most profitable in our study were the organo-mineral systems – 12038 UAH/ha and 13890 UAH/ha for the traditional and biologized systems, respectively. These indicators demonstrate the best combination of higher yield and relatively balanced costs.

Analysis of profitability indicators shows a trend toward increasing production efficiency from 22.4 % in the control to 69.0 % under the organo-mineral system with biologization elements. The highest profitability values indicate the economic feasibility of a comprehensive fertilization approach that includes mineral fertilizers, organic components, and biological stimulants. The mineral system alone, due to high costs, has a profitability rate of only 26.9 %, making it the least efficient.

Overall, the analysis indicates that the most optimal from an economic perspective were the organo-mineral and organo-mineral biologized fertilization systems. They provided a balance between increasing yield, controlled costs, and maximum return on investment in buckwheat production under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine.

Conclusions.

Higher yield indicators were ensured by the organo-mineral biologized fertilization system for buckwheat (yield 1.62 t/ha, +83.2 % compared to the control), involving the

incorporation of post-harvest residues + mineral fertilizers ($N_{20}P_{20}K_{20}$) + biopreparation. Under the organo-mineral system, yield indicators were slightly lower (1.50 t/ha, +70.2 %), but the yield increase was also high.

Under the organo-mineral biologized fertilization system, plant productivity was the highest: 2.43 t/ha (+82.7 %) grain units, 3.05 t/ha (+82.6 %) feed units, and 0.24 t/ha (+84.6 %) digestible protein units. The largest increases in productivity indicators were obtained without fertilizer application: +21.8 %, +22.1 %, and +23.7 % for grain, fodder units, and protein units, respectively. With the increase in nutrient elements, the intensity of productivity growth decreased to 7.5 %, 7.3 %, and 9.09 %, respectively.

The highest economic efficiency of buckwheat cultivation was achieved using the organo-mineral biologized fertilization system (conditional net profit 13890 UAH/ha, +310.2 % with profitability of 69.0%), with costs of 20130 UAH/ha, covered by the interaction of all nutrient elements. The organo-mineral system provided 12038 UAH/ha profit and 61.9 % profitability, balancing costs (19462 UAH/ha).

REFERENCES:

1. Fang Y., Zhang X., Li L., Effah Z., Mir Nizamani M. Effects of the Plastic Mulching System and Fertilizer Application on the Yield of Tartary Buckwheat (Fagopyrum tataricum) and Water Consumption Characteristics in a Semi-Arid Area. Agronomy. 2024, 14(4), 735; https://doi.org/10.3390/agronomy14040735

2. Karbivska U., Kunychak G., Dutchak O. et. al. Application of biologization elements in buckwheat organic cultivation technology. Ecological Engineerin & Environmental Technology. 2024, 25(5), 235–242. https://doi.org/10.12912/27197050/186125

3. Mashchenko Yu. V., Sokolovska I. M. The productivity of buckwheat in the Northern Steppe of Ukraine. Modern agronomy trends: innovation, sustainable development and the future of agriculture: Scientific monograph. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2025. P. 284–314. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-588-4-11

4. Mashchenko Yu.V. Sokolovska I.M. Buckwheat productivity depends on fertilizer system and seed inoculation with biopreparation. Таврійський науковий вісник № 133. P. 54–63. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.8

5. Sokolovska I. M., Mashchenko Yu. V. Effects of different fertilization systems on buckwheat yield in the conditions of northern steppe of Ukraine Таврійський науковий вісник. 2024. № 137. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво. С. 224–234. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.28

6. Грищенко Р., Терещенко В. Вплив біологічних препаратів на формування асиміляційного апарату та його продуктивність у посівах гречки в умовах органічного землеробства. Сільське господарство та рослинництво: теорія та практика. 2025, (1), 46–54. https://doi.org/10.54651/agri.2025.01.06

7. Дегодюк Е.Г., Проненко М. М., Ігнатенко Ю. О., Пипчук Н. М., Мулярчук А. О. Сучасні системи удобрення в землеробстві України: науково-методичні та науково-практичні рекомендації. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 84 с.

8. Дикий О. М. Теоретичні основи мінерального живлення гречки. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2021. Вип. 70 (2). С. 95–108. https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-8

9. Дутчак О. Урожайність гречки за біологізованої системи удобрення в органічному виробництві. Сільське та лісове господарство. 2025. Випуск №: 2 (37). С. 229–236. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-2-20

10. Коваленко В. В., Тарасенко О. М. Вплив системи удобрення на продуктивність гречки в умовах північного степу України. Аграрна наука. 2020. 9(2). 45–50.

11. Мащенко О. А., Бутенко Є. Ю. Вплив системи удобрення на продуктивність сортів гречки різного морфотипу в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Аграрні інновації. 2024. № 23. С. 118–122. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.17

12. Мащенко Ю. В., Семеняка І. М. Удосконалена технологія вирощування гречки в умовах Північного Степу України. Монографія. Київ. Агронаука. 2018. 184 с. https://isgs-naan.com.ua/read_buckwheat

13. Соколовська І. М., Мащенко Ю. В. Біотехнологічні прийоми вирощування гречки за різного удобрення. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2023. Вип. 130. С. 240–246. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.35

14. Щерба М. М., Качмаро О. Й., Дубицька А. О., Вавринович О. В., Таравська О. В. Вплив систем удобрення на формування продуктивності зернобобових культур у короткоротаційних сівозмінах. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2022. Вип. 71 (2). С. 202–227. 1 https://doi.org/0.32636/01308521.2022-(71)-2-13

Дата першого надходження рукопису до видання: 17.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 63:631.81
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.2

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА УРАЖЕНІСТЬ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ СЕПТОРІОЗОМ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

***Матюха В.Л.** – д.с.–г.н., с.н.с.,*
в.о. зав. лабораторії захисту рослин
Державна установа «Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000–0002–5657–3524
***Цилюрик О.І.** – д.с.–г.н., професор,*
зав. кафедри рослинництва,
Дніпровський державний аграрно–економічний університет Міністерства освіти та науки України
orcid.org/0000–0002–7479–8401
***Педаш Т.М.** – д.с.–г.н., с.н.с.,*
с.н.с лабораторії захисту рослин
Державна установа «Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000–0002–5538–713X
***Семенов С.С.** – phD,*
аспірант
Державна установа «Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000–0001–8329–5438

У статті наведено результати трирічних (2021–2023 рр.) польових досліджень, спрямованих на встановлення впливу основних елементів технології вирощування (попередника, строку сівби, сорту та удобрення) на ураженість пшениці озимої септоріозом (Septoria nodorum Berk.; S. tritici Rob. et Desm.) в умовах Північного Степу України. Встановлено, що рівень ураження культури визначався комплексною взаємодією досліджуваних факторів. Для пізнього строку сівби (5 жовтня) поширення хвороби коливалося в межах 25–42 %, тоді як при надпізньому (20 жовтня) збільшувалося до 40–54 %, а розвиток – до 18,7 %, що на 8–12 % і 4–8 % більше, ніж при пізньому строку. Найменшу сприйнятливість виявив сорт Юзівська, де поширення септоріозу не перевищувало 25–40 %, тоді як найбільшу – Нива одеська (42–54 %). Попередник соняшник зменшував ураженість на 6–16 % порівняно з чорним паром, що пояснюється розривом життєвого циклу патогена. Внесення мінеральних добрив ($N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$ по мерзло-талому ґрунті) підвищувало урожайність на 10–20 % та частково компенсувало втрати від хвороби. Максимальну продуктивність (8,60 т/га) забезпечував сорт Юзівська після чорного пару при пізньому строку сівби, що на 0,19 т/га (близько 2–3 %) вище за сорт Нива одеська за аналогічних умов. Застосування комплексного підходу – поєднання сортової стійкості, оптимального попередника, своєчасного строку сівби та раціонального удобрення – дозволяє знизити прояв септоріозу на 20–30 % і підвищити урожайність пшениці озимої на 0,5–1,0 т/га. Результати підтверджують високу ефективність інтегрованої системи захисту рослин та її необхідність для стабілізації зерновиробництва в умовах північного Степу України.

***Ключові слова:** пшениця озима, септоріоз, сортова стійкість, строки сівби, попередники, удобрення, урожайність, Північний Степ.*

© Матюха В.Л., Цилюрик О.І., Педаш Т.М., Семенов С.С., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Matyukha V.L., Tsyliuryk O.I., Pedash T.M., Semenov S.S., Influence of cultivation technology elements on the incidence of winter wheat septoria leaf blotch under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine

The article presents the results of three-year (2021–2023) field studies aimed at determining the impact of key elements of the growing technology (predecessor, sowing date, variety, and fertilization) on the incidence of winter wheat Septoria leaf blotch (Septoria nodorum Berk.; S. tritici Rob. et Desm.) under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. It was found that the level of disease incidence was determined by the complex interaction of the studied factors. For the late sowing date (October 5), the disease spread ranged from 25–42 %, while for the very late date (October 20) it increased to 40–54 %, and disease development reached up to 18.7 %, which is 8–12 % and 4–8 % higher, respectively. The lowest susceptibility was observed in the variety Yuzivska, where Septoria infection did not exceed 25–40 %, while the highest was recorded in the variety Nyva Odeska (42–54 %). Growing wheat after sunflower reduced disease incidence by 6–16 % compared to black fallow, due to the disruption of the pathogen's life cycle. Application of mineral fertilizers ($N_{90}P_{90}K_{90}$ + N_{30} on thawed soil) increased grain yield by 10–20 % and partially compensated for disease-induced losses. The highest yield (8.60 t/ha) was obtained in the variety Yuzivska after black fallow at the late sowing date, which exceeded that of Nyva Odeska by 0.19 t/ha (approximately 2–3 %) under similar conditions. A complex approach combining varietal resistance, optimal predecessor, appropriate sowing time, and balanced fertilization reduced Septoria development by 20–30 % and increased winter wheat yield by 0.5–1.0 t/ha. The results confirm the high efficiency of the integrated plant protection system and its importance for stabilizing grain production under the agroecological conditions of the Northern Steppe of Ukraine.

Key words: *winter wheat, Septoria leaf blotch, varietal resistance, sowing dates, predecessors, fertilization, yield, Northern Steppe.*

Постановка проблеми. У Степовій зоні України, яка є стратегічно важливим регіоном для національного зерновиробництва, втрати врожаю озимої пшениці від комплексу хвороб становлять критичну загрозу. Ці втрати можуть сягати не менше третини валового збору, що призводить до значних фінансових збитків для аграріїв та країни в цілому. Крім прямого зниження кількості зерна, інфекційне навантаження істотно погіршує посівні, продовольчі та кормові якості зерна, знижуючи вміст білка, клейковини та збільшуючи концентрацію мікотоксинів, що ставить під сумнів його товарну цінність та харчову безпеку. Тому, для стабілізації виробництва, забезпечення продовольчої безпеки та збільшення обсягів якісного зерна, необхідна термінова розробка та впровадження науково обґрунтованої, інтегрованої та комплексної системи захисту рослин. Ця система мусить базуватися на синергетичному поєднанні різних захисних методів, де ключовими є використання генетично стійких сортів як фундаменту та ефективних елементів агротехніки як інструментів регулювання фітосанітарного середовища [1–5].

Ключову, а часто й визначальну, роль у системі інтегрованого захисту відіграє впровадження до обігу високопродуктивних сортів, які не лише демонструють потенціал високого врожаю, але й мають групову (полігенну) стійкість до широкого спектру поширених у регіоні хвороб, таких як бура та стеблова іржа, борошниста роса, септоріоз, а також різних форм кореневих гнилей. Використання таких сортів є найбільш екологічно чистим, економічно вигідним та превентивним складовим елементом агротехнічного захисту, оскільки зменшує потребу

у хімічних обробках. Проте, стратегічно важливим завданням є не лише початкове використання стійких сортів, а й максимально можливе збереження їхньої генетичної стійкості протягом багатьох років культивування та її посилення протягом онтогенезу рослини через створення оптимальних агроекологічних умов. Головна увага має бути зосереджена на запобіганні формуванню та поширенню нових, більш агресивних рас і біотипів фітопатогенів – явищу, відомому як «подолання» стійкості. Для мінімізації цього ризику та уповільнення еволюційної адаптації патогенів, господарствам критично важливо вирощувати одночасно 2–3 сорти чи гібриди, які генетично відрізняються за ознакою стійкості (використання так званих «генних пірамід» або сумішей сортів), забезпечуючи тим самим генетичне та просторове різноманіття посівів [6–8].

Сучасний ентомофітопатогенний комплекс зернового поля, який динамічно змінюється під впливом глобальних кліматичних змін та інтенсифікації технологій, вимагає не лише постійного та точного моніторингу (фітосанітарної діагностики), але й оперативної розробки та адаптації нових, гнучких та превентивних заходів захисту, які відповідають сучасним ресурсозберігаючим технологіям вирощування. Безпека, екологічність та надійність сучасних методів захисту досягаються через максимальне пріоритетне використання екологічно безпечних агротехнічних, організаційно–господарських та інших альтернативних заходів над хімічними. Ці заходи комплексно спрямовані на підвищення природної імунної стійкості рослин та обмеження початкового накопичення інфекційного потенціалу патогенів у ґрунті та рослинних рештках [9, 10].

До таких першочергових агротехнічних та організаційних заходів, що є невід'ємною основою інтегрованої системи, належать: вирощування високостійких сортів (як генетична база захисту); диференційований підхід до добору попередників, що передбачає науково обґрунтоване чергування культур у сівозміні з метою розриву циклу розвитку специфічних патогенів та мінімізації їхнього накопичення у ґрунті (зокрема, уникнення повторних посівів зернових по зернових); оптимізація строків сівби, оскільки дотримання рекомендованих термінів дозволяє рослинам або уникнути найбільш чутливих фаз розвитку під час піку інфекційного навантаження (наприклад, осіннього зараження кореневими гнилями), або ж зміцніти до настання періоду активного весняного зараження; вибір способів обробітку ґрунту (наприклад, глибока оранка, яка сприяє якісному заорюванню та мінералізації рослинних решток, що є основним місцем зимівлі інфекційних початків грибів); раціональне, збалансоване удобрення мінеральними елементами (особливо правильне співвідношення азоту, фосфору і калію, а також мікроелементів), що є ключовим для зміцнення клітинних стінок, активації імунних реакцій рослин та їхньої загальної витривалості проти хвороб; та цілеспрямоване виконання інших технологічних елементів догляду за посівами, включаючи своєчасний контроль забур'яненості (бур'яни часто виступають як резерватори інфекції та конкурують з пшеницею за ресурси) та регулювання густоти стояння (занадто густі посіви сприяють створенню мікроклімату високої вологості, ідеального для розвитку грибкових хвороб), які сприяють оптимальному росту, розвитку та, відповідно, підвищенню витривалості рослин до несприятливих біотичних факторів. Тобто, лише синергетичний вплив усіх цих елементів дозволяє ефективно та екологічно управляти фітосанітарною ситуацією в посівах і забезпечити стійке зерновиробництво [2, 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У розвинених країнах світу проблема нарощування виробництва зерна вирішується не шляхом екстенсивного

використання земельних ресурсів, а переважно за рахунок інтенсивних чинників – підвищення генетичного потенціалу культурних рослин, максимального використання екологічних і біокліматичних ресурсів зони вирощування, а також залучення економічно обґрунтованих інвестицій у сільське господарство. У центрі уваги сучасного агровиробництва стоїть концепція стабільних агросистем, головною метою яких є не лише одержання високих і стабільних урожаїв, а й забезпечення максимальної вигоди від природних і біологічних процесів за обов'язкової умови збереження та відновлення природних ресурсів, насамперед родючості ґрунтів і біорізноманіття агроландшафтів [9, 11].

У практику аграрного виробництва дедалі ширше впроваджуються новітні напрями і технології, що формують основу сучасного інноваційного землеробства – альтернативне та органічне землеробство, точне землеробство, генна інженерія, екосистемний менеджмент, біоадаптивні та ресурсоощадні технології вирощування культур [3, 4]. Усі ці напрями базуються на інтегрованому підході до захисту рослин, який поєднує біологічні, агротехнічні, генетичні та хімічні засоби регулювання чисельності шкідливих організмів і збереження фітосанітарного стану агроценозів.

Значних досягнень у цьому напрямі одержано в галузі селекції та генної інженерії, де створено численні сорти й гібриди сільськогосподарських культур, зокрема пшениці озимої, з підвищеною або комплексною стійкістю до збудників грибних і бактеріальних хвороб, а також до стресових абіотичних чинників [13, 14]. Так, у США методом генної інженерії створено генетично модифіковані сорти пшениці озимої, стійкі до бурої іржі (Puccinia triticina), борошнистої роси (Blumeria graminis f. sp. tritici), септоріозу листя (Septoria tritici) та фузаріозу колоса (Fusarium graminearum), що дало змогу суттєво знизити втрати урожаю і зменшити потребу у фунгіцидних обробках [15].

В Україні також активно ведуться наукові дослідження у напрямі створення високопродуктивних і стійких до хвороб сортів зернових культур, адаптованих до умов змінного клімату та різних зон землеробства. Селекційними центрами, такими як Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва, Донецька дослідна станція, ДУ ІЗК НААН, створено широкий спектр сортів пшениці озимої з підвищеною адаптивністю, морозо– і посухостійкістю, а також стійкістю до комплексу хвороб, серед яких бурі іржі, борошниста роса та септоріоз листя. Ці сорти успішно впроваджуються у виробництво, забезпечуючи стабільні врожаї навіть у роки з несприятливими погодними умовами [16, 17].

Вагомого значення в Україні набуває розвиток біологічного захисту рослин. Науковими установами Національної академії аграрних наук та низкою приватних компаній створено та сертифіковано понад сотню біопрепаратів різного спрямування – біофунгіцидів, біоінсектицидів, бактеріальних препаратів, стимуляторів росту, що базуються на діючих штамах Bacillus subtilis, Trichoderma harzianum, Pseudomonas fluorescens, Streptomyces spp. тощо. Ці препарати дедалі ширше застосовуються у системах інтегрованого та органічного землеробства, сприяючи зменшенню пестицидного навантаження на довкілля та підвищенню біологічної активності ґрунту [18–20].

Як і у провідних країнах світу, в Україні важливу роль у формуванні природного біологічного захисту відіграють агротехнічні заходи: науково обґрунтоване чергування культур у сівозмінах, оптимізація систем удобрення, строки сівби, густота стояння рослин і система обробітку ґрунту. Ці чинники комплексно впливають на

фітосанітарний стан посівів, підвищують їхню конкурентоспроможність і стійкість до шкідливих організмів.

Тобто, як у світі, так і в Україні, формуються передумови для переходу від традиційних до інноваційних екологічно збалансованих агросистем. В основі цих систем – поєднання високих технологій, генетичних досягнень, біологічних методів захисту та раціонального використання природних ресурсів, що забезпечує стабільне підвищення продуктивності зернових культур і збереження екологічної рівноваги агроландшафтів.

Метою досліджень є встановлення рівня резистентності сортів пшениці озимої до септоріозу в сучасних агроценозах північного Степу України як важливої складової науково обґрунтованої системи інтегрованого захисту культури від хвороб. Це дасть змогу запобігти втратам урожаю та зниженню якості зерна, забезпечити високу економічну ефективність і підвищити екологічну безпеку застосовуваних заходів захисту.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальні дослідження проводилися в ДП ДГ «Дніпро» ДУ Інститут зернових культур НААН України. Експерименти здійснювалися шляхом закладання польових дослідів, керуючись загальноприйнятими методиками дослідної справи [21–23], а також специфічними методиками Трибель С.О., Гетьман М.В., Стригун О.О. та ін. [24, 25], щодо обліку хвороб їх поширення і розвитку, стійкості сортів тощо.

Ураженість рослин пшениці озимої септоріозом (Septoria nodorum Berk.; Septoria tritici Rob. et Desm) визначали за шкалою Сарі і Прескотта (рис. 1).

Рис. 1. Шкала Сарі і Прескотта для обліку ураженості злаків збудниками плямистостей листків

Спостереження за розвитком септоріозу проводили протягом вегетації, перед втратою зеленого забарвлення верхніми листками, оцінювали не менше 200 рослин. Оцінку стійкості рослин пшениці озимої до септоріозу проводили по 9 бальній шкалі (табл. 1).

У дослідженнях використовували сорти пшениці озимої, занесені до Державного реєстру сортів рослин України, рекомендованих для вирощування у степовій зоні: Житниця одеська, Нива одеська, Оптима одеська та Юзівська. Досліди закладали на ділянках площею 30 м², з трикратною повторністю, при цьому варіанти

розміщували у рендомізованому порядку, що забезпечувало об'єктивність і надійність отриманих результатів. Агротехнічні заходи у дослідах проводили відповідно до рекомендованої для зони Північного Степу технології вирощування пшениці озимої [26, 27].

Таблиця 1.

Шкала оцінки стійкості, щодо ураженості рослин пшениці озимої септоріозом листя (Septoria nodorum Berk.; Septoria tritici Rob. et Desm)

Уражено поверхні листя,%	Ступінь стійкості	Бал стійкості
0	Дуже стійкий	9
<2	Високостійкий	8
2–5	Стійкий	7
6–10	Середньостійкий	6
	Помірно стійкий	5
11–25	Слабостійкий	4
26–50	Сприйнятливий	3
51–75	Високосприйнятливий	2
>75	Дуже високосприйнятливий	1

У межах дослідження на фоні зазначених сортів вивчали вплив попередників (чорний пар, ячмінь ярий, соняшник), строків сівби (пізній – 5 жовтня та надпізній – 20 жовтня) і фонів мінерального живлення (1, Контроль (без добрив) 2. $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$ по мерзло–талому грунті) на формування фітосанітарного стану агроценозу, зокрема на рівень ураження рослин пшениці озимої септоріозом листя (Septoria nodorum Berk.; Septoria tritici Rob. et Desm).

Збирання врожаю здійснювали комбайном «Сампо–500», з проведенням поділяночного обліку врожайності. Для узагальнення експериментальних даних застосовували методи дисперсійного та кореляційного аналізів із рівнем вірогідності 0,5 [23], використовуючи сучасні комп'ютерні програми статистичної обробки.

Погодні умови в роки проведення досліджень у цілому характеризувалися як відносно сприятливі для вирощування пшениці озимої, що забезпечило можливість повноцінно оцінити вплив досліджуваних чинників на розвиток септоріозу та формування врожайності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Протягом досліджень 2021–2023 рр. було встановлено, що ураженість пшениці озимої септоріозом значною мірою визначалася взаємодією сорту, попередника та строку сівби, що свідчить про комплексний характер формування фітосанітарного стану агроценозів (табл. 2, рис. 2).

Для пізнього строку сівби (5 жовтня) найвищі показники поширення хвороби спостерігалися у сорту Нива одеська, де ураження листків досягало 42,0 %, що на 17,0 % більше, ніж у сорту Юзівська, у якого поширення становило 25,0 %. Розвиток септоріозу, який характеризує інтенсивність прояву симптомів на ураженій листковій поверхні, у Ниви одеської був 10,1 %, тоді як у Юзівської – 6,7 %, що становить різницю 3,4 % у абсолютних величинах або близько 50 % від мінімального значення. Сорти Житниця одеська та Оптима одеська займали проміжне положення: поширення – 34,0 % і 41,0 %, розвиток – 8,3 % і 10,0 %, відповідно. Ці дані свідчать про середню сприйнятливість цих сортів до септоріозу, що узгоджується з попередніми селекційними оцінками їхньої стійкості.

Таблиця 2

Ураженість пшениці озимої септоріозом залежно від попередників сортів та строків сівби, 2021–2023 рр., %

Сорти	Попередники					
	чорний пар		ячмінь ярий		соняшник	
	поширення	розвиток	поширення	розвиток	поширення	розвиток
Пізній строк сівби (5 жовтня)						
Житниця одеська	34,0	8,3	28,3	6,5	25,4	4,5
Нива одеська	42,0	10,1	35,0	8,7	26,2	6,1
Оптима одеська	41,0	10,0	37,5	6,8	26,0	6,2
Юзівська	25,0	6,7	26,5	6,1	22,1	4,1
Надпізній строк сівби (20 жовтня)						
Житниця одеська	45,5	15,3	37,0	13,5	32,5	10,5
Нива одеська	54,0	18,7	43,0	16,0	38,3	13,2
Оптима одеська	52,0	18,2	41,2	15,5	37,0	14,5
Юзівська	40,1	13,5	30,2	12,1	33,5	10,0
$НІР_{05}$,%:						
поширення септоріозу – 6,18;						
розвитку септоріозу – 3,04.						

Вплив попередника культури на інтенсивність хвороби був чітко простежуваним. Найбільш сприятливим для зниження ураженості виявився соняшник, після якого поширення септоріозу у всіх сортів було на 6–16 % нижче, ніж після чорного пару, і на 2–9 % нижче, ніж після ячменю ярого. Наприклад, у сорту Житниця одеська поширення хвороби після чорного пару становило 34,0 %, після ячменю – 28,3 %, а після соняшнику – лише 25,4 %. В абсолютних величинах різниця між чорним паром та соняшником склала 8,6 %, що у відсотковому відношенні становить 25,3 % від максимального показника. Така тенденція пояснюється тим, що соняшник у сівозміні сприяє зменшенню інфекційного фону збудника через відсутність перехресного ураження між культурами і часткове розривання життєвого циклу патогена.

Для надпізнього строку сівби (20 жовтня) інтенсивність септоріозу була значно вищою. Найбільш ураженим залишався сорт Нива одеська, де поширення хвороби досягало 54,0 %, а розвиток – 18,7 %. Порівняно з менш ураженим сортом Юзівська (поширення 40,1 %, розвиток 13,5 %), різниця становила 14,0 % та 5,2 % відповідно, що вказує на високий ступінь сприйнятливості сорту до захворювання при пізніх строках сівби. Підвищення ураженості у надпізні строки порівняно з пізніми варіювало від 8 до 12 % за поширенням і 4–8 % за розвитком, що пояснюється тривалим періодом вегетації рослин у більш вологих і теплих умовах осені, які сприяють розвитку збудника.

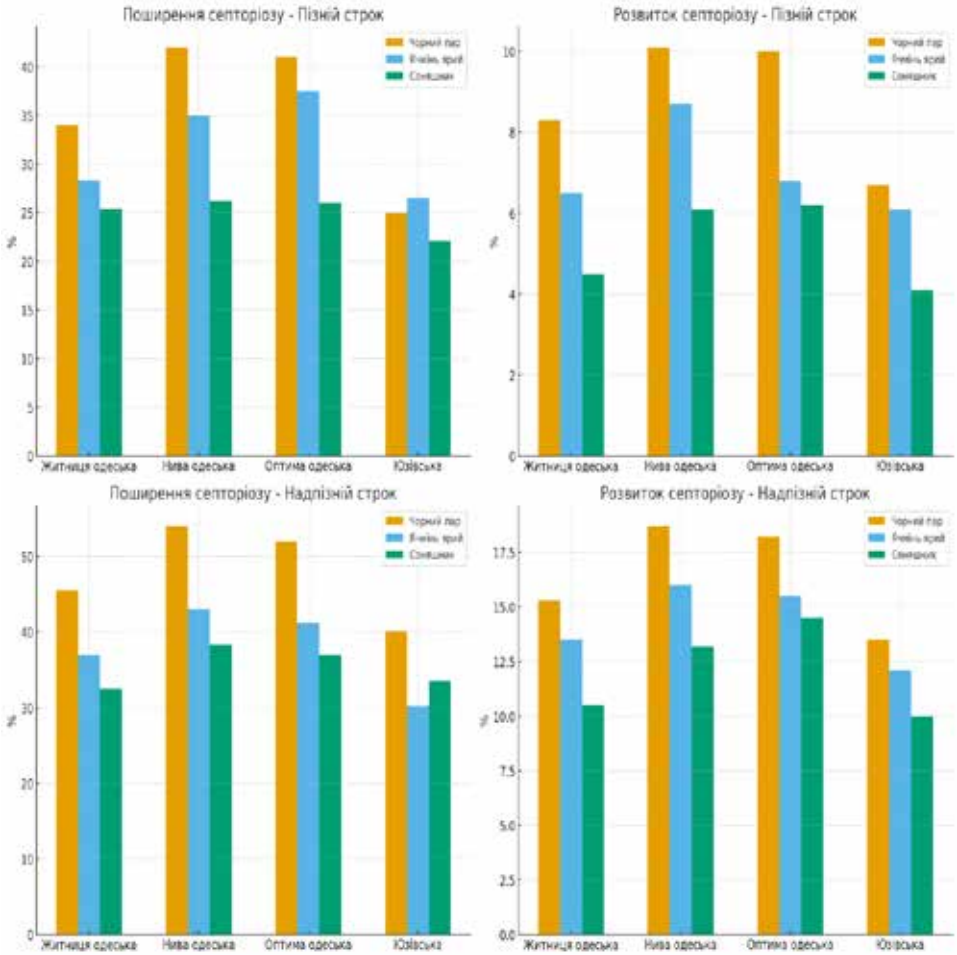


Рис. 2. Поширення та розвиток септоріозу залежно від строків сівби та попередників за 2021–2023 рр., %

Аналіз впливу попередника у надпізній строк сівби показав, що чорний пар залишався найбільш сприятливим для розвитку септоріозу: після нього поширення хвороби у сорту Нива одеська досягало 54,0 %, тоді як після соняшнику – 38,3 %, тобто зниження ураженості в абсолютних показниках становило 15,7 % або близько 29 % від максимального рівня. Аналогічна тенденція спостерігалася і в інших сортів: Житниця одеська – 45,5 % проти 32,5 % (різниця 13,0 %), Оптима одеська – 52,0 % проти 37,0 % (різниця 15,0 %), Юзівська – 40,1 % проти 33,5 % (різниця 6,6 %). Це підтверджує, що правильний підбір попередника в сівозміні є одним із ефективних агротехнічних способів зниження фітосанітарного ризику.

Застосування статистичного аналізу підтвердило значущість відмінностей між сортами, попередниками та строками сівби. Рівень значущості HIP05 становив 6,18 % для поширення септоріозу і 3,04 % для розвитку хвороби, що свідчить про високу достовірність отриманих даних.

Тобто, найменшу сприйнятливість до септоріозу виявив сорт Юзівська, особливо при сівбі після соняшнику в пізні строки. Найбільш уразливим залишався сорт Нива одеська, особливо після чорного пару в надпізні строки. Результати дослідження чітко демонструють, що комплексне застосування сортової стійкості, оптимального попередника та своєчасних строків сівби дозволяє ефективно знизити рівень ураження пшениці озимої септоріозом, підвищити якість зерна, зменшити витрати на захисні заходи та підвищити економічну ефективність виробництва.

Аналізуючи дані щодо урожайності пшениці озимої за 2021–2023 рр., видно чітку взаємозалежність між попередником, строком сівби, внесенням добрив і сортовою стійкістю до хвороб, зокрема септоріозу (табл. 2, 3).

Для пізнього строку сівби (5 жовтня) максимальна врожайність спостерігалася у сорту Юзівська на фоні внесення добрив: після чорного пару урожайність досягала 8,60 т/га, після ячменю – 8,25 т/га, після соняшнику – 5,05 т/га. У контрольних варіантах (без добрив) ці ж показники були значно нижчими – відповідно 7,80 т/га, 4,45 т/га та 5,05 т/га. Це свідчить, що ефективне удобрення підвищує урожайність на 10–20 % та більше, одночасно частково компенсуючи втрати від ураження септоріозом.

Як показала перша таблиця, Юзівська мала найменший рівень ураження септоріозом, особливо після соняшнику та у пізній строк сівби, що корелює з її вищою продуктивністю порівняно з іншими сортами, навіть за менш сприятливих умов попередника. Наприклад, після чорного пару, де ураження листків септоріозом було максимальним, урожайність сорту Юзівська при внесенні добрив склала 8,60 т/га, тоді як урожайність менш стійких сортів, таких як Нива одеська, була нижчою – 8,41 т/га. Різниця у врожайності між сортами при однакових агротехнічних прийомах сягає 0,15–0,19 т/га, або близько 2–3 %.

Таблиця 3

Урожайність пшениці озимої залежно від попередників, удобрення та строків сівби за 2021–2023 р., т/га

Сорти	Строки сівби	Попередники					
		Чорний пар		Ячмінь		Соняшник	
		Контроль (без добрив)	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + N_{30} по МТГ	Контроль (без добрив)	$N_{90}P_{90}K_{90}$ + N_{30} по МТГ	Контроль (без добрив)	$N_{90}P_{90}K_{90}$ + N_{30} по МТГ
Житниця одеська	05.10	7,20	8,58	5,89	7,39	5,01	5,10
	20.10	6,55	7,47	5,10	6,38	4,07	4,69
Нива одеська	05.10	7,45	8,41	5,69	8,10	5,25	5,35
	20.10	6,71	7,33	5,12	7,05	4,17	4,84
Оптима одеська	05.10	7,05	8,10	5,50	7,05	4,85	5,05
	20.10	6,72	7,49	5,17	7,10	4,19	4,82
Юзівська	05.10	7,80	8,60	5,94	8,25	4,45	5,05
	20.10	6,75	7,51	5,25	7,25	4,25	4,95

Для надпізнього строку сівби (20 жовтня) урожайність у всіх сортів була нижчою, що пов'язано з підвищеним рівнем ураження септоріозом у цей період, зафіксованим у першій таблиці. Так, у сорту Нива одеська після чорного пару урожайність контрольного варіанту становила 6,71 т/га, тоді як у внесеному варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}$ по МТГ – 7,33 т/га, що на 0,62 т/га або 9,2 % більше. Зростання урожайності при внесенні добрив спостерігалося у всіх сортів, що свідчить про важливість живлення для підтримки продуктивності навіть у роки підвищеного тиску хвороб.

Вплив попередника на урожайність також корелює з даними по септоріозу. Найменші врожаї формувалися після соняшнику, особливо у контрольних варіантах, що співпадає з підвищеним ризиком ураження листків у надпізній строк сівби для всіх сортів, за винятком Юзівської. Так, урожайність Житниці одеської після соняшнику без добрив становила лише 5,01 т/га у пізній строк та 4,07 т/га у надпізній, що на 30–40 % менше, ніж після чорного пару з удобренням.

Тобто, висока стійкість сорту до септоріозу, оптимальний вибір попередника у сівозміні та своєчасне добриво забезпечують суттєве підвищення врожайності пшениці озимої. Порівняння двох таблиць дозволяє зробити висновок, що сортові відмінності у резистентності до хвороб безпосередньо корелюють із показниками продуктивності, а також підкреслює важливість комплексного застосування агротехнічних заходів для досягнення високої та стабільної урожайності в умовах північного Степу України.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Встановлено, що ураженість пшениці озимої септоріозом визначалася комплексною взаємодією сорту, попередника та строку сівби. Пізні строки (5 жовтня) сприяли помірному розвитку хвороби (25–42 %), тоді як надпізні (20 жовтня) зумовлювали істотне зростання поширення септоріозу до 40–54 %, а розвитку – до 18,7 %, тобто на 8–12 % і 4–8 % більше, ніж при пізніх строках.

Найменшу сприйнятливість до септоріозу виявив сорт Юзівська, де поширення хвороби не перевищувало 25–40 %, тоді як найбільшу – Нива одеська (42–54 %). Попередник соняшник знижував рівень ураження на 6–16 % порівняно з чорним паром, що пояснюється розривом життєвого циклу патогена та зменшенням інфекційного фону.

Залежність урожайності від фітосанітарного стану чітка: у менш ураженого сорту Юзівська врожайність досягала 8,60 т/га, тоді як у Ниви одеської – 8,41 т/га. Внесення добрив підвищувало урожайність на 10–20 %, частково компенсуючи вплив хвороби.

Поєднання сортової стійкості, оптимального попередника та більш раннього строку сівби (5 жовтня) забезпечує зниження прояву септоріозу на 20–30 % і підвищення урожайності пшениці озимої на 0,5–1,0 т/га в умовах північного Степу України.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на з'ясування генетичних і фізіолого-біохімічних механізмів стійкості пшениці озимої до збудників септоріозу, оптимізацію систем сівозмін і живлення в умовах змінного клімату Північного Степу, а також на розроблення прогнозних моделей розвитку хвороби для підвищення ефективності інтегрованого захисту рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Матюха В.Л., Цилюрик О. І., Семенов С.С. Фітоценотична стійкість агроценозів різних сортів. *Таврійський науковий вісник.* 2024. № 140. С. 176–185

2. Цилюрик О. І. Сучасні системи мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. Одеса: Олді+, 2023. – 344 с.
3. Дідур, І. М., Панцирева, Г. В., Яковець, Л. А. Екологічна стійкість сортів пшениці озимої. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2024. – № 140. С. 125–131. DOI: https://doi. org/10.32782/2226–0099.2024. 140.16.*
4. Біловус Г., Ващишин О., Пристацька О. Шкідливість грибних хвороб пшениці озимої в умовах Лісостепу Західного. *Вісник аграрної науки*, 2021. № 99(3), С. 31–38.
5. Тимощук Т. М., Котельницька Г. М. Оцінка стійкості сортів пшениці озимої до збудників мікозів. *Екологобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану*, 2022. С. 144–147.
6. Любич В. В. Розвиток септоріозу різних сортів пшениці м'якої озимої. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*, 2023. № 102 (1), С. 190–202.
7. Жупина А. Ю., Базалій Г. Г., Усик Л. О., Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О. Успадкування стійкості до септоріозу (Septoria tritici Rob. Et Desm.) гібридами пшениці озимої різного еколого–генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*, 2022. № 12, С. 95–102.
8. Сабадин В. Я., Дубовик Н. С., Куманська Ю. О., Сидорова І. М. Стійкі сорти пшениці озимої проти хвороб в умовах Центрального Лісостепу України. *Редакційна колегія*, 268.
9. Туренко В. П., Олейніков Є. С., Коваленко А. С. Поширеність та шкідливість септоріозу пшениці озимої в умовах змін клімату України. In *Мат. конф.«-Захист і карантин рослин у XXI ст.: проблеми і перспективи.* 2023. pp. 164–167.
10. Бурдуланюк А. О., Приймак І. В. Вплив сортових особливостей озимої пшениці на розвиток септоріозу в умовах тов» Куми–2» Полтавської області. In *XIII International scientific and practical conference «Innovative Scientific Research: Balance of Theory and Practical Application»(March 6–8, 2024) Brussels, Belgium. International Scientific Unity, 2024. 246 p. ISBN 978–617–8427–05–4* (p. 226).
11. Kristoffersen, R., Eriksen, L. B., Nielsen, G. C., Jørgensen, J. R., & Jørgensen, L. N. Management of Septoria tritici blotch using cultivar mixtures. *Plant Disease*, 2022. *106*(5), 1341–1349.
12. Kildea, S., Sheppard, L., Cucak, M., Hutton, F. Detection of virulence to septoria tritici blotch (STB) resistance conferred by the winter wheat cultivar Cougar in the Irish Zymoseptoria tritici population and potential implications for STB control. *Plant Pathology*, 2021.*70*(9), 2137–2147.
13. Van Den Bosch F., Smith J., Wright P., Milne A., Van Den Berg F., Kock-Appelgren P., Paveley N. Maximizing realized yield by breeding for disease tolerance: A case study for Septoria tritici blotch. *Plant Pathology*, 2022. *71*(3), 535–543.
14. Beyer M., Marozsak B., Dam D., Parisot O., Pallez–Barthel M., & Hoffmann L. Enhancing septoria leaf blotch forecasts in winter wheat II: Model architecture and validation results. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2022. *129*(1), 45–51.
15. Aouini L., Gaire R., Scofield S., Brown–Guedira G., Mohammadi M., Goodwin S. B. Genome–Wide Association study in a US soft winter wheat population reveals novel and known sources of resistance to the Septoria tritici blotch pathogen Zymoseptoria tritici. *bioRxiv*, 2025. 09.
16. Туренко В. П., Олейніков Є. С., Коваленко А. С. Особливості патогенезу септоріозу пшениці ярої в умовах Східної частини Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*, 2024. *27*(2), 42–46.
17. Мурашко Л. А., Муха Т. І., Гуменюк О. В., Новицька Н. В., Мартинов О. М. Оцінка стійкості сортів пшениці озимої селекцентрів України проти хвороб на штучних інфекційних фонах їх збудників. *Аграрні інновації*, 2022. 13, 209–214.
18. Олейніков Є. С. Поширеність та шкідливість листкових хвороб пшениці озимої. *Мат. конф.«Захист і карантин рослин.* 2024. pp. 121–124.

19. Мурашко Л. А., Лось Р. М., Місюра І. І., Гуменюк О. В., & Кириленко В. В. Рівень інфікованості зерна пшениці озимої грибними патогенами. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: матеріали II Міжнародної науково–практичної конференції (Біла Церква, 4–5 березня 2021 р.).–Біла Церква: БНАУ, 2021.–261 с.*

20. Мурашко Л. А., Лось Р. М., Місюра І. І., Гуменюк О. В., Кириленко В. В. Рівень інфікованості зерна пшениці озимої грибними патогенами. Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: матеріали II Міжнародної науково–практичної конференції (Біла Церква, 4–5 березня 2021 р.).–Біла Церква: БНАУ, 2021.–261 с.

21. Саблук В. Т., Кононюк Н. О., Свідельська Н. М. Моніторинг ураженості озимих зернових культур хворобами. *Біоенергетика*, 2024. 2, 32–34.

22. Лозінський Б., Грабовський М. Фітосанітарний контроль і рівень мінерального живлення як чинники формування якості зерна і продуктивності сортів пшениці м'якої ярої. Collection of scientific papers «ΛΌГОΣ», (June 6, 2025; Bologna, Italy), 2025. 187–193.

23. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А. Методика польового досліду: навчальний посібник, Одеса: Олді Плюс+, 2024. 448 с.

24. *Трибель С.* О., *Гетьман М. В., Стригун О. О. та ін.* Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб. – К.: Коло обіг, 2010. – 377 с.

25. *Трибель О. С. і ін.* Методики випробування і застосування пестицидів. – К.: Світ, 2001. – 448 с.

26. Система ведення сільського господарства Дніпропетровської області. За ред. Є. М. Лебедя. – Дніпропетровськ, 2005. – 432 с.

27. Циков В. С. Кукурудза: технологія, гібриди, насіння. – Дніпропетровськ: Зоря, 2003. – 246 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 04.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 633.34:631.5:631.67
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.3

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ МАТОЧНИХ КОРЕНЕПЛОДІВ МОРКВИ (*DAUCUS CAROTA* L.) В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Марченко Т.Ю. *– д.с.-г.н, професор,*
завідувач відділу селекції сільськогосподарських культур,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-6994-3443
Косенко Н.П. *– к.с.-г.н.,с.н.с.,*
провідний науковий співробітник відділу овочівництва та баштанництва,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-0877-6116
Книш В.І. *– к.с.-г.н., с.н.с.,*
завідувач відділу овочівництва та баштанництва,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-1598-6867
Кокойко В.В. *– к.с.-г.н., с.д.,*
старший науковий співробітник відділу овочівництва та баштанництва,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000–0000-0002-2528-7920
Шабля О.С. *–к.ек.н., с.д.,*
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-2669-0711
Дробіт О.С. *– к.с.-г.н., с.д.,*
провідний науковий співробітник відділу первинного та елітного насінництва,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3633-5828

У статті наведено результати вивчення впливу елементів технології на урожайність та якість маточних коренеплодів моркви (Daucus carota L.) в умовах зрошення півдня України. Метою досліджень було вивчення впливу строків сівби, густоти рослин та доз внесення добрив на формування врожайності та якості маточників моркви (Daucus carota L.) за умов краплинного зрошення на Півдні України.

Дослідження проводили впродовж 2019–2021 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН України, що знаходиться в південно-західній частині Херсонської області у 12 км від м. Херсон на землях Інгулецької зрошувальної системи.

Максимальну середню врожайність (62,0 т/га) сформовано за сівби у першій декаді червня, внесення розрахункової дози добрив $N_{145}P_{60}K8_0$ та густоти 1,0 млн шт./га.

© Марченко Т.Ю., Косенко Н.П., Книш В.І., Кокойко В.В., Шабля О.С., Дробіт О.С., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Результати досліджень свідчать, що ранній строк сівби (перша декада червня) у поєднанні з помірною густотою рослин (0,6–0,8 млн шт./га) забезпечує вищий вміст сухої речовини, цукрів і каротину в маточних коренеплодах. Підвищені дози азотних добрив, особливо за загущених посівів і пізньої сівби (у другій декаді червня), сприяють накопиченню нітратів і зниженню якісних показників продукції.

Встановлено, що оптимальним поєднанням агротехнічних чинників для формування високої врожайності маточних коренеплодів моркви є сівба у першій декаді червня, застосування підвищеного фону мінерального живлення та густота рослин 0,8–1,0 млн шт./га, що забезпечує стабільно високий та статистично достовірний рівень урожайності. Ранній строк сівби (перша декада червня) у поєднанні з густотою рослин 0,6–0,8 млн шт./га забезпечує вищий вміст сухої речовини, цукрів і каротину в маточних коренеплодах.

Підвищені дози азотних добрив, особливо за загущених посівів і пізньої сівби, сприяють накопиченню нітратів і зниженню якісних показників продукції.

Ключові слова: *морква (Daucus carota L.), строк сівби, густота рослин, дози внесення добрив, урожайність, біохімічний склад, каротин, нітрати.*

Marchenko T.Yu., Kosenko N.P., Knysh V.I., Kokoiko V.V., Shablya O.S., Drobit A.S. Influence of technology elements on the yield and quality of carrot roots (Daucus carota L.) under irrigation conditions of southern Ukraine

The article presents the results of studying the influence of technology elements on the yield and quality of carrot root crops (Daucus carota L.) under irrigation conditions in southern Ukraine. The aim of the research was to study the influence of sowing dates, plant density and fertilizer application rates on the formation of yield and quality of carrot root crops (Daucus carota L.) under drip irrigation conditions in southern Ukraine.

The research was conducted during 2019–2021 at the experimental field of the institute of irrigated agriculture of the naas of ukraine, located in the southwestern part of the kherson region, 12 km from the city of kherson on the lands of the ingulets irrigation system.

The maximum average yield (62.0 t/ha) was formed when sowing in the first decade of june, applying the calculated dose of fertilizers $n_{145}p_{60}k8_0$ and a density of 1.0 million pcs./ha. The results of the research show that early sowing (first decade of june) in combination with moderate plant density (0.6–0.8 million pcs./ha) provides a higher content of dry matter, sugars and carotene in uterine root crops. Increased doses of nitrogen fertilizers, especially with thickened crops and late sowing (in the second decade of june), contribute to the accumulation of nitrates and a decrease in the quality indicators of products.

It was established that the optimal combination of agrotechnical factors for the formation of high yields of uterine carrot root crops is sowing in the first decade of june, the use of an increased background of mineral nutrition and a plant density of 0.8–1.0 million pcs./ha, which provides a stably high and statistically significant level of yield. Early sowing date (first decade of june) in combination with plant density of 0.6–0.8 million pcs./ha provides higher content of dry matter, sugars and carotene in uterine root crops.

Increased doses of nitrogen fertilizers, especially with thickened crops and late sowing, contribute to the accumulation of nitrates and a decrease in the quality indicators of products.

Key words: *carrot (daucus carota l.), sowing date, plant density, fertilizer doses, yield, biochemical composition, carotene, nitrates.*

Постановка проблеми. Морква (*Daucus carota* L.) – цінна овочева культура, яка входить до десятки найважливіших з економічного точки зору овочевих видів рослин за площами виробництва та ринковою вартістю. Морква за своїми харчовими і дієтичними властивостями (вмістом харчових волокон, вітамінів, каротиноїдів) є компонентом раціонального здорового харчування людини: у свіжому вигляді, для виготовлення овочевих консервів, соку, заморожування (компонент у овочевих сумішках), сушіння. Коренеплоди моркви містять велику кількість каротину (10 мг/100 г), тіаміну (0,04 мг/100 г) та рибофлавіну (0,05 мг/100 г), служить джерелом вітаміну С, вуглеводів, білків, жирів, мінералів, клітковини. Завдяки цим корисним властивостям споживання моркви у світі з кожним роком зростає [1]. У 2000 році площа вирощування у світі була 1,007 млн га, у 2010 році – 1,17 млн га,

у 2022 році – 1,128 млн га. Валовий збір коренеплодів за цей період збільшився з 21,962 млн т (2000 р.) до 41,394 млн т (2022 р.). За останні 10 років в Україні щорічно вирощують від 38,2 тис. га (2022 р.) до 48,3 тис. га (2012 р.), що складає 9,0-9,3% площі, зайнятої овочами, валовий збір коренеплодів був відповідно 748,9 та 915,9 тис. т [2]. Насінництво – найважливіший сегмент овочівництва, який формує потенціал галузі та підвищує її ефективність. Основною метою насінництва є розмноження та впровадження у виробництво нових, високопродуктивних сортів і гібридів овочевих культур, розроблення зональних технологій вирощування насіння [3]. На даний час існує необхідність у доопрацюванні ряду практичних питань щодо основних складових систем насінництва моркви. Застосування ефективних елементів технології за висадкового способу вирощування забезпечує отримання насіння високої якості. Тому розроблення сучасних технологій вирощування насіння вітчизняних сортів моркви є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Насіння моркви вирощують двома способами: висадковим та без пересаджування маточних коренеплодів. За висадкового способу маточні коренеплоди після зимового зберігання та осіннього добору висаджують рано навесні. На другий рік із маточного коренеплоду формується насіннєва рослина. Технологія вирощування насіння складається з трьох етапів: вирощування маточних коренеплодів, зберігання маточного матеріалу і вирощування насіннєвих рослин [4]. Маточний матеріал для висаджування отримують за весняного та літнього строків сівби. Особливістю строків посіву літом є те, що насіння висівають пізніше з метою одержання молодих, типових, добре розвинених, але не переросліх маточників, що добре зберігаються. О. Я. Жук рекомендує у Поліссі висівати насіння для отримання маточників у першій половині травня, у Лісостепу – друга половина травня, у південних районах – перша половина червня і пізніше. Маточні коренеплоди, що вирощені за оптимальних строків сівби не тільки краще зберігаються, забезпечують урожайність насіння, яка є більшою на 30% [5]. Урожайність коренеплодів моркви залежно від умов вирощування може коливатися від 30 до 100 т/га [6]. Густота вирощування рослин є одним з основних факторів, що впливають на врожайність та розмір коренеплодів моркви [7]. За даними Kelley W. та Phatak S. [8], ідеальна густота рослин повинна бути в діапазоні 450 тис.шт./га для отримання моркви для споживання у свіжому вигляді та 300 тис.шт./га для переробки. Багато дослідників вивчали різну густоту рослин для підвищення врожайності моркви за різних умов вирощування. Наголошується, що вузькорядна схема посіву забезпечує високий урожай коренеплодів моркви [9, 10]. Протилежної думки дотримуються Kabir A. at al. [11], за повідомленням цих вчених максимальний урожай був отриманий з рослин, вирощених за найбільшої відстанні між рослинами в рядку. Різниця може виникати через цільове використання моркви, оскільки кожне використання має свій певний діапазон розмірів коренеплодів [12].

Simões A. at al. підтвердили, що використання високої густоти рослин та раннього збору врожаю може призвести до отримання молодої моркви, яка є більш прийнятною для реалізації на ринку свіжих овочів [13]. Хоча деякі автори повідомляють про оптимальну густоту рослин за різних методів підготовки грунту при вирощуванні моркви [14]. З точки зору дослідників Habtamu T. та Jembere M. площа живлення рослин 10×4 см є оптимальною для вирощування моркви і отримання товарного врожаю крупних коренеплодів [15]. Для вирощування маточних коренеплодів густота рослин коливається від 400 тис. шт./га до 1,0 млн шт./га [16]. Розмір маточного коренеплоду впливає на ріст, розвиток

рослин, насіннєву продуктивність, якість насіння. Більші за розміром коренеплоди (маточники) утворюють більш розгалужені насіннєві рослини [17]. За зменшення площі живлення насіннєвих рослин моркви змінюється архітектоніка насіннєвого куща. Як наслідок, урожайність з однієї рослини зменшується, але збільшується з одиниці площі [18]. За збільшення густоти маточних коренеплодів дрібної фракції можна отримати врожай насіння на 22% більше порівняно з маточниками середнього розміру. За внесення мінеральних добрив формується більша кількість та діаметр суцвіть, збільшується врожайність з одного суцвіття та всієї рослини [19].

Постановка завдання. Метою наших досліджень було вивчення впливу строків сівби, густоти рослин та доз внесення добрив на формування врожайності та якості маточників моркви (*Daucus carota* L.) за умов краплинного зрошення на Півдні України.

Дослідження проводили впродовж 2019–2021 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН України, що знаходиться в південно-західній частині Херсонської області у 12 км від м. Херсон на землях Інгулецької зрошувальної системи.

Ґрунти дослідної ділянки темно-каштанові слабосолонцюваті середньосуглинкові з глибиною гумусового шару 45–50 см. Уміст гумусу в орному (0-30 см) шарі ґрунту 2,25%. Вміст сполук азоту, що легко гідролізуються становить 3,4 %, рухомого фосфору – 32 мг, обмінного калію – 230 мг на 1 кг абсолютно сухого ґрунту. Найменша вологоємність на дослідному полі в шарі ґрунту 0-50 см становить 23,2%, 0-100 см – 22,0%, 0-150 см – 21,3%. Об'ємна маса 0-50 см шару ґрунту 1,35-1,45; 0-100 см – 1,5; 0-150 см – 1,6 г/см^3.

Дослідження впливу строків сівби, внесення добрив, густоти стояння рослин на врожайність маточників моркви проводили за схемою: фактор А – строк сівби 1) перша декада червня, 2) друга декада червня; фактор В – доза внесення добрив: 1) Без добрив (контроль), 2) рекомендована доза $N_{90}P_{90}K_{60}$, 3) розрахункова $N_{145}P_{60}K_{80}$; фактор С – густота рослин: 1) 0,6 млн шт./га, 2) 0,8 млн шт./га, 3) 1,0 млн шт./га. Розрахункову дозу внесення добрив визначали балансовим методом на врожайність 60 т/га. Повторність досліду чотириразова, загальна площа ділянки – 14 м^2, облікова – 10 м^2. У досліді використовується сорт моркви Яскрава. Зволоження ґрунту здійснювали за допомогою системи краплинного зрошення з використанням краплинної стрічки (відстань між емітерами – 0,20 м, витрати води – 1.4 дм^3/год.). Статистичну обробку результатів досліджень та лабораторних аналізів проводили методом дисперсійного і кореляційного-регресійного аналізів.

Застосовували методи: польовий, візуальний, математико-статистичний, розрахунково-порівняльний. Планування та проведення досліджень виконували згідно загальноприйнятої методики проведення польового досліду, методичних рекомендацій та посібників. Статистичну обробку результатів досліджень та лабораторних аналізів проводили методом дисперсійного і кореляційного-регресійного аналізів [20, 21].

Результати досліджень.

Вибір відповідного строку сівби моркви столової є одним з основних найважливіших технологічних прийомів, який дає можливість оптимізувати врожайність та якість продукції. Для будь-якої агрокультури є свій оптимальний строк сівби. Запізнення з посівами призводить до зниження врожаю. Оптимальний строк висіву насіння дає можливість зменшити вплив низьких та високих температур, шкідників, хвороб і бур'янів. Дослідження проведені на інших овочевих рослинах

показують, що оптимальні строки є ті, які створюють найбільш сприятливі умови для їх росту, розвитку та формування врожаю.

Вплив строків сівби (фактор А), доз мінеральних добрив (фактор В) та густоти стояння рослин (фактор С) на врожайність маточних коренеплодів моркви представлено в таблиці 1. Дослідженнями встановлено, що строки сівби мають значний вплив на врожайність коренеплодів моркви. В умовах 2019 року урожайність маточних коренеплодів моркви за першого строку сівби без внесення добрив становить 33,9–40,1 т/га, за рекомендованої дози добрив – 39,4–44,0 т/га розрахункової – 41,8–46,3 т/га (табл. 1).

Таблиця 1

Урожайність маточних коренеплодів моркви (Daucus carota L.), залежно від строків сівби, доз добрив та густоти рослин, (середнє за 2019–2021 рр.)

№ з/п	Строк сівби (фактор А)	Внесення добрив (фактор В)	Густота рослин, млн. шт./га (фактор С)	Загальна врожайність маточних коренеплодів, т/га			
				2019 р.	2020 р.	2021 р.	2019–2021 рр.
1	Перша декада червня	без добрив (контроль)	0,6	33,9	38,7	54,6	42,4
2			0,8	39,8	46,4	69,9	51,9
3			1,0	40,1	49,6	68,6	52,1
4		рекомендована $N_{90}P_{60}K_{60}$	0,6	39,4	44,6	65,2	49,7
5			0,8	40,3	53,4	68,4	54,0
6			1,0	44,0	59,1	74,7	59,6
7		розрахункова $N_{145}P_{60}K_{80}$	0,6	41,8	47,0	68,4	52,4
8			0,8	43,1	57,1	73,8	58,0
9			1,0	46,3	61,8	78,0	62,0
10	Друга декада червня	без добрив	0,6	29,2	35,6	50,4	38,7
11			0,8	35,7	41,4	59,2	45,8
12			1,0	37,3	46,8	65,2	49,8
13		рекомендована $N_{90}P_{60}K_{60}$	0,6	33,2	41,4	59,7	44,8
14			0,8	39,2	49,7	66,9	52,6
15			1,0	39,9	56,6	69,9	55,5
16		розрахункова $N_{145}P_{60}K_{80}$	0,6	35,8	44,3	61,4	47,2
17			0,8	39,7	54,2	69,8	55,2
18			1,0	44,0	58,5	73,4	58,6
$НІР_{05}$ фактор А				4,5	0,6	1,8	
$НІР_{05}$ фактор В				5,4	1,0	1,2	
$НІР_{05}$ фактор С				3,5	0,7	1,2	

За другого строку сівби без внесення добрив урожайність була 29,2–37,3 т/га, за рекомендованої дози добрив – 35,6–46,8 т/га розрахункової – 44,3–58,5 т/га.

Аналіз факторів впливу у 2020 році показав, що врожайність коренеплодів за першого строку була 48,9 т/га, що на 3,2 т/га (7,0 %) більше, ніж за другого строку сівби. Внесення рекомендованої дози добрив збільшує врожайність коренеплодів

на 8,1 т/га (19,8 %), розрахункової – 10,8 т/га (26,3%) порівняно з контролем (без добрив). За густоти рослин 0,8 млн шт./га врожайність коренеплодів збільшується на 8,6 т/га (21,6 %).

Аналіз даних за роками досліджень показав, що максимальну врожайність маточних коренеплодів моркви (*Daucus carota* L.) відзначено у 2021 році. Встановлено, що найвищу врожайність маточних коренеплодів отримано за сівби у першу декаду червня. За цього строку навіть на контролі (без внесення добрив) підвищення густоти рослин з 0,6 до 0,8 млн шт./га забезпечувало зростання врожайності з 54,6 до 69,9 т/га, тоді як подальше збільшення густоти до 1,0 млн шт./га не супроводжувалося істотним збільшенням урожаю. Внесення мінеральних добрив суттєво підвищувало врожайність порівняно з контролем. За рекомендованої дози $N_{90}P_{60}K_{60}$ максимальна врожайність (74,7 т/га) сформувалася за густоти 1,0 млн шт./га. Подальше підвищення рівня живлення до розрахункової дози $N_{145}P_{60}K_{80}$ забезпечило найвищі показники врожайності у варіантах досліду – до 78,0 т/га за густоти 1,0 млн шт./га.

За сівби у другу декаду червня загальна врожайність маточних коренеплодів була нижчою порівняно з ранніми строком незалежно від рівня удобрення та густоти рослин. На контролі врожайність коливалася в межах 50,4–65,2 т/га, тоді як застосування рекомендованих і розрахункових доз добрив сприяло її підвищенню до 69,9–73,4 т/га. Аналогічно до першого строку сівби, максимальні значення врожайності за другого строку формувалися за густоти 1,0 млн шт./га та підвищеного рівня мінерального живлення рослин.

Оптимальні умови для формування високої врожайності маточних коренеплодів моркви у 2021 році забезпечувала сівба у першу декаду червня в поєднанні з внесенням розрахункової норми мінеральних добрив $N_{145}P_{60}K_{80}$ та густотою рослин 1,0 млн шт./га.

Загалом сівба у першій декаді червня забезпечила вищу врожайність маточних коренеплодів порівняно з другою декадою червня. За середніми даними 2019–2021 рр. різниця становила 3–6 т/га залежно від фону удобрення та густоти рослин, що підтверджується достовірними значеннями $НІР_{05}$ для головних ефектів фактора А.

На обох строках сівби внесення мінеральних добрив істотно підвищувало врожайність порівняно з контролем. За рекомендованої дози $N_{90}P_{60}K_{60}$ приріст урожайності становив у середньому 7–10 т/га. Розрахункова доза $N_{145}P_{60}K_{80}$ забезпечувала максимальні показники врожайності, перевищуючи контроль на 10–20 т/га залежно від густоти рослин і року вирощування.

Збільшення густоти рослин з 0,6 до 1,0 млн шт./га супроводжувалося сталим зростанням урожайності маточних коренеплодів. Найвищі середні за три роки показники одержано за густоти 1,0 млн шт./га**,** особливо на удобрених варіантах. Так, у першій декаді червня за розрахункової дози добрив урожайність зросла з 52,4 до 62,0 т/га, а у другій декаді – з 47,2 до 58,6 т/га.

Максимальну середню врожайність (62,0 т/га) сформовано за сівби у першій декаді червня, внесення розрахункової дози добрив $N_{145}P_{60}K80$ та густоти 1,0 млн шт./га. Мінімальна врожайність (38,7 т/га) відмічена на контрольному варіанті – без добрив за сівби у другій декаді червня та густоти 0,6 млн шт./га.

Отримані результати свідчать, що оптимальним поєднанням агротехнічних чинників для формування високої врожайності маточних коренеплодів моркви є сівба у першій декаді червня**,** застосування підвищеного фону мінерального живлення та густота рослин 0,8–1,0 млн шт./га**,** що забезпечує стабільно високі

та статистично достовірне збільшення врожайності. Кореляційний і регресійний аналіз експериментальних даних виявив тісний прямий зв'язок між насіннєвою продуктивністю рослин моркви столової і факторами, що досліджувалися. Нами була розрахована математична модель, що показує залежність урожайності насіння від строків посіву (сума активних температур більше 10°С за вегетацію) і густоти стояння рослин, і виражається рівнянням регресії: за результатами 2021 року $Y = 1{,}11–0{,}023x_1 + 0{,}033x_2$, де Y– урожайність насіння, т/га; х1 – сума активних температур за вегетацію, тис.°С; x^2 – густота рослин, тис. шт./га. Строки посіву та густота рослин істотно впливають на насіннєву продуктивність рослин. Між середньою врожайністю насіння за роки досліджень і густотою рослин встановлена сильна пряма кореляційна залежність: коефіцієнт регресії становить R=0,96.

Таблиця 2 характеризує вплив строків сівби (фактор А)**,** системи удобрення (фактор В) та густоти рослин (фактор С) на біохімічний склад маточних коренеплодів моркви (*Daucus carota* L.), за вмістом сухої речовини, цукрів, вітаміну С, каротину та нітратів.

Аналіз біохімічного складу коренеплодів показав, що у середньому за 2019–2021 рр. уміст загальної сухої речовини за першого строку сівби складав 14,20–15,82 %, цукрів – 7,1–7,9 %, вітаміну С – 7,85-8,53 мг/100 г, каротину – 12,36–16,18 мг/100 г, нітратів – 83–215 мг/кг (табл. 2).

За контрольного варіанта (без добрив) у разі збільшення густоти з 0,6 до 1,0 млн рослин/га спостерігається зниження вмісту загальної сухої речовини (з 15,82 до 14,42 %) та каротину (з 16,72 до 12,36 мг/100 г), водночас підвищується вміст нітратів (з 83 до 104 мг/кг). Вміст цукрів і вітаміну С змінювався незначно.

У коренеплодах моркви (*Daucus carota* L.), отриманих за сівби у другій декаді червня містилося загальної сухої речовини 13,49–14,15 %, цукрів – 6,5–7,3 %, вітаміну С – 7,72– 8,26 мг/100 г, каротину – 10,67–12,28 мг/100 г, нітратів – 153–254 мг/кг.

Застосування рекомендованої дози добрив $N_{90}P_{90}K_{60}$ призводило до певного зниження вмісту сухої речовини і цукрів порівняно з контролем, але забезпечувало дещо вищий рівень вітаміну С (до 8,22 мг/100 г). Разом із тим відмічено істотне зростання накопичення нітратів – до 129–162 мг/кг, особливо за підвищеної густоти стояння.

За розрахункової дози $N_{145}P_{60}K_{80}$ простежується подальше зниження вмісту сухої речовини (до 14,20 %) і каротину (до 12,62 мг/100 г) та одночасне різке зростання нітратів – до 174–214 мг/кг. Це свідчить про посилене азотне живлення як чинник погіршення екологічної якості коренеплодів.

За сівби у другій декаді червня загальний рівень сухої речовини, цукрів і каротину був нижчим порівняно з першою декадою червня незалежно від фону удобрення. У контрольному варіанті вміст сухої речовини зменшувався до 13,78–14,15%, а каротину – до 11,39–12,28 мг/100 г.

Внесення мінеральних добрив за сівби у другій декаді червня також сприяло підвищенню вмісту нітратів, особливо за розрахункової дози $N_{145}P_{60}K_{80}$, де їх концентрація досягала 211–254 мг/кг. Одночасно спостерігалося зниження вмісту цукрів (до 6,54–6,7%) і каротину (до 10,67 мг/100 г) за максимальної густоти рослин.

Результати досліджень свідчать, що ранній строк сівби (перша декада червня) у поєднанні з помірною густотою рослин (0,6–0,8 млн шт./га) забезпечує вищий вміст сухої речовини, цукрів і каротину в маточних коренеплодах. Підвищені

дози азотних добрив, особливо за загущених посівів і пізньої сівби (у другій декаді червня), сприяють накопиченню нітратів і зниженню якісних показників продукції.

Таблиця 2

Вплив строків сівби, доз добрив та густоти рослин на біохімічний склад коренеплодів моркви (Daucus carota L.), (середнє за 2019–2021 рр.)

№ з/п	Внесення добрив (фактор В)	Густота рослин, млн. шт./га (фактор С)	Міститься в маточних коренеплодах				
			загальної сухої речовини, %	цукрів, %	вітаміну С, мг/100 г	каротину, мг/100 г	нітратів, мг/кг
Сівба у першій декаді червня (фактор А)							
1	Без добрив (контроль)	0,6	15,82	7,9	8,05	16,72	83
2		0,8	15,54	7,7	8,02	15,74	96
3		1,0	14,42	7,9	7,85	12,36	104
4	рекомендована $N_{90}P_{90}K_{60}$	0,6	15,27	7,4	8,22	16,18	129
5		0,8	15,08	7,3	7,88	14,99	143
6		1,0	14,65	7,1	8,18	15,73	162
7	розрахункова $N_{145}P_{60}K_{80}$	0,6	14,86	7,3	8,34	13,18	174
8		0,8	14,66	7,2	8,53	12,84	190
9		1,0	14,20	7,1	8,37	12,62	215
Сівба у другій декаді червня							
10	Без добрив (контроль)	0,6	14,15	7,2	8,26	12,28	153
11		0,8	13,98	7,3	8,08	11,56	164
12		1,0	13,78	6,9	7,99	11,39	175
13	рекомендована $N_{90}P_{90}K_{60}$	0,6	13,92	7,1	8,06	11,59	168
14		0,8	13,71	6,9	7,97	11,17	178
15		1,0	13,56	6,7	7,89	10,97	199
16	розрахункова $N_{145}P_{60}K_{80}$	0,6	13,73	6,7	7,99	11,09	211
17		0,8	13,67	6,6	7,96	10,82	246
18		1,0	13,49	6,5	7,72	10,67	254

Висновки і пропозиції. Встановлено, що оптимальним поєднанням агротехнічних чинників для формування високої врожайності маточних коренеплодів моркви є сівба у першій декаді червня**,** застосування підвищеного фону мінерального живлення та густота рослин 0,8–1,0 млн шт./га**,** що забезпечує стабільно високий та статистично достовірний рівень урожайності.

Ранній строк сівби (перша декада червня) у поєднанні з густотою рослин 0,6–0,8 млн шт./га забезпечує вищий вміст сухої речовини, цукрів і каротину в маточних коренеплодах. Підвищені дози азотних добрив, особливо за загущених посівів і пізньої сівби, сприяють накопиченню нітратів і зниженню якісних показників продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kosenko N. P., Knysh V. I., Kokoiko V. V. Estimation of diferent methods of grpwing carrot seeds (*Daucus carota* L.) under drop irrigation in southern of Ukraine. *Publishing House "Baltija Publishing"*. 2024. С. 152–169. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-389-7-8.

2. FAOSTAT Crop Statistics. [(accessed on 05 December 2025)]. Available online: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize

3. Могильна О. М., Рудь В. П., Терьохіна Л. А., Ільїнова Є. М., Стовбір О. П. Сучасні проблеми насінництва овочевих культур та шляхи їх вирішення. *Овочівництво і баштанництво*. 2022. Вип. 71. С. 76–85. https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-76-85

4. Косенко Н. П. Насіннєва продуктивність моркви столової за використання методу штеклінгів в умовах. *Зрошуване землеробство*. 2020. Вип. 74. С. 134–138. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.74.24

5. Жук О. Я., Сич З. Д. Насінництво овочевих культур : навч. посібник. Вінниця : «Глобус-ПРЕС», 2011. 450 с.

6. Suarez L. A., Robertson-Dean M., Brinkhoff J., Robson A. Forecasting carrot yield with optimal timing of Sentinel 2 image acquisition. *Precision Agriculture*, 2023. V. 25(1). P. 1–19. https://doi.org/10.1007/s11119-023-10083-z

7. Lana M. M. The effects of line spacing and harvest time on processing yield and root size of carrot for Cenourete production. *Hortic. Bras*. 2012. № 30(2). P. 304–311. https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200020

8. Kelley W. T., Phatak S. C. Commercial production and management of carrots. USA: University of Georgia Extension Office; 2012. https://fieldreport.caes.uga.edu/publications/B1175/commercial-production-and-management-of-carrots/

9. Shiberu T., Tamiru S. Effect of intra spacing on yield and yield components carrot (*Daucus carrota L. sub sp. sativus*). *Current Research in Agricultural Sciences*. 2016. V.3(1). P. 1–6. https://doi.org/10.18488/journal.68/2016.3.1/68.1.1.6

10. Dawuda M. M., Boateng P. Y., Hemeng O. B., Nyarko G. Growth and yield response of carrot (*Daucus carota* L.) to different rates of soil amendments and spacing. *Science Technology.* 2011. V. 31(2). P. 11–20. http://hdl.handle.net/123456789/3005

11. Kabir A., Ali A., Waliullah M. H. Effect of spacing and sowing time on growth and yield of carrot (*Daucus carrota* L.). *International Journal of Sustainable Agriculture*. 2013. V. 5(1). P. 29–36. https://doi.org/10.5829/idosi.ijsa.2013.05.01.318

12. Lana M. M., Carvalho A.D.F. Effect of plant density and genotype on root size and recovery of Cenourete raw-material. *Hortic Bras*. 2013. V. 31. P. 266–272. https://doi.org/10.1590/s0102-05362013000200015

13. Simões A. do N., Moreira S. I., da Costa F. B., de Almeida A. R., Santos R.H.S., and Puschmann R. Population density and harvest age of carrots for baby carrot manufacture. *Hortic Bras*. 2010. V. 28(2). P. 147–154. https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000200002

14. Tabor G., Yesuf M. Mapping the current knowledge of carrot cultivation in Ethiopia. Unpublished paper submitted to Carrot Aid Project. Denmark; 2012.

15. Habtamu T., Mnuyelet J. Influences of spacing on yield and root size of carrot (*Daucus carota* L.) under ridge-furrow production. *Open Agriculture.* 2021. V. 6(1). P. 826 –835. https://doi.org/10.1515/opag-2021-0062

16. Mengistu T.,Yamoah, Ch. Effect of Sowing Date and Planting Density on Seed Production of Carrot (*Daucus carota var. sativa*). *J. Plant. Science*. 2010. V. 4(8). P. 270–279. http://www.academicjournals.org/AJPS

17. Ilyas M. Ayub G., Ahmad N., Ullah O., Hassan S. and Ullah R. (2013). Effect of Different Steckling Size and Phosphorous Levels on Seed Production in Carrot (*Daucus carota* L.). *Middle-East J. of Science Research*. 2013. V. 17(3). P. 280–286. https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.17.03.12139

18. Alessandro M. S., Galmarini C. R. Inheritance of Vernalization Requirement

in Carrot. *J. Amer. Soc. Horticulture Science*. 2007. V. 132(4). P. 525–529. https://doi.org/10.21273/JASHS.132.4.525.

19. Косенко Н. П., Бондаренко К. О. Насіннєва продуктивність моркви столової за висадкового способу вирощування за краплинного зрошення. *Вісник аграрної науки: науково-теоретичний журнал*. 2021. № 99(6). С. 66–73. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202106-08.

20. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство): навчальний посібник. Херсон : «Грінь Д.С.», 2014. 448 с.

21. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон : «Айлант», 2013. 381 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 19.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 633.161: 631.8
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.4

ВПЛИВ ПРИПОСІВНОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ БІОГУМУСУ НА ПОКАЗНИКИ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЗВИЧАЙНОГО ЯРОГО ЗА ОРГАНІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ У ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Макарчук Б.М. *– старший науковий співробітник,*
Український інститут експертизи сортів рослин
orcid.org/0009-0003-4957-8399
Герасько Т.В. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри рослинництва та садівництва імені профксора В.В. Калитки,
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
orcid.org/0000-0002-1331-4397

Мета даної статті – з'ясувати вплив припосівного внесення біогумусу у дозі 100 кг/га на показники продуктивності ячменю звичайного ярого (Hordeum vulgare) в умовах органічного землеробства у Лісостепу України. Методи. *Трирічний польовий дослід був проведений у Київській спеціалізованій філії Українського інституту експертизи сортів рослин (Україна, Київська область, Білоцерківський район). Ґрунт дослідної ділянки - чорнозем типовий малогумусний. Погодні умови у період вирощування ячменю ярого коливалися від посушливих (2024 і 2025 роки) до екстремально посушливих (2023 рік). Ячмінь звичайний ярий (сорти Командор, КВС Кріссі і Абсолют) вирощували за органічною технологією. Попередником для ячменю ярого у досліді слугувала конюшина лучна (Trifolium pratense), яку скошували двічі упродовж її вегетаційного періоду і заорювали у ґрунт на глибину 20–22 см. Густоту стояння рослин підраховували двічі: під час повних сходів і за лабораторного аналізу пробного снопа, взятого з тих самих майданчиків напередодні збирання. Виживаність рослин до збирання (%), кількість продуктивних стебел на (шт./м²) перед збиранням, продуктивна кущистість, число зерен в колосі (шт.), маса 1000 зерен (г), біологічний урожай (т/га) були визначені за лабораторним аналізом снопових зразків. Статистичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу (ANOVA), використовуючи програмне забезпечення MS Excel (Редмонд, Вашингтон, США). Результати. Локальне внесення біогумусу під час сівби в дозі 100 кг/га позитивно вплинуло на зростання показників виживаності рослин до моменту збирання, продуктивної кущистості та кількості зерен у колосі ярого ячменю, збільшивши їх на 1–9 %, залежно від погодних умов року і сорту ячменю ярого. Висновки. У середньому за три роки дослідження біологічна врожайність сортів ярого ячменю за умов припосівного рядкового внесення біогумусу у дозі 100 кг/га зросла на 7–19 %.*

Ключові слова: *ячмінь ярий, біогумус, припосівне рядкове внесення добрив, урожайність, органічна технологія вирощування.*

Makarchuk B.M., Gerasko T.V. The influence of local application of biohumus at sowing on the productivity indicators of common spring barley under organic cultivation technology in the forest-steppe of Ukraine

The purpose of this article is to determine the effect of sowing biohumus at a dose of 100 kg ha^{-1} on the productivity indicators of common spring barley (Hordeum vulgare) under organic farming conditions in the Forest-Steppe of Ukraine. Methods. A three-year field experiment was conducted in the Kyiv Specialized Branch of the Ukrainian Institute of Plant Variety Expertise (Ukraine, Kyiv region, Bila Tserkva district). The soil of the experimental plot is typical low-humus black soil. Weather conditions during the period of growing spring barley ranged from arid (2024 and 2025) to extremely arid (2023). Common spring barley (varieties Komandor, KWS

© Макарчук Б.М., Герасько Т.В., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Chrissie and Absoliut) was grown using organic technology. The precursor for spring barley in the experiment was meadow clover (Trifolium pratense), which was mowed twice during its growing season and plowed into the soil to a depth of 20–22 cm. Plant density was calculated twice: during full emergence and during laboratory analysis of a test sheaf taken from the same sites on the eve of harvesting. Plant survival to harvest (%), the number of productive stems per (pcs. M^{-2}) before harvesting, productive bushiness, the number of grains per ear (pcs.), the weight of 1000 grains (g), and biological yield (t/ha) were determined by laboratory analysis of sheaf samples. Statistical processing of the research results was carried out by the analysis of variance (ANOVA) method using MS Excel software (Redmond, Washington, USA). Results. Local application of biohumus during sowing at a dose of 100 kg ha^{-1} had a positive effect on the growth of plant survival rates until harvest, productive bushiness and the number of grains in the ear of spring barley, increasing them by 1–9%, depending on the weather conditions of the year and the spring barley variety. Conclusions. On average, over the three years of the study, the biological yield of spring barley varieties under the conditions of sowing row application of biohumus at a dose of 100 kg ha^{-1} increased by 7–19%.

Key words: *spring barley, biohumus, sowing row application of fertilizers, crop capacity, organic growing technology.*

Постановка проблеми. Ячмінь ярий (Hordeum vulgare L.) є однією з провідних злакових культур у світовому агровиробництві, що зумовлено його винятковою адаптивністю до різноманітних несприятливих екологічних факторів [1, с. 84-97]. Водночас, як в Україні, так і в глобальному масштабі, гостро постає проблема деградації та необхідності відновлення ґрунтової родючості [2, с. 15–21]. Оптимальним рішенням для підвищення продуктивності ґрунтів вважається впровадження органічного землеробства з активним використанням органічних добрив. Проте, значні обсяги органічних добрив є економічно необґрунтованими для аграрних підприємств. Водночас, питання локалізованого застосування мінімальних доз органічних добрив у контексті вирощування ячменю ярого наразі залишається недостатньо вивченим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Україна посідає одне з провідних місць у світі за обсягами виробництва зерна ячменю, здійснюючи його експорт до численних країн Африканського та Азіатського континентів [3, с. 90–103]. За даними офіційної статистики, у 2025 році на території України посівні площі під ярим ячменем становили 781,4 тис. га, що забезпечило збір 2911,4 тис. т зерна при середній врожайності 3,73 т/га (за всіма категоріями господарств). Зокрема, у Київській області ярий ячмінь культивувався на 46,7 тис. га, звідки було зібрано 212,8 тис. т зерна із показником врожайності 4,55 т/га [4]. Враховуючи зазначені обставини, удосконалення технологій вирощування ячменю є нагальним завданням для українських вчених-агрономів. Відновлення та підтримання родючості ґрунтів критично залежить від внесення органічних добрив. Проте, поширеною на сьогодні є практика поверхневого розподілу органічних добрив з подальшою глибокою обробкою ґрунту. Ефективні норми внесення при такому підході коливаються в межах 3–20 т/га [5, 183–189]. Однак, більшість агропідприємств, що спеціалізуються на зернових культурах, не мають власного виробництва органічних добрив і змушені їх закуповувати, що часто призводить до ситуації, коли зростання врожайності з одиниці площі не завжди компенсує витрати на їх придбання. За таких умов, оптимальним і економічно обґрунтованим рішенням видається локалізоване припосівне застосування органічних добрив. Біогумус визнається високоефективним органічним кондиціонером ґрунту завдяки його багатоаспектному впливу не тільки на агрономічну продуктивність культур [6, с. 679–693], а й на їхню резистентність до фітофагів та фітопатогенів [5, с. 183–189]. Цей ефект досягається шляхом сприяння збагаченню ґрунтової мікробіоти корисними штамами,

що підтримують едафічне здоров'я [7, с. 21–36]. Примітно, що сертифікований біогумус преміум-класу є позбавленим фітопатогенної мікрофлори, тоді як кожен його грам може містити до 2×10^{12} колонієутворюючих одиниць (КУО) ґрунтових бактерій [8, с. 168–177]. Розглядаючи біогумус не як традиційне добриво (джерело макро- та мікроелементів), а радше як біостимулятор росту рослин та мікробний інокулянт для ґрунтового середовища, ефективність навіть мінімальних норм його внесення (100–300 кг/га) може бути досягнута при локальному (рядковому) застосуванні під час посіву. Проте ефективність локального припосівного внесення біогумусу у мінімальних дозах ще не досліджувалася на ячменю ярому. Дані наукових публікацій, що підтверджують позитивний вплив низькоконцентрованих водних екстрактів біогумусу на фізіологічні процеси росту та розвитку рослин [9, с. 935–945], підказують потенціал збереження сприятливого впливу біогумусу на ґрунтову систему та рослинні організми за умови його мінімального дозування (100–300 кг/га) при рядковому внесенні в ґрунт під час посіву.

Мета даної статті – з'ясувати вплив припосівного локального внесення біогумусу у дозі 100 кг/га на окремі показники продуктивності ячменю звичайного ярого за органічної технології вирощування в умовах Лісостепу України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Польові дослідження проводилися упродовж 2023–2025 років у Київській спеціалізованій філії Українського інституту експертизи сортів рослин (Україна, Київська область, Білоцерківський район). Ґрунт на дослідній ділянці – чорнозем типовий малогумусний. Його щільність (визначена за методом Йовенка) становила 1,18 г/см³; вміст гумусу (відповідно до ДСТУ 4362:2004) складав 2,54%; кількість азоту, що легко гідролізується (ДСТУ 7863:2015), склала 109,2 мг/кг; концентрація рухомих сполук фосфору та калію (згідно з ДСТУ 4115-2002) становила 129,5 і 94,17 мг/кг відповідно. Агрохімічну та еколого-агрохімічну оцінки ґрунту було визначено на рівнях 62,54 і 56,29 бала. Метеодані для дослідної ділянки збиралися за допомогою польової метеостанції Meteotrek (Bitek, Україна). Погодні умови впродовж вегетаційного періоду ярого ячменю у 2023–2025 роках були тепліші за середню багаторічну норму на 0,5–5,5 °С. У березні 2023 року спостерігалася посуха: кількість опадів склала лише 13 % від норми. Натомість у квітні 2023 року випало рясно опадів, на 34 % більше за середню норму, однак травень і червень виявилися сухими – в ці місяці опадів було відповідно 30 % і 49 % від норми. Березень і квітень 2024 року відзначалися значними дощами – кількість опадів перевищила норму на 47 % та 49 % відповідно. Проте травень, червень та липень 2024 року стали посушливими: кількість опадів дорівнювала лише 17 %, 69 % та 7 % від норми відповідно. У березні й квітні 2025 року також спостерігалася нестача опадів – їх було лише 47 % від норми. Однак травень того ж року був сприятливим для зволоження: кількість опадів перевищила середню багаторічну норму на 46 %. Разом з тим у червні 2025 року знову настала посуха – рівень опадів становив лише 45 % від багаторічної норми, що повторювало умови двох попередніх років.

Умови вирощування та агротехніка в дослідних та контрольному варіантах були однаковими: ячмінь ярий звичайний вирощували за органічною технологією, без використання хімічних засобів захисту рослин і синтетичних мінеральних добрив. Попередником ярого ячменю в експерименті виступала конюшина лучна (Trifolium pratense), яку протягом її вегетації скошували двічі, після чого заорювали на глибину 20-22 см.

Рослинним матеріалом слугували сорти ячменю звичайного ярого Командор (Komandor), КВС Крісі (KWS Chrissie) і **Абсолют (**Absoliut).

Для припосівного внесення використовували Біогумус виробництва «Смарт Агро Тренд», що є сертифікованим органічним продуктом, рекомендованим для використання у органічному землеробстві (10, с.15).

Біогумус у нормі 100 кг/га вносили у ґрунт сівалкою при посіві ячменю ярого відповідно до схеми досліду:

Контроль	Біогумус
Без внесення сапропелю	Припосівне внесення у ґрунт у нормі 100 кг/га

Кількість повторень – 3, загальна площа дослідної ділянки 120 м², облікова площа 80 м². Ширина захисних смуг 2 м. Розташування варіантів систематичне.

Оцінка густоти стояння рослин проводилася двократно: після повного сходження та шляхом лабораторного дослідження снопових проб, відібраних з уніфікованих ділянок у переджнивний період.

На основі лабораторного аналізу снопових проб [11] визначалися такі агрономічні показники, як показник збереженості рослин до збирання врожаю (у відсотках), чисельність продуктивних стебел на одиницю площі (шт./м²) на момент збирання, коефіцієнт продуктивного кущіння, кількість зерен у колосі (шт.), маса тисячі зерен (г), а також біологічна продуктивність (т/га).

Статистична обробка отриманих даних проводилася методом дисперсійного аналізу (ANOVA) із застосуванням програмного пакета MS Excel (Редмонд, Вашингтон, США) [12].

Дані, наведені у таблиці 1, свідчать про позитивний вплив припосівного локального внесення біогумусу у дозі 100 кг/га на показники продуктивності ячменю звичайного ярого. Так, виживаність рослин до збирання збільшувлася на 1–9 %; продуктивна кущистість – на 3–7 %; число зерен у колосі м на 3–4 %; маса 1000 зерен – на 2–4%. Сумарний вплив таких позитивних ефектів сприяв збільшенню біолоічного врожаю ячменю ярого на 14–21%, порівняно з контрольним варіантом (без внесення біогумусу). На показники продуктивності ячменю ярого звичайного у 2023 році негативно вплинула посуха. Як відомо, наавіть короткочасний дефіцит води протягом ключових перехідних стадій розвитку ячменю, таких як проростання, поява сходів, цвітіння, налив насіння, має величезний негативний вплив на кінцеву біомасу, врожайність і якість насіння [13]. Стрес, спричинений дефіцитом води, суттєво впливає на ріст ячменю, особливо на стадії проростання, обмежуючи фізіологічні процеси, такі як фотосинтез, регуляція продихів та осмотична адаптація [13].

Наступний, 2024 рік був набагато сприятливішим за погодними умовами для росту і розвитку рослин ячменю ярого через достатню кількість опадів у березні і квітні (табл. 2).

Виживаність рослин до збирання малу тенденцію до збільшення за дії припосівного внесення біогумусу лише по сортах Командор і КВС Кріссі (на 1–5 %).

По сорту Абсолют ефекту біогумусу на цей показник не відмічено, але виживаність рослин до збирання по цьому сорту була максимальна – на рівні 99,4–99,8%.

Продуктивна кущистість за дії припосівного внесення біогумусу збільшилася на 2–5%; кількість зерен у колосі – на 3–4%; маса 1000 зерен – у середньому, на 2%. Сукупно ці позитивні тенденції у 2024 році призвели до збільшення біологічного врожаю ячменю звичайного ярого на 11–20%, порівняно з контрольним варіантом (без внесення біогумусу).

Таблиця 1

Показники продуктивності ячменю ярого за припосівного локального внесення біогумусу, 2023 рік

Варіант	**Польова схожість, %**	**Виживаність рослин до збирання, %**	**Кількість продуктивних стебел (шт./м²) перед збиранням**	**Продуктивна кущистість**	**Число зерен в колосі, шт.**	**Маса 1000 зерен, г**	**Біологічний урожай, т/га**
Сорт Командор							
Контроль	92,0	86,4	305	0,96	19,3	46,0	2,7
Біогумус	92,7	94,6	347	0,99	19,9	47,0	3,2
Сорт КВС Кріссі							
Контроль	93,3	97,2	363	1,00	18,5	46,0	3,1
Біогумус	95	98,2	384	1,03	19,0	48,0	3,5
Сорт **Абсолют**							
Контроль	95,0	97,7	379	1,02	19,7	48,0	3,6
Біогумус	95,5	98,3	409	1,09	20,5	49,0	4,1
$НІР_{0,5}$	8,12	8,92	35,4	0,15	1,57	3,96	0,25

Таблиця 2

Показники продуктивності ячменю ярого за припосівного локального внесення біогумусу, 2024 рік

Варіант	**Польова схожість, %**	**Виживаність рослин до збирання, %**	**Кількість продуктивних стебел (шт./м²) перед збиранням**	**Продуктивна кущистість**	**Число зерен в колосі, шт.**	**Маса 1000 зерен, г**	**Біологічний урожай, т/га**
Сорт Командор							
Контроль	94,1	88,1	468	1,41	20,3	46,5	4,4
Біогумус	96,0	96,3	533	1,44	20,9	47,5	5,3
Сорт КВС Кріссі							
Контроль	95,0	98,9	545	1,45	19,5	45,0	4,8
Біогумус	97,0	99,9	574	1,48	20,0	46,0	5,3
Сорт **Абсолют**							
Контроль	97,0	99,4	567	1,47	20,7	46,0	5,4
Біогумус	97,6	99,8	600	1,54	21,5	47,0	6,1
$НІР_{0,5}$	8,75	8,89	49,7	0,22	1,63	3,74	0,37

У 2025 році березень і квітень були посушливими, проте, порівняно з 2023 роком, погодні умови були більш вологими. Тому, врожайність ячменю ярого у 2025 році була на 11–20% меншою, порівняно з 2024 роком і на 29–45% більшою, порівняно з 2023 роком (табл. 3). У 2025 році збереглися позитивні тенденції впливу біогумусу на показники продуктивності ячменю звичайного ярого: виживаність рослин до збирання збільшувалася на 1–9 %; продуктивна кущистість – на 2–6 %; кількість зерен у колосі – на 2–4 %.

Таблиця 3

Показники продуктивності ярого за припосівного локального внесення біогумусу, 2025 рік

Варіант	Польова схожість, %	Виживаність рослин до збирання, %	Кількість продуктивних стебел (шт./м²) перед збиранням	Продуктивна кущистість	Число зерен в колосі, шт.	Маса 1000 зерен, г	Біологічний урожай, т/га
Сорт Командор							
Контроль	93,2	87,7	396	1,21	20,3	48,1	3,9
Біогумус	93,9	95,9	447	1,24	20,9	49,0	4,6
Сорт КВС Кріссі							
Контроль	94,5	98,5	465	1,25	19,5	46,0	4,2
Біогумус	95,5	99,5	487	1,28	19,8	46,2	4,5
Сорт **Абсолют**							
Контроль	96,2	99,0	484	1,27	20,7	47,8	4,8
Біогумус	96,7	99,6	516	1,34	21,5	48,5	5,4
$НІР_{0,5}$	8,67	8,95	45,9	0,29	1,75	3,99	0,42

Маса 1000 насінин незначно збільшилась лише по сорту Командор м на 2 %. Проте такі невеликі позитивні тенденції призвели до збільшення біологічного врожаю ячменю ярого на 7–19 %.

Отримані нами дані щодо позитивного впливу локального припосівного внесення біогумусу на показники продуктивності ячменю ярого підтверджують раніше отримані іншими науковцями результати щодо впливу припосівного локального внесення біогумусу на показники продуктивності рослин. Ефективність локального припосівного внесення біогумусу при вирощуванні різноманітних сільськогосподарських культур досліджували в Уманському національному університеті садівництва [14, с. 37–40; 15, с. 110–117]. Зокрема, було виявлено, що припосівне локальне внесення біогумусу сприяє істотному збільшенню урожайності товарної зеленої маси васильків справжніх і коріандру посівного (відповідно, на 4,5 і 1,1 т/га, порівняно з контролем без застосування біогумусу). У літніх посівах еспарцету припосівне внесення в рядки гранульованого біогумусу у дозі 250 кг/га збільшувало урожайність зеленої маси еспарцету на 8,16 т/га (порівняно з контролем без внесення біогумусу) та забезпечувало раціональне використання ресурсів з рентабельністю 192% [16, с. 55–62].

Дані середньої врожайності досліджуваних сортів (табл. 4) свідчать про стабільний позитивний ефект біогумусу на показники продуктивності ячменю ярого.

Таблиця 4

Середня врожайність ячменю звичайного ярого за 2023-2025 роки

Сорт	Варіант	Середня врожайність за 2023-2025 роки	Прибавка до контролю	
			ц/га	%
Командор	Контроль	37	-	-
	Біогумус	44	7	19
КВС Кріссі	Контроль	40	-	-
	Біогумус	44	4	10
Абсолют	Контроль	46	-	-
	Біогумус	52	6	13
$НІР_{0,5}$		2,7	0,3	0,7

За дії припосівного локального внесення біогумусу у дозі 100 кг/га біологічний урожай ячменю звичайного ярого збільшувався, у середньому, на 10–19 %. Причиною такого позитивного ефекту вбачається дія біогумусу, як мікробного інокулянту для ґрунту. Адже відомо, що якісний біогумус є концетрованим джерелом корисних мікробів [8, с. 168–177]. Програмою представлених тут наших досліджень не було передбачено визначення кількісного і якісного складу ризосфери ячменю ярого. Це буде завданням наших подальших досліджень.

Висновки.

За дії передпосівного рядкового внесення біогумусу у дозі 100 кг/га спостерігалися позитивні тенденції до збільшення виживаності рослин до збирання, продуктивної кущистості, числа зерен у колосі ячменю звичайного ярого (статистично неістотні). Біологічний урожай ячменю ярого за передпосівного рядкового внесення біогумусу у дозі 100 кг/га збільшувався на 10–19 %, порівняно з контрольним варіантом (без внесення біогумусу).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kaso T., Guben G. Review of Barley Value Chain Management in Ethiopia, Journal of Biology. *Agriculture and Health care.* 2015. № 5(10). P. 84-97. URL: http://www.iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/view/22519/23177 (дата звернення 23.12.2025).

2. Hrytsiuk, N., Plotnytska, N., Tymoshchuk, T., Dovbysh, L., Bondareva, L. Influence of the tillage on weediness of winter wheat crops in conditions of Ukrainian Polissia. *Scientific Horizons.* 2020. № 05 (90). P. 15–21. doi: 10.33249/2663-2144-2020-90-5-15-21.

3. Кирильчук А. М., Щербиніна Н. П., Чухлєб С. Л. Ячмінь – стан та шляхи збільшення виробництва зерна. *Таврійський науковий вісник.* 2023. № 131. С. 90–103. doi: 10.32782/2226-0099.2023.131.11

4. Обсяг виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами по регіонах. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/sg/ovuzpsg/Arh_ovuzpsg_2025_u.html (дата звернення 23.12.2025).

5. Ali M., Rahul F., Ali S. et al. Impact of organic amendments on soil structure, fertility and growth of plants. In: Kausar, R., Nisa, Z.U., Jamil, M. & Bashir, I. (eds). Integrated Health and Sustainability: Plants, Wildlife, and Genetic Resilience.

Faisalabad : Unique Scientific Publishers, 2025. P. 183–189. doi: 10.47278/book.HH/2025.295

6. Mustafayeva N. B., Mustafayev B. A., Kobzhassarov T. et al. Use of vermicompost for recovery of soil fertility and increase of field crop capacity under conditions of the dry-steppe zone. *Journal of Elementology*. 2022. № 27(3). P. 679–693. doi: 10.5601/jelem.2022.27.2.2287

7. Soltan H. A. H., Dakhly O. F., Mahmoud M. A., Fayz Y. F. Microbiological and genetical identification of some vermicompost beneficial associated bacteria. S*VU-International Journal of Agricultural Sciences.* 2022. № 4(1). P. 21–36. doi: 10.21608/svuijas.2021.106875.1154

8. Сенчук, М.М. та Харчишин, В.М. Розробка комплексної технології утилізації органічних відходів тваринницької ферми методом вермикультури. *Збірник наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету «Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва»*. 2023. № 1 (178). С. 168–177. URL: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/8875/1/%d0%baompleksne%20vermykul%ca%b9tyvuvann.pdf (дата звернення 23.12.2025).

9. Al-Maamori H. A., Juma S. S., Ahmed F. W. Effect of vermicompost extract and mineral fertilizer on growth, yield of barley and some nutrients availability in the soil. *Iraqi journal of agricultural sciences*. 2025. № 56(2). P. 935–945. URL: https://iasj.rdd.edu.iq/journals/uploads/2025/05/08/8cbe1d59f020cbbb362ca6722348c498.pdf (дата звернення 23.12.2025).

10. Перелік допоміжних продуктів та методів, дозволених для використання в органічному виробництві. Київ : ТОВ «Органік Стандарт», 2024. 150 с. URL: https://organicstandard.ua/content/docs/catalogs/list_of_inputs_and_methods_ua.pdf (дата звернення 23.12.2025).

11. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e5c0ed8332.pdf (дата звернення 23.12.2025).

12. Основи наукових досліджень в агрономії / В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, В.П. Опришко, П.В. Костогриз; За ред.В.О. Єщенка. Київ : Дія, 2005. 288с.

13. Samarah N. H. Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agronomy for sustainable development*. 2005. № 25(1). P. 145-149. URL: https://hal.science/hal-00886257/ (дата звернення 23.12.2025).

14. Василенко, О.В., Балабак, А.В. та Немерський, Р.М. Продукти вермикомпостування є ефективними факторами підвищення врожайності волошок в умовах правобережного Лісостепу України. *Екологія – шляхи гармонізації взаємовідносин природи та суспільства :* збірник тез доповідей ІІІ Міжвузівської наукової конференції з міжнародною участю. Умань : Уманський національний університет садівництва, 2012. С. 37–40. URL: https://lib.udau.edu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/227419d0-c1fd-4895-99f4-6603c75da24f/content (дата звернення 23.12.2025).

15. Карпенко В. П., Суханова І. П., Василенко О. В., Сонько С. П., Дубін О. М., Пушкарьова Т. М. Екологічні дослідження в Уманському національному університеті садівництва: короткий зміст та результати. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 2. С. 110–117. URL: https://visnyk-unaus.udau.edu.ua/assets/files/articles/Buleten2014/Buleten22014/28.pdf (дата звернення 23.12.2025).

16. Гавриш, С. Л., Бондарева, О. Б. та Вінюкова, О. Б. Ефективність внесення біогумусу підсівом у посівах еспарцету літнього. *Корми та кормовиробництво*. 2018. № 85. С. 55–62. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2018_85_10. (дата звернення 23.12.2025).

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 631.811: 633.85]:631.816.3
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.5

ГОСПОДАРСЬКЕ ТА ВІДНОСНЕ ВИНЕСЕННЯ АЗОТУ З УРОЖАЄМ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

Любич В.В. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0003-4100-9063
Стоцький О.В. *– аспірант кафедри харчових технологій,*
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0007-0966-8305

Застосування добрив значно збільшує господарське винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику. Застосування фосфорних і калійних добрив збільшувало господарське винесення азоту до 154,5 кг/га або на 8 %. У варіанті з повним мінеральним добривом цей показник збільшувався до 195,8 кг/га або на 37 %. Господарське винесення азоту на азотно-калійній та азотно-фосфорній системі удобрення було на 4–7 % меншим порівняно з повним мінеральним добривом ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Підвищення частки азотної складової до 90–120 кг/га д. р. в складі повного мінерального добрива збільшувало господарське винесення до 201,8–209,1 кг/га або на 3–7 % порівняно з внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$. За внесення $N_{90}P_{60}K_{90}$ господарське винесення азоту збільшувалось лише на 4 %.

Необхідно відзначити, що позакореневе підживлення рослин бором у різні фази росту соняшника збільшували господарське винесення азоту лише на 2–4 % порівняно з повним мінеральним добривом без підживлення.

Показник господарського винесення азоту значно змінювався залежно від погодних умов року проведення досліджень. Так, найбільшим він був у 2023 р. – 183,8–249,4 кг/га, найменшим у 2025 р. – 115,8–157,3, а в 2024 р. – 128,4–202,0 кг/га залежно від варіанту досліду.

Результати досліджень свідчать, що відносне винесення азоту насінням соняшнику зростало від застосування добрив, особливо, азотного компоненту в складі повного мінерального добрива. При цьому мало змінювався цей показник від року проведення досліджень. На формування 1 т насіння соняшник виносив 41,4 кг/га азоту за вирощування його без добрив і фосфорно-калійній системі. За внесення 60–120 кг/га д. р. азотних добрив цей показник зростав до 42,7–43,7 кг/т насіння.

Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм насіння значно змінюється від удобрення та року проведення досліджень, що необхідно враховувати під час розроблення системи удобрення. Найменше на господарське винесення азоту впливає застосування фосфорних і калійних добрив, а також бору позакоренево. Від'ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5–-125,6 кг/га залежно від року дослідження. Перспективним є проведення досліджень щодо ефективності застосування добрив різних гібридів соняшнику.

Ключові слова: *господарське винесення, відносне винесення азоту, баланс азоту в ґрунті, врожайність, погодні умови.*

Liubych V.V., Stotskyi O.V. Economic and relative nitrogen removal with sunflower seed yield depending on fertilizer

The use of fertilizers significantly increases the economic removal of nitrogen with sunflower seed yield. The use of phosphorus and potassium fertilizers increased the economic removal of nitrogen to 154.5 kg/ha or by 8 %. In the variant with complete mineral fertilizer, this indicator increased to 195.8 kg/ha or by 37 %. Economic removal of nitrogen in the nitrogen-potassium

© Любич В.В., Стоцький О.В., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

and nitrogen-phosphorus fertilization systems was 4–7 % lower compared to complete mineral fertilizer (N60P60K60). Increasing the share of the nitrogen component to 90–120 kg/ha d. r. in the composition of complete mineral fertilizer increased the economic removal to 201.8–209.1 kg/ha or by 3–7 % compared to the application of N60P60K60. When applying N90P60K90, the economic removal of nitrogen increased by only 4 %.

It should be noted that foliar fertilization of plants with boron in different phases of sunflower growth increased the economic removal of nitrogen by only 2–4 % compared to complete mineral fertilizer without fertilizing.

The indicator of economic removal of nitrogen changed significantly depending on the weather conditions of the year of research. Thus, it was the highest in 2023 – 183.8–249.4 kg/ha, the lowest in 2025 – 115.8–157.3, and in 2024 – 128.4–202.0 kg/ha depending on the experiment variant.

The results of the research show that the relative removal of nitrogen by sunflower seeds increased from the use of fertilizers, especially the nitrogen component in the composition of complete mineral fertilizer. At the same time, this indicator changed little from the year of research. For the formation of 1 ton of seeds, sunflower removed 41.4 kg/ha of nitrogen when grown without fertilizers and in a phosphorus-potassium system. When applying 60–120 kg/ha of nitrogen fertilizers, this figure increased to 42.7–43.7 kg/t of seeds.

It was found that the economic removal of nitrogen with the seed yield varies significantly depending on the fertilizer and the year of the research, which must be taken into account when developing a fertilizer system. The least effect on the economic removal of nitrogen is the application of phosphorus and potassium fertilizers, as well as foliar boron. The negative balance of nitrogen in the soil indicates the safe use of even 120 kg/ha of nitrogen fertilizers, since the balance was at the level of -49.5–-125.6 kg/ha depending on the year of the study. It is promising to conduct research on the effectiveness of the use of fertilizers of different sunflower hybrids.

Key words: *economic removal, relative nitrogen removal, nitrogen balance in the soil, yield, weather conditions.*

Актуальність теми дослідження. Азот має вирішальне значення для оптимальної врожайності сільськогосподарських культур і є ключовим елементом для росту рослин [1]. Глобальний рівень використання азотних добрив загалом низький, часто становить близько 40–53 % [2], що призводить до неефективності сільськогосподарської практики, де фермери часто застосовують надмірну кількість азотних добрив, що перевищує фактичні потреби росту культур [3].

Надмірне застосування азотних добрив збільшує сільськогосподарські витрати і спричиняє екологічні проблеми, про що повідомляється в усьому світі [4]. Крім того, надмірне застосування азотних добрив може сприяти збільшенню викидів парникових газів, таких як N_2O, який має високий потенціал глобального потепління [5]. Тому підвищення ефективності використання азотних добрив є життєво важливим для глобальної продовольчої безпеки, сталого економічного розвитку та пом'якшення екологічного впливу сільського господарства.

Постановка проблеми. Дослідження показали, що впровадження більш точних методів удобрення та вдосконалених агрономічних методів може значно підвищити ефективність використання азоту [6]. Наприклад, коригування стратегій удобрення, таке як зміна глибини удобрення, може збільшити ефективність використання азоту на 38 %, урожайність на 13 % і зменшити втрати азоту на 70 % порівняно з традиційними методами [7]. Зміна термінів удобрення може зменшити загальне надходження азоту на 15 % без втрати врожайності [8].

Добрива з контрольованим вивільненням діючої речовини регулюють швидкість вивільнення азоту за допомогою технологій покриття [9] та відповідності потребам культури в азоті [10]. Це покращує поглинання азоту, знижує концентрацію неорганічного азоту в ґрунті та зменшує втрати азоту [11]. Крім того, стратегії підвищення енергетичної ефективності врожаю включають вибір сортів сільськогосподарських культур, які ефективно використовують азот ґрунту та зменшують

втрати азоту [12]. Це має вирішальне значення для сталого розвитку сільського господарства.

Таким чином, для покращення екологічної ефективності використання азотних добрив важливо застосовувати комплексний підхід до управління азотним удобренням та вибору сільськогосподарських культур [13]. Інтеграція цих методів може ефективно підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва та зменшити вплив на навколишнє середовище, сприяючи глобальній продовольчій безпеці й сталому розвитку.

Методика досліджень. Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем 48° 46’ північної широти і 30° 14’ східної довготи на дослідному полі Уманського національного університету упродовж 2023–2025 рр. Повторення досліду триразове. Площа облікової ділянки 25 м^2. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, pH_{KCl} – 5,7.

Схема застосування добрив під соняшник (гібрид Неома (середньостиглий) (Syngenta AG), лінолевий тип) включала такі варіанти: Без добрив (контроль), $P_{60}K_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + $B_{12–14}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$ + $B_{53–55}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + $B_{12–14}$ + $B_{53–55}$. Відповідно до схеми досліду фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивацію.

Борну кислоту для позакореневого підживлення застосовували у фази ВВСН 12–14 і ВВСН53–55. Норма витрати робочого розчину 300 л/га.

Закладання польових дослідів, проведення спостережень і досліджень проводили у відповідності з рекомендаціями, методичними вказівками і довідниками останніх років. Агротехніка вирощування соняшнику загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу України.

Господарське винесення азоту обраховували за показниками вмісту азоту в насінні та врожайності. На основі цього визначали відносне винесення азоту та його баланс у ґрунті.

Статистичне оброблення цифрового матеріалу здійснювали методом польового однофакторного дисперсійного аналізу польового досліду. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення стандартних програм Excel (Microsoft, USA).

Результати досліджень. Дослідження свідчать, що застосування добрив значно збільшує господарське винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику (табл. 1). Застосування фосфорних і калійних добрив збільшувало господарське винесення азоту до 154,5 кг/га або на 8 %. У варіанті з повним мінеральним добривом цей показник збільшувався до 195,8 кг/га або на 37 %. Господарське винесення азоту на азотно-калійній та азотно-фосфорній системі удобрення було на 4–7 % меншим порівняно з повним мінеральним добривом ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Підвищення частки азотної складової до 90–120 кг/га д. р. в складі повного мінерального добрива збільшувало господарське винесення до 201,8–209,1 кг/га або на 3–7 % порівняно з внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$. За внесення $N_{90}P_{60}K_{90}$ господарське винесення азоту збільшувалось лише на 4 %.

Необхідно відзначити, що позакореневе підживлення рослин бором у різні фази росту соняшника збільшували господарське винесення азоту лише на 2–4 % порівняно з повним мінеральним добривом без підживлення.

Таблиця 1

Господарське винесення азоту з урожаю насіння соняшнику залежно від удобрення, кг/га

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	183,8	128,4	115,8	142,7
$P_{60}K_{60}$	204,7	135,7	123,1	154,5
$N_{60}K_{60}$	217,9	179,7	153,0	183,5
$N_{60}P_{60}$	232,0	184,0	147,7	187,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	238,7	192,8	156,0	195,8
$N_{90}P_{60}K_{60}$	242,7	198,0	164,7	201,8
$N_{120}P_{60}K_{60}$	245,6	212,1	169,5	209,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$	240,0	201,8	168,2	203,3
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12–14}$	242,7	200,0	156,9	199,8
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53–55}$	245,5	198,7	157,4	200,5
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12–14} + B_{53–55}$	249,4	202,0	157,3	202,9

Показник господарського винесення азоту значно змінювався залежно від погодних умов року проведення досліджень. Так, найбільшим він був у 2023 р. – 183,8–249,4 кг/га, найменшим у 2025 р. – 115,8–157,3, а в 2024 р. – 128,4–202,0 кг/га залежно від варіанту досліду.

Результати досліджень свідчать, що відносне винесення азоту насінням соняшнику зростало від застосування добрив, особливо, азотного компоненту в складі повного мінерального добрива (табл. 2). При цьому мало змінювався цей показник від року проведення досліджень. На формування 1 т насіння соняшник виносив 41,4 кг/га азоту за вирощування його без добрив і фосфорно-калійній системі. За внесення 60–120 кг/га д. р. азотних добрив цей показник зростав до 42,7–43,7 кг/т насіння.

Таблиця 2

Відносне винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику залежно від удобрення, кг/т насіння

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	41,3	40,9	42,1	41,4
$P_{60}K_{60}$	41,1	41,0	42,0	41,4
$N_{60}K_{60}$	42,9	41,6	43,1	42,5
$N_{60}P_{60}$	42,8	42,1	43,2	42,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	43,0	42,0	43,2	42,7
$N_{90}P_{60}K_{60}$	43,5	42,3	43,7	43,2
$N_{120}P_{60}K_{60}$	44,1	42,6	44,5	43,7
$N_{90}P_{60}K_{90}$	43,4	42,4	43,8	43,2
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12–14}$	43,1	42,1	43,1	42,8
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53–55}$	43,0	42,1	43,0	42,7
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12–14} + B_{53–55}$	43,0	42,0	43,1	42,7

Від'ємний баланс азоту в ґрунті був у всіх варіантах досліду незалежно від застосування добрив (табл. 3). Необхідно відзначити, що найбільший дефіцит отримано в 2023 р. завдяки високій врожайності насіння. Менший дефіцит азоту формувався в 2025 р. Від'ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5–-125,6 кг/га залежно від року дослідження.

Таблиця 3

Баланс азоту в ґрунті за вирощування соняшнику залежно від удобрення, кг/га

Варіант досліду	Рік дослідження		
	2023	2024	2025
Без добрив (контроль)	-183,8	-128,4	-115,8
$P_{60}K_{60}$	-204,7	-135,7	-123,1
$N_{60}K_{60}$	-157,9	-119,7	-93,0
$N_{60}P_{60}$	-172,0	-124,0	-87,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	-178,7	-132,8	-96,0
$N_{90}P_{60}K_{60}$	-152,7	-108,0	-74,7
$N_{120}P_{60}K_{60}$	-125,6	-92,1	-49,5
$N_{90}P_{60}K_{90}$	-150,0	-111,8	-78,2
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12–14}$	-182,7	-140,0	-96,9
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53–55}$	-185,5	-138,7	-97,4
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12–14} + B_{53–55}$	-189,4	-142,0	-97,3

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм насіння значно змінюється від удобрення та року проведення досліджень, що необхідно враховувати під час розроблення системи удобрення. Найменше на господарське винесення азоту впливає застосування фосфорних і калійних добрив, а також бору позакоренево. Від'ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5–-125,6 кг/га залежно від року дослідження. Перспективним є проведення досліджень щодо ефективності застосування добрив різних гібридів соняшнику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Chen G., Cai T., Wang J., Wang Y., Ren L., Wu P., et al. Suitable fertilizer application depth enhances the efficient utilization of key resources and improves crop productivity in rainfed farmland on the loess plateau, China. Front. Plant Sci. 2022. Vol. 13. doi: 10.3389/fpls.2022.900352

2. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 126–133.

3. Любич В. В., Остапчук В. В. Формування продуктивності тритикале озимого різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 10–18.

4. Chen M., Graedel T. E. A half-century of global phosphorus flows, stocks, production, consumption, recycling, and environmental impacts. *Global Environ. Change*. 2016. Vol. 36. P. 139–152.

5. Любич В. В., Войтовська В. І. Технологічне оцінювання насіння сортів арахісу. *Вісник ЛТЕУ*. 2023. № 34. С. 40–45.

6. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 554–553.

7. Wu X., Li J., Xue X., Wang R., Liu W., Yang B., et al. Matching fertilization with available soil water storage to tackle the trade-offs between high yield and low N2O emissions in a semi-arid area: Mechanisms and solutions. *Agric. Water Manage*. 2023. Vol. 288. 108488.

8. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. № 2. С. 109–116.

9. Sim D. H. H., Tan I. A. W., Lim L. L. P., Hameed B. H. Encapsulated biochar-based sustained release fertilizer for precision agriculture: A review. *J. Cleaner Production*. 2021. Vol. 303. 127018.

10. lafer G. A., Savin R. Can N management affect the magnitude of yield loss due to heat waves in wheat and maize? Curr. Opin. *Plant Biol*. 2018. Vol. 45. P. 276–283.

11. Thorup-Kristensen K., Halberg N., Nicolaisen M., Olesen J. E., Crews T. E., Hinsinger P., et al. Digging deeper for agricultural resources, the value of deep rooting. *Trends Plant Sci*. 2020. Vol. 25. P. 406–417.

12. Любич В. В. Фізичні властивості зерна та білково-протеїназний комплекс тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2023. Вип. 102. С. 142–154.

13. Wang X., Wang M., Chen L., Shutes B., Yan B., Zhang F., et al. Nitrogen migration and transformation in a saline-alkali paddy ecosystem with application of different nitrogen fertilizers. Environ. *Sci. pollut. Res. Int*. 2023. Vol. 30. P. 51665–51678.

Дата першого надходження рукопису до видання: 06.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 632.4+632.51+632.7:633.844):631.5
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.6

ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН ПОСІВУ ГІРЧИЦІ САРЕПТСЬКОЇ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНОЇ НОРМИ ВИСІВУ

Любич В.В. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0003-4100-9063
Войтовська І.І. *– к.с.-г.н.,*
завідувач лабораторії біотехнології,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-5538-461X

У досліджуваних сортів гірчиці озимої встановлено тенденцію до зростання польової схожості насіння зі збільшенням норми його висіву. Найнижчі її значення відзначено за найменших у досліді норм висіву насіння 1,0 і 1,2 млн шт./га (‘Венера’ – 77 і 80%; ‘Новинка’ – 75 і 78 %), найвищі – за найбільшої норми 2,2 млн шт./га (90 і 86 % відповідно).

У дослідженнях було визначено стійкість сортів гірчиці озимої проти основних і найбільш небезпечних хвороб, а саме пероноспорозу (Peronospora brassicae Gaeum), септоріозу (Septoria sinapis Rodigin.), борошнистої роси (Erysiphe communis Grev. f. brassicae Hamm.) та філостиктозу (Phyllosticta sinapis V. Bond. -Mont.).

Обидва сорти гірчиці мали досить високу стійкість проти збудників основних хвороб (філостиктоз, септоріоз, борошниста роса і пероноспороз) – 6–8 бала та шкідників (гірчичний листоїд, гірчичний клоп та хрестоцвіті блішки) – 7–8 бала. Посухостійкість та стійкість до обсипання насіння сортів були на рівні 7–8 бала, холодостійкість – 6–7 бала. При цьому всі досліджувані показники були дещо вищими в сорту ‘Венера’ порівняно із ‘Новинка’.

Найвищий рівень забур’янення посівів гірчиці озимої зафіксовано за найменшої норми висіву насіння (1,0 млн шт./га.) – 217 шт./м², а найнижчий – за найбільшої (2,2 млн шт./га) – 112 шт./м². Загалом було встановлено чітку закономірність до зниження чисельності бур’янів зі збільшенням норми висіву насіння культури.

Упродовж років досліджень у посівах сортів гірчиці озимої основними шкідниками були гірчичний листоїд (Colaphellus sophiae Schall.), гірчичний клоп (Eurydema ornata L.) та хрестоцвіті блішки (Phyllotreta sp.), стійкість проти яких і було встановлено за показниками відсотка та ступеня пошкодження ними рослин.

Установлені в процесі досліджень дані щодо розвитку рослин гірчиці озимої та особливостей формування її фітосанітарного стану можуть бути використані для оптимізації технології вирощування культури в умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: *бур’яни, шкідники, хвороби рослин, норма висіву, стійкість рослин до шкідливих організмів.*

Liubych V.V., Voitovska V.I. Phytosanitary condition of winter mustard sowing at different sowing rates

In the studied varieties of winter mustard, a tendency to increase the field germination of seeds with an increase in the rate of its sowing was established. Its lowest values were noted for the lowest seed sowing rates in the experiment of 1.0 and 1.2 million seeds/ha (‘Venus’ – 77 and 80%; ‘Novinka’ – 75 and 78%), the highest – for the highest rate of 2, 2 million units/ha (90 and 86%, respectively).

© Любич В.В., Войтовська І.І., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

The studies determined the resistance of winter mustard varieties to the main and most dangerous diseases, namely downy mildew (Peronospora brassicae Gaeum), septoria leaf spot (Septoria sinapis Rodigin.), powdery mildew (Erysiphe communis Grev. f. brassicae Hamm.) and phyllosticta (Phyllosticta sinapis V. Bond. -Mont.).

Both varieties of mustard had a fairly high resistance against the causative agents of the main diseases (phyllostictosis, septoriosis, powdery mildew and peronosporosis) – 6–8 points and pests (mustard leaf-eater, mustard bug and cruciferous fleas) – 7–8 points. Drought resistance and resistance to seed shedding of the varieties were at the level of 7–8 points, cold resistance – 6–7 points. At the same time, all the studied indicators were slightly higher in the variety 'Venera' compared to 'Novinka'.

The highest level of weeding of winter mustard crops was recorded at the lowest rate of seed sowing (1.0 million seeds/ha) – 217 seeds/m², and the lowest – at the highest (2.2 million seeds/ha) – 112 seeds./m². In general, a clear pattern was established for the decrease in the number of weeds with an increase in the rate of sowing of crop seeds.

Over the years of research in winter mustard crops, the main pests were mustard leafhopper (Colaphellus sophiae Schall.), mustard bug (Eurydema ornata L.), and cruciferous flea beetle (Phyllotreta sp.), resistance to which was established based on the percentage and degree of plant damage caused by them.

The data established in the course of research on the development of winter mustard plants and the peculiarities of the formation of its phytosanitary state can be used to optimize the culture cultivation technology in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine.

Key words: *weeds, pests, plant diseases, seeding rate, plant resistance to harmful organisms.*

Актуальність теми дослідження. Нині гірчиця є досить поширеною сільськогосподарською рослиною, займаючи четверте місце серед олійних культур, які вирощуються в Україні. Здебільшого виробники сіють лише два її види – білу й сарептську, і з кожним роком попит на продукцію і площі цієї культури лише зростають [1, 2].

Сьогодні є багато нових сортів гірчиці зокрема і нові озимої форми та відсутні її елементи агротехніки, які б дозволили якомога повніше реалізувати їхню потенційну продуктивність [3]. Одним із важливих складників агротехнологій є норми висіву насіння, і їх правильний вибір – одна з головних умов отримання високого врожаю [4]. Від норми висіву залежить густота посівів, їх продуктивність та, зрештою, і якісні показники насіння [5].

Постановка проблеми. Як свідчать М. І. Абрамик та ін. [6], норма висіву насіння в різних видів гірчиці значною мірою визначає особливості формування біометричних і продуктивних ознак рослин.

Дослідженнями О. Г. Жуйкова, Т. А. Ходос [7] було доведено, що за сівби сорту гірчиці 'Прима' із нормою висіву від 2,5 до 3,0 млн шт./га спостерігається зниження олійності та зменшення фотосинтетичного потенціалу рослин. Окрім того, у посівах гірчиці зростає розвиток хвороб. Щодо шкідників культури, то цими ж авторами встановлено, що чисельність капустяних блішок залежала передусім від технології вирощування, а не від норми висіву насіння. Зокрема, за традиційної технології їх налічувалось 6,7 шт./м^2, біологізованої – 5,0, а органічної – 4,8 шт./м^2 [8].

Науковцями підтверджено, що гірчиця може бути заражена декількома патогенами, які спричиняють хвороби листя, кореневу гниль та інфекції стебла. Здебільшого, грибні захворювання, такі як альтернаріоз, кила, пероноспороз і борошниста роса, гнилі стебла та біла іржа, є найбільш шкідливими та значно знижують якість та спричиняють серйозні втрати врожаю. Насіння гірчиці, заражене такими хворобами, як біла плямистість листя та пліснява, непридатні для зберігання [9].

Забур'яненість посівів, яка залежить зокрема й від норм висіву насіння, зумовлює значні втрати врожаю (до 27 %) та погіршення його якості. Важливо вказати,

що гірчиця здатна ефективно пригнічувати ріст бур'янів. Різні сорти гірчиці знижують розвиток біомаси бур'янів та висоту їх рослин [10].

На відміну від інших олійних культур, гірчиця більше потерпає від конкуренції бур'янів на ранніх стадіях росту, особливо між 20 і 40 добою після сівби. Боротьба з бур'янами в посівах гірчиці здійснюється як культуральним, так і гербіцидним підходами. Різні динітроанілінові гербіциди зазвичай використовуються для знищення видів, і більшість із них ефективні проти лише вузького кола бур'янів. Таким чином, інтеграція гербіциду на критичних стадіях росту з одним або двома ручними прополюваннями в належний час для покращення ефекту пригнічення бур'янів забезпечує значне підвищення врожайності [11]. Однак ряд авторів вказує, що важливо проводити сівбу рекомендованими нормами та в оптимальні строки, а збудників хвороб, які трапляються в посівах гірчиці, якщо їх вчасно виявити, можна ефективно контролювати [12, 13].

За даними С. Станкевича [14], у посівах гірчиці присутні фітофаги, що пошкоджують і ріпак. Здебільшого це ріпаковий квіткоїд (*Meligethes aeneus* F.), хрестоцвіті блішки (*Phyllotreta* spp.), комплекс хрестоцвітих клопів (*Eurydema* spp.), капустяна міль (*Plutella maculipennis* Curt.), капустяна попелиця (*Brevicoryne brassicae* L.) тощо [14].

Важливим у посівах є фітосанітарний стан гірчиці, адже за його позитивних показників формуються біометричні складники, фотосинтетичний потенціал та врожайність, біохімічні складники в насінні, які залежать від різних норм сівби [15].

Дослідження вказують, що залежно від норм висіву насіння було відмічено і різне накопичення сухої речовини у рослин. Тому вітчизняні й іноземні науковці орієнтуються на знання епідеміології та прогнозування, які надають базову інформацію для розроблення ефективних методів контролювання хвороб і шкідників рослин. Однак, часто моделі прогнозування, розроблені в одному місці, можуть не відповідати іншим місцям. Це вказує на те, що дані потрібно генерувати протягом більш тривалого періоду, а модель тестувати на кількох локаціях. Для більшої ефективності моделі прогнозування необхідно розробляти з урахуванням сорту культури, поширеності конкретного патотипу та мікрокліматичних факторів [16, 17]. Отже, аналізуючи літературні дані можна сказати, що норми сівби істотно впливають на показники продуктивності гірчиці та її фітосанітарний стан.

Мета досліджень – встановити вплив різних норм висіву насіння на фітосанітарний стан посівів гірчиці сарептської озимої.

Методика досліджень. Дослідження проводили упродовж 2021–2023 рр. в умовах дослідного поля Уманського національного університету (м. Умань, Черкаська обл.), що знаходиться в зоні Правобережного Лісостепу України.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі, що характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу – 3,8 %, реакція ґрунтового розчину – близька до нейтральної (pHKCl – 5,7), вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 105 мг/кг (низький), рухомих форм фосфору й калію (за Чиріковим) – 106 (підвищений) і 132 мг/кг (високий) відповідно.

Висівали гірчицю за досягнення температури ґрунту на глибині заробляння насіння 2–4 °С сівалкою Клен-6 звичайним рядковим способом.

Схема досліду:

Фактор А – сорти гірчиці озимої: 'Новинка', 'Венера';

Фактор В – норми висіву насіння: 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0 і 2,2 млн шт./га.

'Новинка'. Сорт включено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2004 р. Зони поширення – Лісостеп і Степ та Полісся.

Оригінатор – Інститут олійних культур НААН. Урожайність насіння – 2,4–2,8 т/г. Сортова популяція складається з рослин трьох типів: 1) гірчичного, 2) перехідного, 3) новогірчичного. Рослини гірчичного типу мають характерну для B. Juniceа морфологію і архітектоніку. Висота рослин – 170–220 см, висота прикріплення нижніх гілок – 30 см. Вегетаційний період – 278–280 діб.

'Венера'. Сорт включено до Держреєстру у 2006 р. Зони поширення – Лісостеп і Степ та Полісся. Оригінатор – Інститут олійних культур НААН. Урожайність насіння – 2,5 т/га, уміст олії – 46 %. Сорт вирізняється високою посухо- й холодостійкістю, стійкістю проти хвороб та шкідників.

Площа посівної ділянки становила 80 м^2, облікової – 50 м^2, повторність досліду – чотирикратна, розміщення ділянок – систематичне. Попередник – пшениця озима.

Для визначення видового складу фітопатогенів було використано атлас і довідник. Поширеність хвороб визначали за відсотком уражених рослин, ступінь розвитку – за відсотком ураженої площі асиміляційного апарату у 10 точках на кожній обліковій ділянці досліду [18–20].

Чисельність капустяних блішок підраховували за допомогою підрахунку пошкоджених рослин (на ранніх етапах розвитку культури) або імаго на 1 м^2. Обліки проводили в денні сонячні години [21]. На початку сходів обік шкідників проводили за допомогою мірних рамок площею 0,25 м^2 у 16 точках на ділянці.

Чисельність основних видів шкідників досліджуваної культури проводили у чотири етапи: позеленіння пагонів, початок цвітіння, масове цвітіння – утворення стручків, початок достигання насіння на 20 рослинах з ділянки у шаховому порядку [22].

Упродовж вегетаційного періоду та перед збиранням урожаю визначалася засміченість посівів бур'янами, а саме кількісно-ваговим методом (по діагоналі ділянок у 10-кратній повторності) з диференціацією за групами та видами бур'янів. Для цього використовувалася рамка площею 1 м^2 [23].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу за допомогою пакету прикладних програм Microsoft Excel 2016.

Результати досліджень. Визначення й оцінка фітосанітарного стану посівів досліджуваних сортів гірчиці озимої неможливі без дослідження параметрів польової схожості насіння.

Установлено, що в середньому за роки досліджень польова схожість насіння в сорту 'Венера' неістотно переважала сорт 'Новинка' (рис. 1). Найвищі показники в сорту 'Новинка' було отримано за норм висіву 1,6 і 1,8 млн шт./га, зі збільшеннями норми до 2,2 млн шт./га схожість неістотно збільшувалась – до 85 % відповідно, а за норми 2,2 млн шт./га – 86 %. У сорту 'Венера' найменшою схожість насіння була у варіантах висіву 1,0; 1,2 та 1,4 млн шт./га – 77–82 %, найбільшою – за максимальних у досліді норм 2,0 і 2,2 млн шт./га – 88 і 90 % відповідно. Загалом в обох досліджуваних сортів гірчиці озимої варто відзначити тенденцію до зростання показників польової схожості насіння зі збільшенням норми його висіву.

У дослідженнях було визначено стійкість сортів гірчиці озимої проти основних і найбільш небезпечних хвороб, а саме пероноспорозу (*Peronospora brassicae* Gaeum), септоріозу (*Septoria sinapis* Rodigin.), борошнистої роси (*Erysiphe communis* Grev. f. *brassicae* Hamm.) та філостиктозу (*Phyllosticta sinapis* V. Bond. -Mont.).

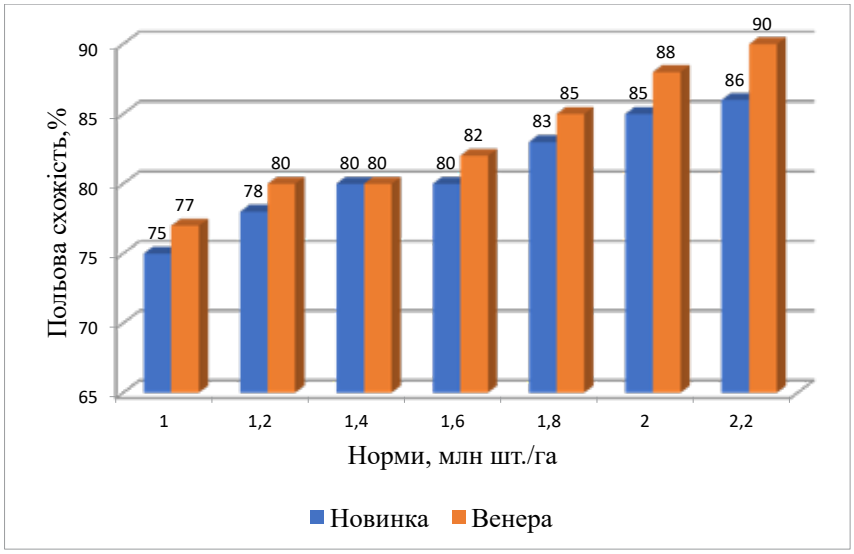


Рис. 1. Польова схожість насіння сортів гірчиці озимої залежно від норми висіву (середнє за 2021–2023 рр.)

Установлено, що сорти мали високу стійкість збудників вищезгаданих хвороб та уражувалися ними незначно. Зокрема, у сорту ‘Новинка’ стійкість проти філостиктозу й септоріозу була на рівні 6 і 7 бала, а проти цих же хвороб у сорту ‘Венера’ – 8 бала. Проти борошнистої роси: ‘Новинка’ – 7, а ‘Венера’ – 6 бала. Найменші показники стійкості проти переноспорозу і кореневих гнилей відзначено в ‘Новинка’ – 6 бала, а у ‘Венера’ цей показник становив 7 бала (рис. 2).

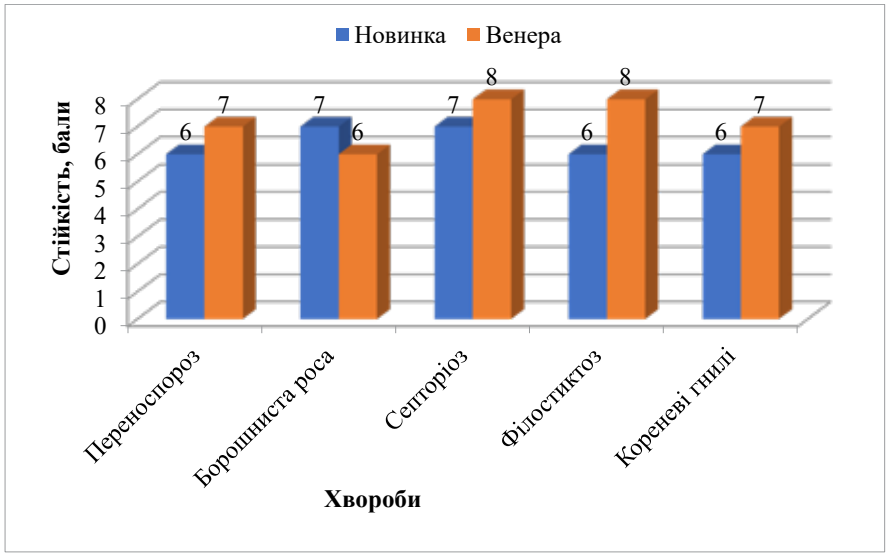


Рис. 2. Стійкість сортів гірчиці озимої проти хвороб, бал (середнє за 2021–2023 рр.)

Важливо відзначити, що на стан посівів культури впливають і такі фактори, як посухо- й холодостійкість, стійкість до обсипання, які, зі свого боку, призводять до збільшення забур'яненості та ураженості рослин збудниками хвороб.

В обох досліджуваних сортів гірчиці озимої виявлено високі показники стійкості до обсипання та посухостійкості рослин: 'Венера' – по 8, 'Новинка' – по 8 і 7 бала відповідно. Дещо менші значення були щодо холодостійкості: 'Венера' – 6 бала, 'Новинка' – 7 бала (рис. 2).

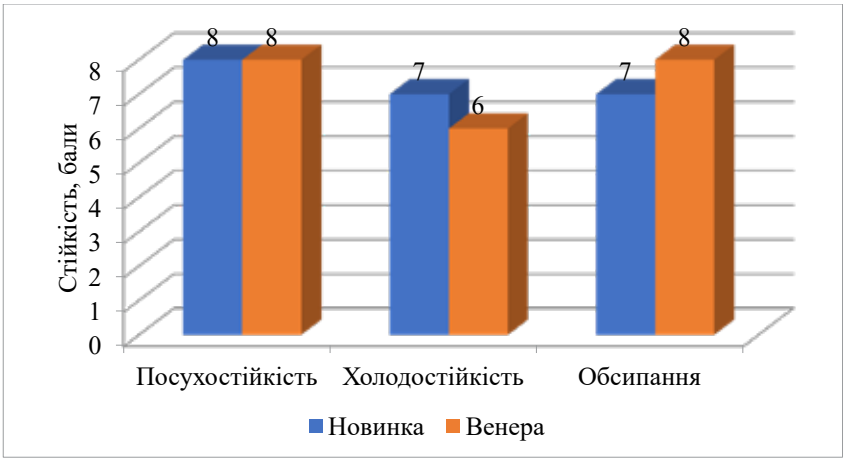


Рис. 3. Стійкість сортів гірчиці озимої до посухи, холоду та обсипання насіння, бал (середнє за 2021–2023 рр.)

Гірчиця озима – дрібнонасінна культура, а тому потребує ретельного догляду на всіх стадіях розвитку, починаючи від сівби й завершуючи періодом перед збиранням урожаю.

Догляд за її посівами передбачає комплекс заходів, спрямованих на появу дружних сходів, знищення бур'янів, захист рослин від шкідників та хвороб, створення оптимальних умов для росту й розвитку рослин.

Упродовж років досліджень у посівах сортів гірчиці озимої основними шкідниками були гірчичний листоїд (*Colaphellus sophiae* Schall.), гірчичний клоп (*Eurydema ornata* L.) та хрестоцвіті блішки (*Phyllotreta* sp.), стійкість проти яких і було встановлено за показниками відсотка та ступеня пошкодження ними рослин.

Сорт 'Венера' характеризувався досить високими показниками стійкості проти всіх трьох шкідливих видів – 7 і 6 бала. Дещо менш стійким проти пошкодження фітофагами виявився сорт 'Новинка': гірчичний листоїд – 7 бала, гірчичний клоп і хрестоцвіті блішки – по 6 і 5 бала (рис. 4).

Загалом же варто відзначити, що обидва сорти гірчиці озимої мали високу стійкість проти шкідників. Цілком імовірно, що цьому значною мірою сприяло розміщення культури після попередника пшениці озимої, у посівах якої всі три досліджувані фітофаги не розвиваються.

Проведені дослідження щодо процесів забур'янення посівів гірчиці озимої впродовж вегетаційного періоду дають змогу стверджувати, що на початкових етапах її рослини ростуть повільно, але потім вона сама досить ефективно пригнічує різні види бур'янів.

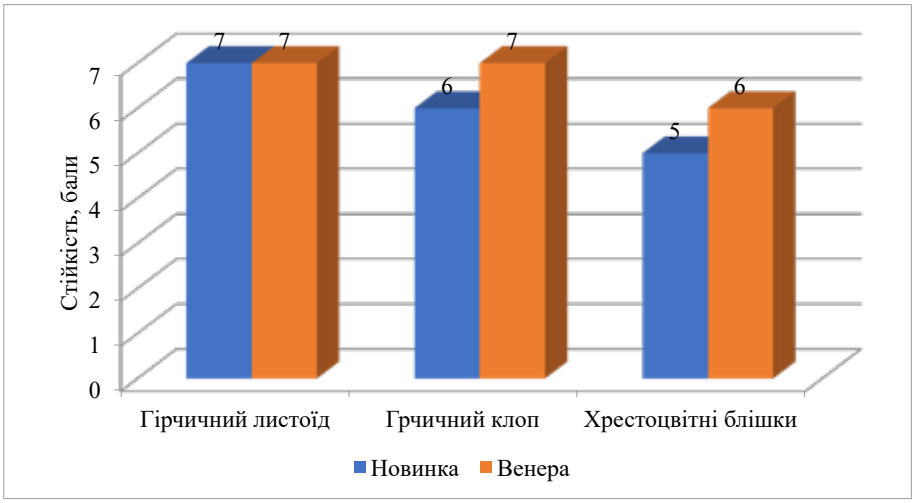


Рис. 4. Стійкість сортів гірчиці озимої проти шкідників, бал (середнє за 2021–2023 рр.)

У посівах гірчиці озимої відмічено перевагу багаторічних бур'янів. Як видно із даних рисунку 5 не залежно від норми сівби їх кількість становила від 43 до 130 шт./м^2, а однорічних від 56 до 87 шт./м^2.

За результатами досліджень можна вказати, що норма сівби істотно впливала на фітосанітарний стан посівів гірчиці озимої. Так, за норм сівби 1,0–1,4 млн. шт./га було встановлено кількість бур'янів від 176 до 217 шт./м^2. Із збільшенням висіву від 1,6 до 2,2 млн. шт./га було встановлено кількість бур'янів від 155 до 112 шт./м^2 (рис. 5).

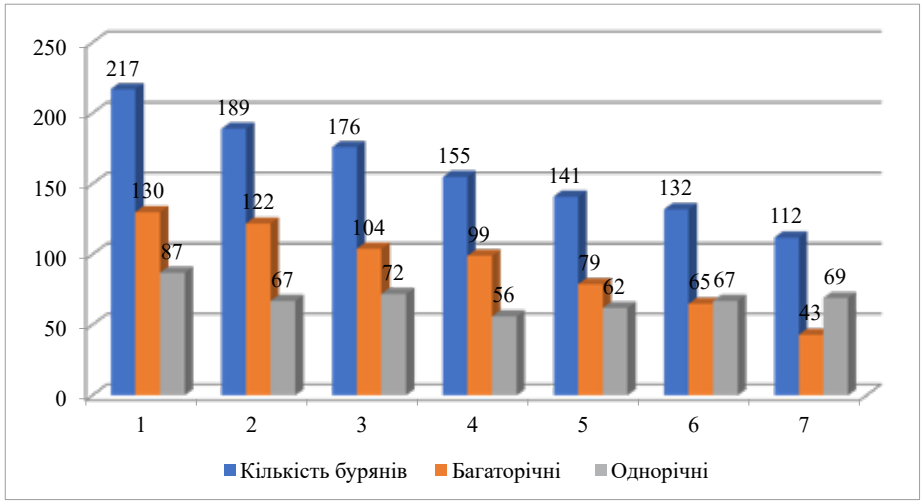


Рис. 5. Забур'яненість посівів гірчиці озимої залежно від норми висіву насіння (середнє за 2021–2023 рр.)

У середньому за роки досліджень у посівах культури залежно від варіанту досліду виявлено від 5 до 11 шт./м² однорічних злакових бур'янів, від 5 до 14 шт./м² – однорічних широколисткових, від 10 до 33 шт./м² – багаторічних коренепаросткових і від 82 до 122 шт./м² – багаторічних видів.

Варто відзначити, що загалом у посівах переважали багаторічні й багаторічні коренепаросткові бур'яни, і лише досить незначна їх кількість припадала на частку однорічних видів.

Залежно від досліджуваних варіантів досліду найвищий рівень забур'янення посівів гірчиці озимої зафіксовано за найменшої норми висіву насіння 1,0 млн шт./га. – 217 шт./м², а найвищий – за найбільшої – 2,2 млн шт./га. – 82 шт./м². Загалом було встановлено чітку закономірність до зниження чисельності бур'янів зі збільшенням норми висіву насіння культури (таблиця 1).

Таблиця 1

Видовий склад посівів гірчиці озимої залежно від норми висіву насіння (середнє за 2021–2023 рр.)

Норма висіву насіння, млн шт./га	Видовий склад бур'янів, шт./м²			
	багаторічні	багаторічні коренепаросткові	однорічні широколисткові	однорічні злакові
1,0	122	33	14	11
1,2	108	27	12	9
1,4	99	21	10	7
1,6	96	18	8	7
1,8	93	15	8	5
2,0	85	12	6	5
2,2	82	10	5	5
$НІР_{0,05}$	1,1	1,0	0,3	0,1

Висновки та перспективи подальших досліджень. В обох досліджуваних сортів гірчиці озимої спостерігалась тенденція до зростання польової схожості насіння зі збільшенням норми його висіву. Найнижчі її значення відзначено за найменших у досліді норм висіву насіння 1,0 і 1,2 млн шт./га ('Венера' – 77 і 80%; 'Новинка' – 75 і 78 %), найвищі – за найбільшої норми 2,2 млн шт./га (90 і 86 % відповідно). При цьому показники сорту 'Венера' загалом за варіантами досліду неістотно переважали сорт 'Новинка'.

Сорти гірчиці мали досить високу стійкість проти збудників основних хвороб. Зокрема, у сорту 'Новинка' стійкість проти філостиктозу й септоріозу була на рівні6 і 7 бала, а проти цих же хвороб у сорту 'Венера' – 8 бала. Проти борошнистої роси: 'Новинка' – 7, а 'Венера' – 6 бала. Найменші показники стійкості проти переноспорозу і кореневих гнилей відзначено в 'Новинка' – 6 бала, а у 'Венера' цей показник становив 7 бала

В обох досліджуваних сортів гірчиці озимої виявлено високі показники стійкості до обсипання насіння та посухостійкості рослин: Венера' – по 8, 'Новинка' – по 8 і 7 бала відповідно. Дещо менші значення були щодо холодостійкості: 'Венера' – 6 бала, 'Новинка' – 7 бала.

Сорт ‘Венера’ характеризувався досить високими показниками стійкості проти всіх трьох шкідливих видів – 7 і 6 бала. Дещо менш стійким проти пошкодження фітофагами виявився сорт ‘Новинка’: гірчичний листоїд – 7 бала, гірчичний клоп і хрестоцвіті блішки – по 6 і 5 бала.

Найвищий рівень забур’янення посівів гірчиці озимої зафіксовано за найменшої норми висіву насіння 1,0 млн шт./га. – 217 шт./м², а найнижчий – за найбільшої – 2,2 млн шт./га. – 112 шт./м². Загалом було встановлено чітку закономірність до зниження чисельності бур’янів зі збільшенням норми висіву насіння культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Любич В.В., Войтовська В.І. Вміст жирних кислот і біологічна цінність олії, отриманої з пророслого зерна пшениці м’якої. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. 2024. Вип. 1. С. 11–14.
2. Saharan G. S., Mehta N., Meena P. D., Dayal P. *Alternaria* diseases of crucifers: biology, ecology and disease management. Singapore : Springer, 2016. P. 87–98.
3. Сівак А. Н., Костюкевич Т. К. Перспективи виробництва гірчиці в Україні. *Рубіновські читання : матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції* (м. Умань, 14 травня 2021 р.). Умань, 2021. С. 18.
4. Любич В. В., Моргун А. В. Агробіологічні параметри різних культиварів сорго цукрового за різних технологічних заходів. Таврійський науковий вісник. 2024. № 139. С. 127–134.
5. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. Збірник Уманського національного університету. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 126–133.
6. Абрамик М. І., Гузінович С. Й., Зозуля О. Л., Шевчук Я. І. Гірчиця. Івано-Франківськ : Симфонія Форте, 2011. 32 с.
7. Жуйков О. Г., Ходос Т. А. Формування комплексу біометричних, структурних і продуктивних показників гірчиці сарептської залежно від норми висіву та рівня біологізації технології вирощування культури в умовах Південного Степу. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 46–50. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.10.8
8. Жуйков О. Г., Ходос Т. А. Фітосанітарний стан агроценозу гірчиці сарептської за різних рівнів біологізації технології вирощування культури в умовах Південного Степу. *Зрошуване землеробство.* 2022. Вип. 77. С. 36–39. doi: 10.32848/0135–2369.2022.77.8
9. Latif M. Z., Haq I. U., Ijaz S., Faraz A. Rapeseed and Mustard: Diseases, Etiology, and Management. *Sustainable Winter. Fodder.* CRC Press, 2021. P. 199–222.
10. Колосок В. Г., Бутенко С. О. Видові та сортові особливості формування якості насіння гірчиці в умовах Північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2023. Т. 51, № 1. С. 64–71. doi: 10.32782/agrobio.2023.1.8
11. Kumar V., Lehri S., Sharma A. K. et al. Image based rapeseed-mustard disease expert system: An effective extension tool. *Indian Research Journal of Extension Education*. 2016. Vol. 8, Iss. 1. P. 10–13.
12. Beckie H. J., Johnson E. N., Blackshaw R. E., Gan Y. Weed suppression by canola and mustard cultivars. *Weed Technology*. 2008. Vol. 22, Iss. 1. P. 182–185.
13. Singh R. K., Singh R. P., Singh M. K. Weed management in rapeseed-mustard-A review. *Agricultural Reviews*. 2013. Vol. 34, Iss. 1. P. 36–49.
14. Станкевич С. Перспективи вирощування нетрадиційних олійних культур з родини Капустяних (*Brassicaceae* Burnett) та їх вплив на поліпшення фітосанітарного стану агроценозів. *Biodiversity after the Chernobyl accident. Part I*. Nitra, 2016. P. 232–235. doi: 10.15414/2016.b-p1.9788055215150

15. Sari I. P., Hidayati S., Ali M., Purwanti S. Application of Urban Waste Organic Fertilizer on the Growth of Mustard Plants (*Brassica juncea* L.). *Agricultural Science*. 2020. Vol. 1. P. 74–84.

16. Любич В. В., Войтовська В. І. Технологічне оцінювання насіння сортів арахісу. Вісник ЛТЕУ. 2023. № 34. С. 40–45.

17. Mehta N. Epidemiology and forecasting for the management of rapeseed-mustard diseases. *Journal of Mycology and Plant Pathology*. 2014. Vol. 44, Iss. 2. P. 131–147.

18. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами / за ред. П. С. Вишнівського. Київ, 2011. 76 с.

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

20. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / ред. В. В. Волкодав. Київ : Алефа, 2000. Вип. 1. 100 с.

21. Оптимізація інтегрованого захисту польових культур (довідник) / за ред. В. В. Кириченка, Ю. Г. Красиловця. Харків : Магда LTD, 2006. 252 с.

22. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенка. Київ : Дія, 2005. 288 с.

23. Сайко В. Ф., Камінський В. Ф., Вишнівський П. С. Рекомендації з вирощування ріпаку ярого та гірчиці білої. Київ : Колобіг, 2005. 34 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 633.16:631.811.98:631.527.8(477)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.7

ВПЛИВ СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Кубрак Т.М. *– аспірантка кафедри садово-паркового та лісового господарства,*
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5816-1972
Мельник А.В. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри садово-паркового та лісового господарства,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-7318-6262

Одними з таких ефективних складових сучасної технології вирощування є використання адаптованих сортів та застосування регуляторів росту з стимулюючою та антистресовою дією.

Таким чином, вивчення сортових особливостей ячменю ярого та реакції на сучасні регулятори росту є важливим для обґрунтування адаптивних елементів технології вирощування, спрямованих на забезпечення стабільної врожайності в умовах північно-східного Лісостепу України.

Метою досліджень було встановити вплив сортових особливостей та застосування регуляторів росту на морфологічні параметри рослин ячменю ярого. Польові дослідження виконувалися на базі ННВК Сумського НАУ упродовж 2023–2025 років. Насіння досліджуваних сортів ячменю ярого перед сівбою обробляли протруйником Ломардор.

Схема досліду. Фактор А – сорти ячменю ярого: Аграрій, Богун, Командор, Акордіне, Алісіана; фактор В – обробка регуляторами росту рослин: контроль (без обробки), Келпак, Блек Джек, Агростимулін, Гуміфілд, Ярило Аміно Мікс, Терпал.

За результатами проведених досліджень встановлено, що сорти Акордіне та Богун характеризувалися найвищими показниками лінійного росту у фазах трубкування та колосіння. Застосування біостимуляторів Ярило Аміно Мікс, Агростимулін, Блек Джек і Келпак у цих сортів забезпечувало найбільше підвищення висоти рослин, формування потужного стеблостою та добре розвиненого листкового апарату.

Сорти Аграрій та Алісіана характеризувалися інтенсивним формуванням листкового апарату та позитивною реакцією на стимулюючі препарати. Для них найбільш ефективними виявилися Ярило Аміно Мікс і Блек Джек, які забезпечували максимальні показники кількості листків та їх маси, що свідчить про високий рівень фотосинтетичної активності та адаптивний потенціал цих сортів.

Сорт Командор формував помірні морфологічні показники, однак вирізнявся стабільністю ростових процесів. Найкращі результати для цього сорту спостерігалися за застосування Ярило Аміно Мікс і Келпаку, що дозволяло підвищити розвиток листкового апарату та зберегти рівень продуктивного кущіння.

Окремо слід відзначити дію препарату Терпал, який у всіх досліджуваних сортів проявив себе як ефективний ретардант. Його застосування забезпечувало зменшення висоти рослин, підвищення міцності та жорсткості стебла без істотного зниження кількості пагонів і листків.

Ключові слова: *ячмінь ярий, сорти, регулятори росту, морфологічні параметри.*

© Кубрак Т.М., Мельник А.В., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Kubrak T.M., Melnyk A.V. Influence of varietary features and application of growth regulators on morphological parameters of spring barley plants in the conditions of the northeastern forest-step of Ukraine

One of such effective components of modern cultivation technology is the use of adapted varieties and the application of growth regulators with stimulating and anti-stress effects.

Thus, the study of varietal characteristics of spring barley and its response to modern growth regulators is important for substantiating adaptive elements of cultivation technology aimed at ensuring stable yields in the conditions of the northeastern Forest-Steppe of Ukraine.

The aim of the research was to determine the influence of varietal characteristics and the use of growth regulators on the morphological parameters of spring barley plants. Field research was carried out on the basis of the NNVK of the Sumy National Academy of Sciences during 2023–2025. Seeds of the studied spring barley varieties were treated with the Lombardor insecticide before sowing.

Experimental scheme. Factor A – spring barley varieties: Agrariy, Bohun, Komandor, Acordine, Alisiana; factor B – treatment with plant growth regulators: control (without treatment), Kelpak, Black Jack, Agrostimulin, Gumifield, Yarilo Amino Mix, Terpal.

According to the results of the conducted research, it was found that the varieties Acordine and Bohun were characterized by the highest linear growth rates in the tufting and earing phases. Application of biostimulants Yarilo Amino Mix, Agrostimulin, Black Jack and Kelpak in these varieties provided the greatest increase in plant height, the formation of a powerful stem and a well-developed leaf apparatus.

The varieties Agrariy and Alisiana were characterized by intensive formation of the leaf apparatus and a positive reaction to stimulating drugs. For them, Yarilo Amino turned out to be the most effective. Mix and Black Jack, which provided the maximum indicators of the number of leaves and their mass, which indicates a high level of photosynthetic activity and adaptive potential of these varieties.

The variety Commander formed moderate morphological indicators, but was distinguished by the stability of growth processes. The best results for this variety were observed with the use of Yarilo Amino Mix and Kelpak, which allowed to increase the development of the leaf apparatus and maintain the level of productive tillering.

Separately, it is worth noting the effect of the drug Terpal, which proved to be an effective retardant in all studied varieties. Its use ensured a reduction in plant height, increased stem strength and stiffness without a significant decrease in the number of shoots and leaves.

Key words: *spring barley, varieties, growth regulators, morphological parameters.*

Актуальність теми дослідження. Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) є багатовекторною сільськогосподарською культурою, яку широко використовують у продовольстві, кормовиробництві та пивоварній промисловості [1, 14]. В умовах сучасних кліматичних змін, що в Північно-східному Лісостепу України характеризуються нерівномірним зволоженням і значним варіюванням температурного режиму, особливого значення набувають додаткові важелі для стабілізації продукційного процесу [3, 14]. Одними з таких ефективних складових сучасної технології вирощування є використання адаптованих сортів та застосування регуляторів росту з стимулюючою та антистресовою дією [7, 15].

Першочерговим ефектом регуляторів росту є їх вплив на габітус рослин. Індикаторами в цьому є морфологічні параметри, що відображають їхній фізіологічний стан та адаптивну здатність до умов вирощування [2, 8]. Архітектоніка рослин визначає ефективність фотосинтезу та розподіл продуктів асиміляції між вегетативними і генеративними органами [9, 16]. Використання фізіологічно активних речовин сприяє синхронізації темпів розвитку, оптимізації внутрішньо рослинного перерозподілу асимілянтів [5, 19].

Таким чином, вивчення сортових особливостей ячменю ярого та реакції на сучасні регулятори росту є важливим для обґрунтування адаптивних елементів технології вирощування, спрямованих на забезпечення стабільної врожайності в умовах північно-східного Лісостепу України.

Постановка проблеми. Проблема підвищення продуктивності ячменю ярого за рахунок сортового різноманіття та застосування регуляторів росту знаходиться у центрі уваги багатьох вчених [1, 5, 6]. Слід зазначити, що численні дослідження науковців свідчать про вагому роль морфологічних показників рослин у формуванні продуктивності зернових культур, зокрема ячменю ярого, пшениці, вівса та кукурудзи. Встановлено, що кількість пагонів, розвиток листкового апарату та накопичення листкової біомаси є чутливими індикаторами дії сортових особливостей і регуляторів росту та визначають рівень реалізації біологічного потенціалу рослин [2, 16, 22].

Так, у дослідженнях, проведених у степових умовах України, доведено, що застосування регуляторів росту на посівах ячменю ярого сприяє підвищенню кущистості та формуванню більш продуктивного стеблостою, що позитивно впливає на морфоструктуру рослин [6, 10]. Аналогічні результати отримано у працях Іщенка О. В. та Горобця О. В., де встановлено збільшення кількості пагонів і листків у критичних фазах органогенезу під впливом біологічно активних препаратів [3, 6].

Поряд із дослідженнями ячменю, науковці приділяють значну увагу іншим зерновим культурам. Так, у працях Каленської С. М. показано, що застосування регуляторів росту на посівах пшениці озимої забезпечує оптимізацію кущіння, покращення розвитку листкового апарату та підвищення стійкості рослин до вилягання без негативного впливу на фотосинтетичну активність [11, 12]. Подібні закономірності встановлено й для вівса, де використання біостимуляторів сприяло збільшенню кількості листків і подовженню періоду їх функціональної активності [13].

У дослідженнях, присвячених кукурудзі, також підтверджено важливість регуляції ростових процесів. Зокрема, за даними Вишнівського П. С. та Фурмана О. В., застосування регуляторів росту позитивно впливало на формування листкової поверхні, інтенсивність фотосинтезу та накопичення надземної біомаси, що в подальшому забезпечувало підвищення продуктивності культури [12].

Таким чином, аналіз наукових публікацій свідчить, що незалежно від видових особливостей зернових культур, регулятори росту відіграють важливу роль у формуванні морфологічних параметрів рослин [19–22]. Водночас комплексні дослідження, спрямовані на одночасну оцінку впливу сортових особливостей і регуляторів росту на кількість пагонів, листків і масу листкової біомаси ячменю ярого, залишаються актуальними та потребують подальшого наукового обґрунтування [1, 5, 9].

Отже, існує наукова прогалина у вивченні ефективності різних комбінацій «сорт – регулятор росту», що й зумовлює актуальність проведення подальших досліджень у цьому напрямі [6, 10, 17].

Методика досліджень. Метою досліджень було встановити вплив сортових особливостей та застосування регуляторів росту на морфологічні параметри рослин ячменю ярого.

Польові дослідження виконувалися на базі ННВК Сумського НАУ упродовж 2023–2025 років. Насіння досліджуваних сортів ячменю ярого перед сівбою обробляли протруйником Ломардор.

Схема досліду. Фактор А – сорти ячменю ярого: Аграрій, Богун, Командор, Акордіне, Алісіана; фактор В – обробка регуляторами росту рослин: контроль (без обробки), Келпак, Блек Джек, Агростимулін, Гуміфілд, Ярило Аміно Мікс, Терпал.

У межах усіх варіантів досліду здійснювали фенологічні спостереження відповідно до чинних методичних рекомендацій Державної комісії з випробування сортів сільськогосподарських культур. Оцінювання морфологічних параметрів рослин ячменю ярого проводили згідно з методичними підходами, викладеними у «Методичних вказівках з проведення польових дослідів із польовими культурами».

Посів проводили у першій декаді квітня, звичайним рядковим способом із шириною міжрядь 15 см. Площа облікової ділянки становила 15 м², дослід закладали у чотирьох повтореннях. Площа загальної ділянки 0,36 га.

Експериментальні дослідження проводилися на дослідній ділянці навчально-науково-виробничого комплексу Сумського НАУ. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом типовим глибоким, середньосуглинковим на лесових породах. Агрохімічна характеристика ґрунту, визначена згідно з ДСТУ 4362:2004, засвідчила високу забезпеченість органічною речовиною (гумус 4,2–4,4 % за Тюріним) та слабокислу реакцію (pH 6,0–6,1). Середні показники забезпеченості основними елементами живлення становили: легкогідролізований азот (за Корнфілдом) – 133,7 мг/г, рухомий фосфор і обмінний калій (за Чириковим) -205,6 мг/кг та 78,0 мг/кг відповідно. Ці дані використовувалися для точного розрахунку та коригування норм внесення мінеральних добрив.

Метеорологічні умови в роки проведення досліджень (2023–2025 рр.) в цілому відображали типовий агрокліматичний фон зони, але суттєво відрізнялися від середньобагаторічних показників за сумою опадів і температурою. Ця мінливість створює контрастний експериментальний фон, необхідний для оцінки сортових особливостей та ефективності регуляторів росту на морфологічні параметри ячменю ярого. Аналіз показав, що 2023 рік (ГТК = 1,07) та 2025 рік (ГТК = 0,90) були близькими до норми за загальним зволоженням, але характеризувалися водним дефіцитом у травні та тепловим стресом, що дозволяє оцінити, наскільки сорт і регулятори росту можуть контролювати вертикальний ріст та зменшувати вилягання в умовах, близьких до оптимальних. Натомість, 2024 рік (ГТК = 0,65) був сухим із пролонгованим гідротермічним та тепловим стресом протягом травня-липня. Умови цього року є критично важливими для оцінки адаптивних можливостей сортів та перевірки, чи можуть регулятори росту підтримувати ріст рослин і подальшому формування елементів структури в умовах жорсткого стресу.

Таким чином, мінливий стресовий фон дослідних років дає змогу об’єктивно оцінити стабільність морфологічних параметрів сортів та ефективність застосованих регуляторів росту як інструментів, що коригують архітектоніку рослини у відповідь на абіотичні стреси, забезпечуючи основу для оптимізації агротехнологій вирощування ячменю ярого.

Статистичну та математичну обробку даних виконували методами дисперсійного аналізу з використанням програми Excel 16.0 для Windows та Statistica 9.0.

Результати досліджень. У результаті досліджень встановлено, що висота рослин ячменю ярого істотно залежала як від сортових особливостей, так і від застосованих регуляторів росту. У фазу трубкування найменшу висоту формували рослини сорту Алісіана за контролю (29,7 см), тоді як найбільші показники спостерігалися у сортів Акордіне та Богун (36,6–38,2 см залежно від регулятора). Застосування препаратів Келпак, Блек Джек, Агростимулін та Ярило Аміно Мікс сприяло підвищенню лінійного росту рослин – у середньому на 1,5–3,0 см відносно контролю, що вказує на їх стимулюючу дію.

Таблиця 1

Висота рослин ячменю ярого залежно від сорту та застосування регуляторів росту рослин, см (середнє за 2023-2025 рр.)

Сорти (Фактор А)	Регулятори росту (Фактор Б)	Висота рослин, см (трубкування)	Середнє по фактору А	Середнє по фактору В	Висота рослин, см (колосіння),	Середнє по фактору А	Середнє по фактору В
Командор	Контроль	30,7	32,9	32,9	59,4	56,9	57,2
	Келпак	34,7		34,8	58,5		58,6
	БлекДжек	32,9		35,2	56,8		59,0
	Агростимулін	33,4		36,0	56,5		59,4
	Гуміфілд	32,3		34,9	56,6		58,6
	Ярило АміноМікс	31,4		34,3	56,8		59,3
	Терпал	34,7		32,0	54,0		56,0
Аграрій	Контроль	34,7	34,4		54,9	57,3	
	Келпак	34,9			56,7		
	БлекДжек	36,9			61,0		
	Агростимулін	36,4			58,2		
	Гуміфілд	35,4			56,9		
	Ярило АміноМікс	32,4			58,0		
	Терпал	30,2			55,4		
Акордіне	Контроль	36,6	36,5		56,5	57,9	
	Келпак	37,8			57,7		
	БлекДжек	36,9			58,0		
	Агростимулін	37,5			60,0		
	Гуміфілд	36,2			58,1		
	Ярило АміноМікс	38,2			58,9		
	Терпал	32,6			56,2		
Алісіана	Контроль	29,7	32,8		53,0	55,7	
	Келпак	32,9			55,8		
	БлекДжек	32,8			56,0		
	Агростимулін	35,5			57,6		
	Гуміфілд	34,2			58,4		
	Ярило АміноМікс	34,0			56,7		
	Терпал	30,3			52,3		
Богун	Контроль	32,6	35,0		62,2	63,7	
	Келпак	33,9			64,5		
	БлекДжек	36,8			63,4		
	Агростимулін	37,2			65,1		
	Гуміфілд	36,1			63,1		
	Ярило АміноМікс	35,8			66,0		
	Терпал	32,3			62,0		
Duncan test $_{0.05}$ взаємодія АВ		3,8			6,1		

На відміну від цих препаратів, Терпал характеризувався специфічним механізмом впливу: він не стимулював ріст, а навпаки – стримував подовження стебла,

забезпечуючи його укорочення, підвищення міцності та жорсткості, що є важливим для попередження полягання посівів ячменю. Саме тому у всіх сортів, незалежно від вихідних морфобіологічних особливостей, застосування Терпалу супроводжувалося зниженням висоти рослин порівняно з іншими регуляторами. На нашу думку, це проявляється ретардантна дія Терпалу.

У фазу колосіння зберігалися аналогічні тенденції. Найвищі значення висоти стеблостою спостерігалися у сорту Богун (62,0–66,0 см), тоді як сорти Алісіана та Командор формували нижчі показники (52,3–59,4 см). Реакція на регулятори росту також залишалася диференційованою: регулятори в середньому підсилювали ріст на 2–4 %, тоді як Терпал зменшував його. Зокрема, у сортів Богун та Акордіне зниження висоти за дії Терпалу становило 2–4 см у порівнянні з контролем, що підтверджує його регуляторну дію, спрямовану не на інтенсифікацію росту, а на формування стійкого, менш вразливого до вилягання стеблостою.

Таким чином у фазу трубкування та колосіння найбільш високорослими були рослини сортів Акордіне та Богун. За фактором В найбільший стимулюючий ефект забезпечували наступні регулятори росту: Агростимулін, Блек Джек, Ярило Аміно Мікс і Келпак.

Після аналізу показників висоти рослин, які продемонстрували залежність реакції сортів ячменю від дії різних препаратів та особливостей їх регулятивного чи стимулюючого впливу, логічним є перехід до оцінювання наступного важливого морфогенетичного показника – формування пагонів у ключові фази розвитку культури. Якщо висота стебла відображає загальний темп ростових процесів і реакцію рослин на застосування регуляторів росту, то кількість пагонів у фазах трубкування та колосіння безпосередньо визначає потенційну продуктивність. Саме тому порівняння показників цих двох груп даних дозволяє комплексно оцінити ефективність препаратів та відстежити їх вплив не лише на інтенсивність росту, а й на продуктивні органи рослин. У представленій таблиці 2 наведено результати вивчення впливу препаратів різної дії (біостимуляторів та регулятора росту) на формування кількості пагонів ячменю у фазах трубкування та колосіння. Отримані дані свідчать, що дія препаратів загалом характеризується відносно стабільним впливом на формування пагонів, хоча між сортами простежуються помірні відмінності.

У фазі трубкування середні значення кількості пагонів за сортами знаходилися в межах 1,6–1,8, що свідчить про близькі показники продуктивного кущіння. Дещо рівень варіабельності спостерігався і за фактором В (вид препарату), де середні значення переважно змінюється від 1,5 до 1,9. Максимального ефекту (на 30–36 %) було отримано за використання Гуміфілд та Ярило АміноМікс.

У фазі колосіння тенденції загалом зберігаються: більшість препаратів забезпечували стабільний рівень розвитку пагонів, що вказує на сталість реакції рослин у різні періоди онтогенезу. Найвищі показники у більшості сортів відзначено за дії препаратів Гуміфілд, Ярило Аміно Мікс, Келпак та Блек Джек, що свідчить про їх позитивний вплив на інтенсивність кущіння та формування продуктивних пагонів. Терпал забезпечував формування пагонів (1,6–1,9 у фазі трубкування та 1,6–2,0 у фазі колосіння), що свідчить про його збалансований вплив на морфогенетичні процеси, без зниження продукційного потенціалу рослин.

Таким чином, поєднання результатів щодо висоти рослин і кількості пагонів дозволяє зробити висновок, що більшість біостимуляторів сприяють активному росту та покращенню структурних елементів продуктивності, тоді як Терпал відіграє роль як ефективний регулятор, що формує специфічну архітектоніку стеблостою та забезпечує стійкість посівів без втрат продуктивності.

Таблиця 2

Кількість пагонів рослин ячменю ярого залежно від сортових особливостей та застосування регуляторів росту, шт (середнє за 2023-2025 рр.)

Сорти (Фактор А)	Регулятори росту (Фактор Б)	Кількість пагонів, шт (трубкування)	Середнє по фактору А	Середнє по фактору В	Кількість пагонів шт (колосіння)	Середнє по фактору А	Середнє по фактору В
Командор	Контроль	1,3	1,7	1,4	1,7	1,6	1,6
	Келпак	1,8		1,8	1,6		1,7
	БлекДжек	1,8		1,8	1,6		1,6
	Агростимулін	1,7		1,7	1,4		1,7
	Гуміфілд	1,8		1,9	1,7		1,7
	Ярило АміноМікс	1,9		1,9	1,3		1,6
	Терпал	1,9		1,7	1,6		1,8
Аграрій	Контроль	1,2	1,6		1,6	1,7	
	Келпак	1,7			2,0		
	БлекДжек	1,9			1,6		
	Агростимулін	1,7			1,8		
	Гуміфілд	1,7			1,7		
	Ярило АміноМікс	1,7			1,5		
	Терпал	1,6			1,8		
Акордіне	Контроль	1,3	1,8		1,5	1,8	
	Келпак	2,0			1,9		
	БлекДжек	1,8			1,5		
	Агростимулін	1,7			1,8		
	Гуміфілд	2,1			1,9		
	Ярило АміноМікс	1,9			1,8		
	Терпал	1,6			2,0		
Алісіана	Контроль	1,7	1,8		1,6	1,8	
	Келпак	1,8			1,6		
	БлекДжек	1,8			1,7		
	Агростимулін	1,9			1,9		
	Гуміфілд	2,1			1,7		
	Ярило АміноМікс	1,9			1,9		
	Терпал	1,7			1,9		
Богун	Контроль	1,6	1,8		1,4	1,5	
	Келпак	1,8			1,4		
	БлекДжек	1,8			1,8		
	Агростимулін	1,6			1,6		
	Гуміфілд	1,7			1,3		
	Ярило АміноМікс	2,0			1,7		
	Терпал	1,8			1,7		

Після встановлення особливостей формування пагонів у фазах трубкування та колосіння важливим етапом морфологічної оцінки рослин ячменю ярого є аналіз кількісного розвитку листкового апарату, оскільки саме кількість

листків значною мірою визначає потенційну площу фотосинтезуючої поверхні та інтенсивність асиміляційних процесів. Формування листків є чутливим показником реакції рослин на сортові особливості та дію регуляторів росту, що дозволяє оцінити рівень реалізації їх біологічного потенціалу в конкретних умовах вирощування. У таблиці 3 наведена кількість листків у фазах трубкування та колосіння залежно від сорту (фактор А) та застосованих препаратів (фактор Б).

У межах сорту Командор кількість листків у фазі трубкування становила 7,9–8,3 шт., а в період колосіння – 7,1–7,7 шт. Застосування Ярило Аміно Мікс забезпечило найбільше формування листків на обох етапах розвитку (8,3 і 7,7 шт. відповідно), тоді як Гуміфілд і контрольні варіанти характеризувалися нижчими показниками. Середні величини за фактором Б демонструють, що Ярило Аміно-Мікс забезпечив найвищу середню кількість листків, тоді як Терпал та контроль мали нижчі значення. У середньому за сортом Командор показник становив 8,0 листка у фазі трубкування та 7,4 – у фазі колосіння.

Для сорту Аграрій спостерігалося інтенсивніше наростання листків: 8,5–9,5 шт. у фазі трубкування та 7,4–7,9 шт. у фазі колосіння. Найвищі показники знову відзначено у варіантах з Ярило Аміно Мікс та Блек Джек, що свідчить про стимулюючий вплив препаратів на листкоутворення. Середній показник за сортом становив 9,0 листка у фазі трубкування й 7,6 – у фазі колосіння.

У сорту Акордінє кількість листків досягала 8,9–9,4 шт. у фазі трубкування та 7,0–8,2 шт. у фазі колосіння. Найвищі значення сформувалися під дією Ярило Аміно Мікс (9,4 і 8,2 шт.), тоді як Гуміфілд і Терпал забезпечили відносно нижчі показники. У середньому за сортом утворилося 9,1 листка у трубкуванні і 7,7 – у період колосіння.

Сорт Алісіана також продемонстрував високі значення кількості листків: у фазі трубкування – 8,6–9,5 шт., у фазі колосіння – 6,8–8,9 шт. Найбільшу кількість листків формував варіант із Ярило Аміно Мікс (9,5 та 8,9 шт.), що підтверджує підвищений адаптивний і стимулюючий ефект препарату. У середньому за сортом кількість листків становила 9,0 у фазі трубкування та 7,4 у фазі колосіння.

У сорту Богун показники були нижчими порівняно з іншими сортами: 8,0–8,7 листка у фазі трубкування та 6,2–7,8 – у фазі колосіння. Варіанти з Ярило Аміно Мікс та Келпаком забезпечили найбільш інтенсивне формування листків, тоді як контроль продемонстрував мінімальні значення. Середні показники для сорту становили 8,3 та 6,6 листка відповідно.

Загалом результати засвідчують, що найбільш виражений стимулюючий вплив на кількість листків мали препарати Ярило Аміно Мікс і Блек Джек, тоді як Терпал, на відміну від інших препаратів, характеризувався стримувальним ефектом щодо ростових процесів. Однак, з огляду на його фізіологічну специфіку – регуляцію висоти та підвищення стійкості стебла до вилягання – зменшення листкової маси та кількості листків є типовим і технологічно доцільним наслідком його застосування.

Висновки і пропозиції. Проведені дослідження засвідчили, що морфологічні показники рослин ячменю ярого – висота стебла, кількість пагонів та листків істотно залежать, як від сортових особливостей, так і від дії застосованих регуляторів росту, що підтверджує доцільність їх диференційованого використання з урахуванням біології сорту та технологічних завдань вирощування.

Таблиця 3

Середня кількість листків на одній рослині ячменю ярого у фазах трубкування та колосіння залежно від сорту та регуляторів росту, шт (середнє за 2023-2025 рр.)

Сорти (Фактор А)	Регулятори росту (Фактор Б)	Кількість листків, шт трубкування	Середнє по фактору А	Середнє по фактору В	Кількість листків, шт колосіння	Середнє по фактору А	Середнє по фактору В
Командор	Контроль	7,9	8,0	8,4	7,2	7,4	7,0
	Келпак	8,1		8,8	7,6		7,3
	БлекДжек	8,0		8,8	7,5		7,4
	Агростимулін	8,1		8,7	7,6		7,5
	Гуміфілд	7,9		8,6	7,1		7,1
	Ярило АміноМікс	8,3		9,0	7,7		8,1
	Терпал	8,0		8,5	7,4		7,1
Аграрій	Контроль	8,5	9,0		7,4	7,6	
	Келпак	8,7			7,7		
	БлекДжек	9,5			7,8		
	Агростимулін	9,2			7,5		
	Гуміфілд	9,1			7,6		
	Ярило АміноМікс	9,3			7,9		
	Терпал	8,7			7,5		
Акордіне	Контроль	8,9	9,1		7,5	7,7	
	Келпак	9,3			7,8		
	БлекДжек	9,2			7,9		
	Агростимулін	9,1			7,6		
	Гуміфілд	9,1			7,0		
	Ярило АміноМікс	9,4			8,2		
	Терпал	8,7			7,5		
Алісіана	Контроль	8,6	9,0		6,8	7,4	
	Келпак	9,1			7,0		
	БлекДжек	8,8			7,4		
	Агростимулін	9,1			7,8		
	Гуміфілд	9,0			7,2		
	Ярило АміноМікс	9,5			8,9		
	Терпал	8,8			6,9		
Богун	Контроль	8,0	8,3		6,2	6,6	
	Келпак	8,6			6,3		
	БлекДжек	8,4			6,4		
	Агростимулін	8,2			6,9		
	Гуміфілд	8,1			6,4		
	Ярило АміноМікс	8,7			7,8		
	Терпал	8,1			6,3		
Duncan test $_{0.05}$ взаємодія АВ							

Установлено, що сорти Акордіне та Богун характеризувалися найвищими показниками лінійного росту у фазах трубкування та колосіння. Застосування біостимуляторів Ярило Аміно Мікс, Агростимулін, Блек Джек і Келпак у цих сортів забезпечувало найбільше підвищення висоти рослин, формування потужного стеблостою та добре розвиненого листкового апарату. Для сорту Богун найбільш ефективним виявилося поєднання з препаратами Ярило Аміно Мікс і Келпак, які сприяли гармонійному поєднанню інтенсивного росту, стабільного кущіння та накопичення листкової маси.

Сорт Акордіне вирізнявся стабільною реакцією на більшість біостимуляторів і демонстрував найвищі середні значення за сукупністю морфометричних показників, що дозволяє вважати його лідером за реалізацією ростового та асиміляційного потенціалу. Найкращі результати у цього сорту забезпечували препарати: Ярило Аміно Мікс і Блек Джек, які стимулювали формування значної кількості листків і підвищення їх маси без надмірного видовження стебла.

Сорти Аграрій та Алісіана характеризувалися інтенсивним формуванням листкового апарату та позитивною реакцією на стимулюючі препарати. Для них найбільш ефективними виявилися Ярило Аміно Мікс і Блек Джек, які забезпечували максимальні показники кількості листків та їх маси, що свідчить про високий рівень фотосинтетичної активності та адаптивний потенціал цих сортів.

Сорт Командор формував помірні морфологічні показники, однак вирізнявся стабільністю ростових процесів. Найкращі результати для цього сорту спостерігалися за застосування Ярило Аміно Мікс і Келпаку, що дозволяло підвищити розвиток листкового апарату та зберегти рівень продуктивного кущіння.

Окремо слід відзначити дію препарату Терпал, який у всіх досліджуваних сортів проявив себе як ефективний ретардант. Його застосування забезпечувало зменшення висоти рослин, підвищення міцності та жорсткості стебла без істотного зниження кількості пагонів і листків. Найбільший ефект було отримано за використання Терпалу було у сортів Богун та Акордіне, схильних до формування високого стеблостою, де він сприяв оптимізації архітектоніки посіву та підвищенню стійкості до вилягання.

Узагальнюючи отримані результати, можна зробити висновок, що сорт Акордіне є найбільш пластичним і таким, що максимально реалізує свій біологічний потенціал за різних варіантів застосування регуляторів росту. Водночас Ярило Аміно Мікс слід вважати універсальним і найбільш ефективним біостимулятором для більшості досліджуваних сортів, тоді як Терпал доцільно використовувати як спеціалізований регулятор для формування стійкого, компактного та технологічно оптимального стеблостою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бабич А. О., Григор'єва О. А. Фотосинтетична діяльність та урожайність сортів ячменю залежно від елементів технології вирощування. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 88(3). С. 20–35.
2. Васильєв В. П. та ін. Фізіологія рослин. Київ : Вища школа, 2001.
3. Вишнівський П. С., Фурман О. В. Ріст і розвиток кукурудзи за дії регуляторів росту в умовах Лісостепу Правобережного. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 7. С. 34–40.
4. Горобець О. В., Шевніков М. Я. Вплив регуляторів росту на онтогенез сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 3. С. 62–69.
5. Горобчишин В. В., Костиря Л. П. Вплив нових регуляторів росту на ріст та розвиток рослин ячменю. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 69(4). С. 1–15.

6. Гуменюк О. В., Гуменюк В. О. Регуляція росту та продуктивності ячменю ярого за впливу фізіологічно активних речовин. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2021. № 100(1). С. 20–27.

7. Дідора В. Г., Бондар О. Є., Власюк М. В. Вплив мінерального живлення та регуляторів росту на продуктивність зернових культур в умовах Полісся України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2019. № 2. С. 41–48.

8. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Київ : Держстандарт України, 2005.

9. Іщенко О. В. Вплив регуляторів росту на формування продуктивності ячменю ярого в умовах Степу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. № 2. С. 45–51.

10. Каленська С. М., Таран В. Г., Швиденко В. М. Формування листкового апарату та стійкість до вилягання пшениці озимої за дії регуляторів росту. *Зернові культури*. 2020. Т. 4, № 1. С. 98–105.

11. Камінський В. Ф., Григоренко О. М. Формування асиміляційної поверхні зернових культур залежно від умов вирощування. *Землеробство*. 2019. Вип. 91. С. 52–59.

12. Кириченко В. В., Петренкова В. П. Генотипові особливості формування морфологічних ознак зернових культур. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2017. № 1. С. 23–30.

13. Коць С. Я., Войцехівська О. В. Особливості формування фотосинтетичного апарату та продуктивність сортів ячменю ярого в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 88(2). С. 40–47.

14. Криворучко Р. Ф., Кириченко В. В. Формування морфоструктури та продуктивності сортів ячменю ярого залежно від системи удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 79(3). С. 19–24.

15. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування основних польових культур. Львів : Українські технології, 2018. 800 с.

16. Лихочвор В. В., Бугайов В. Д. Агротехнологічні основи формування високопродуктивних посівів ячменю ярого. Київ : Аграрна наука, 2018.

17. Маслійов В. М., Коржова Н. М. Формування фотосинтетичного апарату рослин ячменю ярого залежно від агротехнічних чинників. *Український журнал екології*. 2020. Т. 10, № 4. С. 112–118.

18. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ : УкрНДІС, 2002.

19. Ніколаєв В. О. Вплив регуляторів росту на продуктивність ячменю ярого в умовах Степу України : магістерська робота. Кропивницький, 2024. 78 с.

20. Петриченко В. Ф., Бакальська Н. М. Реакція сортів ячменю ярого на застосування ретардантів. *Землеробство*. 2019. № 96(4). С. 101–108.

21. Ткаліч Ю. І., Грицик В. О. Використання сучасних регуляторів росту в технологіях вирощування зернових культур. *Агроном*. 2021. № 13(1). С. 50–55.

22. Цехмейструк М. Г., Шеляків В. О., Шевніков М. Я. Морфологічні показники та врожайність зернових культур залежно від елементів технології вирощування. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 113. С. 156–163.

23. Driever S. M. et al. The effects of altered Rubisco levels on barley growth and photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 2014. Vol. 65, No. 16. P. 4611–4621. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/eru211

24. Hussain S., Ali M., Khan I. Role of salicylic acid in improving morphological and physiological attributes of barley under heat stress. *Environmental and Experimental Botany*. 2017. Vol. 137. P. 174–182. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.02.006

25. Marschner P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. London : Academic Press, 2012. 651 p.

26. Radwan E. S. E., Abdein M. A. Genotypic variation in barley (Hordeum vulgare L.) for morphological traits and yield stability under different environments. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2018. Vol. 64, No. 9. P. 1269–1280. DOI: https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1420131

27. Saeed A., Saffari V. R., Mir M. A. Genetic variability and correlation analysis for morphological traits in spring barley. *Euphytica*. 2019. Vol. 215, No. 1. Art. 12. DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-018-2329-z

28. Setter T. L., Parra G. A. Hormonal control of tillering and reproductive growth in barley (Hordeum vulgare L.): The role of cytokinins and auxins. *Journal of Plant Physiology*. 2010. Vol. 167, No. 14. P. 1189–1200. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.04.010

29. Shahid M., Ahmed M., Qasim M. Improving yield and yield components of spring barley through combined application of foliar nitrogen and plant growth regulators. *Field Crops Research*. 2020. Vol. 252. Art. 107817. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107817

30. Srivastava G. S., Sharma V. K. Influence of brassinosteroids on growth, physiological parameters and yield attributes of different barley varieties. *Plant Growth Regulation*. 2015. Vol. 75, No. 3. P. 755–763. DOI: https://doi.org/10.1007/s10725-014-9978-y

31. Taiz L. et al. Plant Physiology and Development. 6th ed. Sunderland : Sinauer Associates, 2015. 761 p.

32. Wani A. S., Saffari V. R., Mir M. A. Effect of plant growth regulators on morpho-physiological characteristics of barley genotypes under drought stress. *Cereal Research Communications*. 2019. Vol. 47, No. 3. P. 438–447. DOI: https://doi.org/10.1556/0806.47.2019.16

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 635.21:551.583
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.8

АГРАРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ І МАРКЕТИНГ – КЛЮЧОВІ ЧИННИКИ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

***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
***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
***Гнітецький М.О.** – д. PhD,*
доцент кафедри біотехнології та хімії,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-8088-2677

У статті досліджено теоретико-методологічні та прикладні аспекти аграрного менеджменту і маркетингу в умовах трансформації економіки та посилення ринкової конкуренції. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності функціонування сільськогосподарських підприємств в умовах нестабільного зовнішнього середовища, глобалізації продовольчих ринків, зростання ролі інновацій та підвищення вимог споживачів до якості й безпечності аграрної продукції.

У роботі обґрунтовано, що в сучасних умовах аграрний менеджмент і маркетинг слід розглядати, як взаємопов'язані складові єдиної системи управління підприємством, орієнтованої на довгострокову конкурентоспроможність і сталий розвиток. Доведено, що традиційна модель управління, яка фокусується переважно на виробничих показниках, є недостатньо ефективною в умовах ринкової економіки, оскільки не враховує динаміку попиту, поведінку споживачів, цінові коливання та ризики, притаманні аграрному виробництву. Обґрунтовано роль сучасних управлінських і маркетингових інструментів у забезпеченні сталого розвитку сільськогосподарських підприємств. Проаналізовано особливості формування маркетингової стратегії в аграрному секторі, враховуючи специфіку виробництва, сезонність та ризики, наведено приклади з практики аграрних підприємств України.

Проведено порівняльний аналіз підходів до аграрного менеджменту та маркетингу на вітчизняних і закордонних агропідприємствах. Обґрунтовано вплив управлінських і маркетингових стратегій на рівень ефективності та конкурентоспроможності сільськогосподарського виробництва. Особливу увагу приділено відмінностям у стратегічному плануванні, організації маркетингової діяльності та використанні інноваційних інструментів. Визначено можливості адаптації міжнародного досвіду до умов функціонування аграрних підприємств України.

У межах порівняльного аналізу доведено, що закордонні агропідприємства значно активніше інтегрують маркетинг у систему управління, використовуючи його, як основу для прийняття стратегічних рішень, щодо структури виробництва, інвестиційної діяльності та розвитку ринків збуту.

Аргументовано, що високий рівень маркетингової культури, використання аналітичних даних і цифрових інструментів дозволяє іноземним виробникам ефективніше реагувати на зміни ринкової кон'юнктури та знижувати вплив цінових і ринкових ризиків.

***Ключові слова:** аграрний менеджмент, аграрний маркетинг, конкурентоспроможність, стратегічне управління, сільськогосподарські підприємства, сталий розвиток.*

© Кравченко Н.В., Можарівська І.А., Гнітецький М.О., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Kravchenko N.V., Mozharivska I. A., Hnitetskyi M.O. Agricultural management and marketing are key factors in increasing the competitiveness of agricultural enterprises

The article examines the theoretical, methodological and applied aspects of agricultural management and marketing in the context of economic transformation and increased market competition. The relevance of the study is due to the need to increase the efficiency of agricultural enterprises in the context of an unstable external environment, globalization of food markets, the growing role of innovation and increasing consumer demands for the quality and safety of agricultural products.

The paper substantiates that in modern conditions, agricultural management and marketing should be considered as interrelated components of a single enterprise management system focused on long-term competitiveness and sustainable development. It is proven that the traditional management model, which focuses mainly on production indicators, is not effective enough in a market economy, since it does not take into account the dynamics of demand, consumer behavior, price fluctuations and risks inherent in agricultural production. The role of modern management and marketing tools in ensuring the sustainable development of agricultural enterprises is substantiated. The features of the formation of a marketing strategy in the agricultural sector are analyzed, taking into account the specifics of production, seasonality and risks. Examples from the practice of agricultural enterprises in Ukraine are given.

A comparative analysis of approaches to agricultural management and marketing at domestic and foreign agricultural enterprises is conducted. The impact of management and marketing strategies on the level of efficiency and competitiveness of agricultural production is substantiated. Particular attention is paid to differences in strategic planning, organization of marketing activities and the use of innovative tools. The possibilities of adapting international experience to the operating conditions of agricultural enterprises in Ukraine are identified.

Within the framework of the comparative analysis, it is proven that foreign agricultural enterprises integrate marketing much more actively into the management system, using it as a basis for making strategic decisions regarding the structure of production, investment activities and the development of sales markets. It is shown that a high level of marketing culture, the use of analytical data and digital tools allows foreign producers to respond more effectively to changes in the market situation and reduce the impact of price and market risks.

Key words: *agricultural management, agricultural marketing, competitiveness, strategic management, agricultural enterprises, sustainable development.*

Постановка проблеми. Глобалізація аграрних ринків зумовлює необхідність порівняльного аналізу моделей управління та маркетингу, що застосовуються в різних країнах. Аграрні підприємства України дедалі частіше конкурують не лише між собою, а й із виробниками з країн Європейського Союзу, Північної Америки та Азії, при цьому ефективність аграрного менеджменту та маркетингу є ключовим чинником успішного функціонування підприємств.

Мета дослідження полягає у виявленні відмінностей і спільних рис у підходах до аграрного менеджменту та маркетингу в Україні та за кордоном з подальшим обґрунтуванням можливостей використання міжнародного досвіду у вітчизняній практиці.

Сучасний етап розвитку аграрної економіки характеризується зростанням зміни навколишнього середовища, підвищенням вимог до ефективності виробництва та необхідністю адаптації до глобальних і внутрішніх викликів.

За таких умов особливої актуальності набуває застосування науково обґрунтованих підходів до аграрного менеджменту та маркетингу, які дозволяють забезпечити раціональне використання ресурсів і стабільні конкурентні позиції на ринку.

Аграрний сектор України, будучи стратегічно важливим для національної економіки, потребує сучасних управлінських рішень, орієнтованих не лише на виробництво, а й на ефективну реалізацію продукції, формування попиту та довгострокові відносини зі споживачами.

Аграрний менеджмент у розвинених країнах формується на основі стратегічного підходу, орієнтованого на довгострокову ефективність і стійкість бізнесу.

Управлінські рішення приймаються з урахуванням екологічних стандартів, ризик-менеджменту та інноваційного розвитку.

На відміну від цього, вітчизняні агропідприємства часто орієнтовані на короткострокові виробничі цілі. Порівняльний аналіз показує, що зарубіжні підприємства надають значно більше уваги управлінню людським капіталом, системам мотивації та підвищенню кваліфікації персоналу, що безпосередньо впливає на продуктивність праці.

Аграрний менеджмент включає систему принципів, методів і функцій управління, спрямованих на забезпечення ефективного функціонування сільськогосподарських підприємств, специфіка якого зумовлена біологічною природою виробництва, залежністю від природно-кліматичних умов, сезонністю та високим рівнем ризиків.

Основними функціями аграрного менеджменту є планування, організація, мотивація та контроль. Планування в аграрному виробництві передбачає врахування довгострокових факторів, таких, як родючість ґрунтів, сівозміна та інвестиції в основні засоби. Організаційна функція охоплює формування ефективної структури управління, адаптованої до масштабів та спеціалізації господарства.

Суть і особливості аграрного маркетингу у різних країнах. Маркетингова діяльність агропідприємств у країнах з розвиненою ринковою економікою є повноцінною функцією управління, інтегрованою в загальну стратегію підприємства. Виробничі рішення там формуються на основі глибокого аналізу попиту, поведінки споживачів і тенденцій ринку [1,3].

В Україні аграрний маркетинг у багатьох випадках зводиться до організації збуту вже виробленої продукції. Порівняння із закордонними агропідприємствами свідчить, що саме орієнтація на споживача дозволяє іноземним виробникам ефективніше диверсифікувати асортимент, розвивати брендинг і отримувати вищу додану вартість.

Взаємозв'язок менеджменту та маркетингу: міжнародна практика. Зарубіжний досвід переконливо доводить, що менеджмент і маркетинг не можуть функціонувати ізольовано. Стратегічні управлінські рішення, щодо інвестицій, структури виробництва чи технологій базуються на результатах маркетингових досліджень. Порівняно з українськими підприємствами, де ці функції часто розділені, іноземні агрофірми демонструють вищий рівень координації між підрозділами [1-2]. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни кон'юнктури ринку та зменшувати вплив цінових коливань. Як свідчать наведені дані (таб.1), закордонні агропідприємства характеризуються довгостроковою управлінською орієнтацією та системним підходом до ризиків, що забезпечує стабільність фінансових результатів у мінливому ринковому середовищі.

Аграрний маркетинг є складовою системи управління, яка забезпечує орієнтацію виробництва на потреби ринку. На відміну від класичного маркетингу, він характеризується підвищеною залежністю від сезонних коливань, обмеженими можливостями диференціації продукції та значним впливом державного регулювання [1,4].

Формування ефективної маркетингової політики в аграрному секторі передбачає дослідження ринку, сегментацію споживачів, вибір каналів збуту та розробку цінової стратегії. Наприклад, виробники зернових культур дедалі частіше орієнтуються на експортні ринки, що потребує дотримання міжнародних стандартів якості та логістичної ефективності.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика системи аграрного менеджменту на агропідприємствах України та закордонних країн

Показник	Агропідприємства України	Агропідприємства країн ЄС	Агропідприємства США
Стратегічне планування	1–3 роки	5–10 років	10–15 років
Наявність формалізованої стратегії розвитку	частково	переважно	обов'язково
Рівень автоматизації управління	низький–середній	середній–високий	високий
Використання ризик-менеджменту	обмежене	системне	комплексне
Частка управлінських витрат у собівартості, %	4–6	7–9	8–10

Менеджмент і маркетинг у сільському господарстві перебувають у тісному взаємозв'язку та взаємодоповнюють один одного. Управлінські рішення щодо обсягів виробництва, структури посівів чи інвестиційної діяльності повинні базуватися на маркетинговій інформації про кон'юнктуру ринку та споживчі вподобання [1,5-6].

Наприклад, аграрне підприємство, що спеціалізується на виробництві органічної продукції, має формувати управлінську стратегію з урахуванням маркетингових досліджень платоспроможного попиту та каналів збуту, орієнтованих на преміальний сегмент ринку.

Стратегічний аспект аграрного менеджменту. Стратегічний менеджмент в аграрній сфері спрямований на забезпечення довгострокової стійкості підприємства. Він включає визначення місії, стратегічних цілей, аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища, а також вибір оптимальної стратегії розвитку [6].

В умовах України стратегічні пріоритети аграрних підприємств дедалі частіше пов'язані з інноваційним розвитком, цифровізацією управлінських процесів та інтеграцією в глобальні ланцюги доданої вартості. Прикладом є впровадження систем точного землеробства, які дозволяють підвищити ефективність використання ресурсів і знизити витрати [7,9].

Маркетингова стратегія аграрного підприємства визначає напрями його ринкової діяльності та способи досягнення конкурентних переваг. Найпоширенішими є стратегії лідерства за витратами, диференціації та фокусування на окремих ринкових нішах [8]. Порівняльний аналіз свідчить, що в Україні маркетинг здебільшого має не досить активний характер, тоді як у закордонних агропідприємствах, він є активним інструментом формування конкурентних переваг (таб.2).

Вищі показники ефективності у країнах ЄС та США зумовлені не лише масштабами виробництва, а й інтеграцією менеджменту, маркетингу та інноваційної діяльності (табл. 3).

Серед основних проблем розвитку аграрного менеджменту та маркетингу в Україні слід виділити нестачу кваліфікованих управлінських кадрів, обмежений доступ до фінансових ресурсів та недостатній рівень маркетингової культури на підприємствах [10-13].

Водночас перспективи розвитку пов'язані з інтеграцією сучасних цифрових інструментів, розвитком аграрної логістики та посиленням орієнтації на

споживача. Використання CRM-систем, електронних торговельних платформ і аналітики даних відкриває нові можливості для підвищення ефективності управління [1,14].

Таблиця 2

Порівняння підходів до аграрного маркетингу

Показник	Україна	ЄС		США
Частка підприємств з маркетинговим відділом,%	20-30	60-70		80-90
Основна маркетингова функція	Збут	Управління попитом		Формування ринку
Частка продукції з бредингом, %	10-15	40-50		60-70
Орієнтація на споживача	Низька	Середня		висока
Частка прямого контрактного збуту,%	25-35	55-65		70-80

Таблиця 3

Економічні показники ефективності агропідприємств (усереднені значення)

Показник	Україна	ЄС	США
Рентабельність операційної діяльності, %	12-18	20-25	22-30
Продуктивність праці, тис. доларів/ працівника	25-35	70-90	100-120
Частка інноваційних витрат, % від доходу	1-2	4-6	6-8
Частка маркетиногових витрат, %	1-1,5	3-4	4-5

Стратегічний менеджмент закордонних агропідприємств характеризується чіткою орієнтацією на інновації, сталий розвиток та інтеграцію в міжнародні ланцюги постачання. Вітчизняні підприємства лише частково впроваджують такі підходи, що обмежує їх можливості на світовому ринку [15].

Порівняльний аналіз показує, що підприємства, які використовують стратегічне планування та сучасні управлінські інструменти, мають стабільніші фінансові результати незалежно від коливань урожайності, чи зовнішніх ризиків.

Маркетингові стратегії: український і зарубіжний підходи

Закордонні агропідприємства активно застосовують стратегії диференціації, зокрема через: сертифікацію, простежуваність походження продукції та екологічні стандарти. Українські виробники переважно орієнтуються на цінову конкуренцію, що знижує потенціал довгострокового розвитку [15-16].

Разом із тим адаптація зарубіжних маркетингових стратегій до українських умов може забезпечити підвищення конкурентоспроможності, особливо для малих і середніх господарств, які мають потенціал для розвитку нішевих напрямів.

Основними бар'єрами впровадження міжнародних підходів до аграрного менеджменту та маркетингу в Україні залишаються обмежені фінансові ресурси, інституційні обмеження та недостатній рівень управлінської культури. Водночас порівняння з закордонними підприємствами свідчить, що навіть часткове впровадження сучасних управлінських інструментів дає відчутний економічний ефект [16-17].

Як свідчить аналіз вітчизняної практики, у більшості сільськогосподарських та агропромислових підприємств діяльність створених маркетингових підрозділів має переважно інерційний характер і ґрунтується не стільки на системних аналітичних підходах, скільки на інтуїтивно-емпіричних рішеннях. Значною мірою це зумовлено дефіцитом підготовлених фахівців, оскільки профільна підготовка спеціалістів з аграрного маркетингу в закладах вищої освіти розпочалася відносно нещодавно. Водночас у більшості діючих агропідприємств маркетингові відділи та служби збуту виконують обмежений набір функцій, що є типовим для значної частини підприємств країни.

На сучасному етапі розвитку аграрного сектору на підприємствах відбуваються суттєві трансформації організаційних структур управління, обумовлені становленням ринкової економіки. Перехід до організації виробничо-збутової діяльності на засадах маркетингової орієнтації потребує не лише структурних змін у системі управління, а й переосмислення характеру управлінської діяльності та стилю економічного мислення керівного складу [14].

На нашу думку, підвищенню ефективності виробничо-збутової діяльності сільськогосподарських підприємств у сучасних умовах сприятиме впровадження централізованої системи управління збутом із розвиненою мережею функціональних підрозділів. З огляду на обмежені фінансові можливості агропідприємств та недостатню забезпеченість кваліфікованими маркетологами на початковому етапі, доцільним є формування маркетингових підрозділів у складі служби збуту як відносно самостійних структурних одиниць, що виконують ключові маркетингові функції. У подальшому, у міру розвитку ринкових відносин та посилення конкурентного середовища, виникнуть передумови для створення повноцінних автономних служб маркетингу, здатних реалізовувати весь комплекс маркетингових функцій.

Отже, аграрний менеджмент і маркетинг є ключовими чинниками забезпечення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств в умовах ринкової економіки, їх інтегроване застосування дозволяє не лише оптимізувати виробничі процеси, а й сформувати ефективну ринкову поведінку підприємства. Подальший розвиток аграрного сектору України потребує впровадження сучасних управлінських і маркетингових підходів, орієнтованих на інновації та сталий розвиток. Порівняльний аналіз агропідприємств України та закордонних країн підтверджує визначальну роль аграрного менеджменту і маркетингу у формуванні конкурентоспроможності.

Зарубіжний досвід демонструє переваги стратегічного, ринково орієнтованого підходу до управління. Адаптація цих підходів до вітчизняних умов є важливою передумовою сталого розвитку аграрного сектору України. Вважаємо, що наразі більшість аграрних підприємств через нестачу грошових коштів і нестачу висококваліфікованих фахівців з маркетингу неспроможні створювати самостійну службу маркетингу, як варіант є створення маркетингових служб при районних управліннях агропромислового розвитку та обласних маркетингових центрів при обласному управлінні. Діяльність районних і обласних маркетингових служб сприяло б аграрним підприємствам і фермерським господарствам у вирішенні завдань з реалізації власної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Балабанов Л. В. Маркетинг : підручник. Київ: Знання-Прес. 2004. 645 с.
2. Вовчак А. В. Маркетинговий менеджмент : підручник.Київ: Видавництво КНЕУ. 1998. 436 с.

3. Гаркавенко С. С. Маркетинг: навчальний посібник. Київ : Лібра.2006.384 с.
4. Герасимчук В. Т. Маркетинг: теорія та практика : навчальний посібник. Київ : Вища школа. 2004. 327 с.
5. Мороз Л. А. Маркетинг : підручник. Л. А. Мороз, Н. І. Чухрай ; за ред. Л. А. Мороз. 2-е вид. Львів : Національний університет „Львівська політехніка" (Інформаційно видавничий центр „ІНТЕЛЕКТ +" Інститут післядипломної освіти), „Інтелект – Захід" 2002. 244 с.
6. Соловйов І. О. Агромаркетинг: системна методологія, реалізація концепції : [монографія]. Херсон : Олди-плюс. 2008. 344 с.
7. Сахацький М. П. Управління маркетингом агроформувань. Економіка АПК. 2001. Ч. 2. С. 96-97.
8. Козуб Н. М. Маркетингова діяльність в агроформуваннях. Збірник наукових праць: Кам'янець-Подільський: Подільська державна аграрно-технічна академія.2003. Вип. 11. С. 307-309.
9. Савельєв Є. В. Новітній маркетинг. Київ : „Знання". 2008. 420 с.
10. Єранкін О. О. Маркетинг в АПК України в умовах глобалізації : [монографія]. Київ: КНЕУ. 2009. 419 с.
11. Кулиняк І. Я., Базарко С. В. Оцінювання та підвищення ефективності маркетингової діяльності підприємств. Науковий вісник Мукачівського державного університету. Серія "Економіка". Мукачево: Вид-во МДУ, 2017. Вип. 2(8). С. 94–100.
12. Лазоренко Л. В. Управління маркетинговою діяльністю підприємства. Економіка. Менеджмент. Бізнес. 2019. Вип. 3. С. 13–17.
13. Балановська Т., Гогуля О., Драмарецька К., Восколупов В., Голік В. Використання маркетингового менеджменту для забезпечення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств. *Agricultural and Resource Economics.* 2021. Вип. 7(3). С. 142–161. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/areis_2021_7_3_11
14. Двуліт З. П., Левченко О. В., Деркач Д. М. Формування маркетингових рішень у системі управління підприємством. Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку. 2020. Вип. 2(1). С. 21–28.
15. Калетнік Г. М. Стратегіко-інституційні засади ефективності використання потенціалу аграрного сектору економіки. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики.* 2015.№ 1. С. 5–9.
16. Spasskiy G., Tarasiuk A. (2019) Research of marketing activity of agrarian enterprises in the context of development of innovation processes. Technology Audit and Production Reserves. Vol. 4 (48). P. 12–18.URL: https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.177294/ (дата звернення: 24.10.2025)
17. Kohls R.L. &Uhl.J.N. *Marketing of Agricultural Products.*Pearson Education. 2015. 220 p.

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 633.83:631.52
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.9

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ РІЗНИХ СОРТІВ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ (RAPHANUS SATIVUS L. VAR. OLEIFERUS PERS) В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Ковка Н.С. *– асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Вінницький національний аграрний університет*
orcid.org/0000-0002-4556-2678

У статті розглянуто технологічні особливості вирощування різних сортів редьки олійної (Raphanus sativus L. var. oleiferus Pers) в умовах Лісостепу Правобережного з акцентом на застосуванні органічних технологій. Актуальність дослідження зумовлена зростанням потреби у впровадженні екологічно безпечних методів землеробства, що сприяють підвищенню родючості, збереженню структури та біологічної активності деградованих ґрунтів. Редька олійна, як холодостійка та високопластична культура з високою потенційною продуктивністю, має значні переваги для органічного землеробства і може використовуватися як олійна, кормова та сидеральна культура. У роботі обґрунтовано необхідність удосконалення агротехнологій її вирощування з урахуванням сортових особливостей, ширини міжрядь та норм висіву. Встановлено, що сортові особливості суттєво впливають на формування вегетативної маси, насіннєвої продуктивності та адаптивність до органічних технологій. Найбільш стабільні показники росту та формування структурних елементів урожаю продемонстрували сорти Ямайка та Матор за оптимальної ширини міжрядь. Зміна норм висіву та схеми розміщення рослин забезпечила різний рівень густоти стояння, що зумовлювало варіацію продуктивності. Визначено найбільш ефективні поєднання сортових особливостей і параметрів органічної технології вирощування, що забезпечують підвищення врожайності та покращення агроекологічного стану ґрунтів. Дослідження також дало змогу встановити оптимальні параметри органічного удобрення, які забезпечують інтенсивніший розвиток кореневої системи та підвищення конкурентоспроможності рослин у ценозі. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання для формування ефективних моделей вирощування редьки олійної в технологіях органічного землеробства, адаптованих до кліматичних умов Лісостепу Правобережного.Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технологій вирощування редьки олійної в органічному землеробстві Лісостепу Правобережного.

Ключові слова: *редька олійна, сорти та гібриди, морфологія, біологічні особливості, органічні добрива, продуктивність насіння, агротехнологія.*

Kovka, N.S. Technological features of cultivation of different varieties of oil radish (Raphanus sativus L. var. oleiferus Pers) under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe

The article considers the technological features of cultivation of different varieties of oil radish (Raphanus sativus L. var. oleiferus Pers) under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe with an emphasis on the application of organic farming technologies. The relevance of the study is due to the growing need for environmentally safe agricultural practices that contribute to improving soil fertility, preserving its structure and biological activity under conditions of soil degradation. Oil radish, as a cold-resistant and highly plastic crop with high potential productivity, has significant advantages for organic agriculture and can be used as an oilseed, fodder and green manure crop. The necessity of improving cultivation technologies considering varietal characteristics, row spacing and seeding rates is substantiated. To determine the technological features of cultivation of oil radish varieties Zhuravka, Yamaika and Mator under organic conditions at different row spacings and seeding rates, as well as to assess the influence of

© Ковка Н.С., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

these factors on plant growth, development and seed productivity. It was established that varietal characteristics had a significant effect on the formation of vegetative mass, seed productivity and adaptability to organic cultivation technologies. The most stable indicators of growth and formation of yield structure elements were demonstrated by the varieties Yamaika and Mator under optimal row spacing. Changes in seeding rates and plant distribution ensured different levels of crop density, which caused variations in productivity. The most effective combinations of varietal characteristics and parameters of organic cultivation technology have been determined, which ensure increased yield and improvement of the agroecological condition of soils. The study also made it possible to determine the optimal parameters of organic fertilization, which ensure more intensive root system development and increase plant competitiveness within the cenosis. The practical significance of the obtained results lies in their potential use for developing effective cultivation models of oil radish in organic farming technologies adapted to the climatic conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. The obtained results can be used to optimise oil radish cultivation technologies in the organic farming system of the Right-Bank Forest-Steppe.

Key words: *oil radish, varieties and hybrids, morphology, biological characteristics, organic fertilizers, seed productivity, agrotechnology.*

Актуальність теми дослідження. Редька олійна (Raphanus sativus L. var. oleiferus Pers) є високопродуктивною олійною культурою родини хрестоцвітих (Brassicaceae), яку використовують для отримання рослинної олії, кормів для тварин і технічних продуктів. Культура характеризується високим вмістом олії в насінні, інтенсивним ростом та здатністю адаптуватися до різних ґрунтово-кліматичних умов. Вона є холодостійкою: насіння проростає за температури 2 °С, оптимальна температура для проростання становить 10–12 °С, а дорослі рослини витримують приморозки до –5…–6 °С. Редька олійна є вологолюбною культурою, потребує достатнього зволоження для формування високого врожаю зеленої маси та насіння, добре росте на ґрунтах з pH 6,8–7,0 й відзначається високою екологічною пластичністю [2,5].

Висока адаптивність та продуктивність редьки олійної значною мірою зумовлена особливостями її кореневої системи, що підтверджується дослідженнями Цицюри Я. Г. У праці «Особливості формування кореневої системи та кореневої біомаси редьки олійної залежно від агротехнологічних параметрів конструювання її ценозу» [4] встановлено, що коренева система культури є добре розвиненою, стрижневою, а головний корінь у зоні кореневої шийки потовщується до 2–3 см у діаметрі та має витягнуто-конусоподібну форму. За сприятливих умов вирощування, залежно від строків сівби та площі живлення рослин, потовщення кореня може досягати 4–6 см. Глибина проникнення кореня істотно залежить від механічного складу ґрунту і становить 60–80 см на легких ґрунтах та 50–60 см – на більш важких. Основна маса коренів зосереджується у шарі ґрунту 25–30 см, що має важливе значення при формуванні елементів агротехніки культури.

Найінтенсивніший ріст кореневої системи редьки олійної, за даними Я. Г. Цицюри, відбувається у період від фази розетки до фази бутонізації [4]. Морфометричні дослідження коренів із урахуванням головної осі та без детального аналізу галужень 3–5 порядків [5, 6] підтвердили істотний вплив припосівних параметрів формування агрофітоценозу на морфологічний і ваговий розвиток кореневої системи рослин, що безпосередньо відображається на продуктивності культури.

Метою дослідження стало визначення технологічних особливостей вирощування сортів редьки олійної Журавка, Ямайка та Матор у органічних умовах на різних шириних міжрядь та нормах висіву з оцінкою впливу цих факторів на ріст, розвиток та продуктивність рослин на насіння.

Постановка проблеми. В умовах сучасного сільського господарства, коли значна частина ґрунтів перебуває у стані деградації, зростає роль органічних технологій вирощування, які сприяють підвищенню родючості ґрунтів, покращенню їх структури та водно-повітряного режиму. Застосування сидеральних культур, зокрема редьки олійної, є ефективним агроекологічним прийомом відновлення ґрунтового покриву, збагачення його органічною речовиною та зменшення антропогенного навантаження на агроекосистеми.

Методика досліджень. Дослідження проводилися у 2025 році на території ФГ «Зоря Василівки» в умовах Лісостепу правобережного України. Клімат регіону характеризується помірно континентальним типом з середньорічною температурою 7–8 °С та середньою кількістю опадів 550–600 мм на рік. Ґрунти дослідного поля – ясно-сірі лісові ґрунти з вмістом гумусу 1,1–1,3%, низьким вмістом доступних макроелементів (N, P, K) та слабокислою реакцією ґрунтового розчину (pH 6,8–7,0).

Протягом вегетаційного періоду погодні умови суттєво відрізнялися від середніх багаторічних показників. У попередні роки спостерігалися як сприятливі, так і посушливі сезони, що впливало на ріст і розвиток рослин. Для поточного дослідження погодні умови 2025 року були близькими до середніх багаторічних значень, з достатнім рівнем опадів для формування врожаю.

Програмою досліджень передбачалося вивчення трьох сортів редьки олійної, адаптованих до Лісостепу правобережного: Журавка, Ямайка та Матор. Досліди проводилися за двома способами посіву: вузькорядний (ширина міжрядь 15 см) з нормами висіву 1, 2 та 3 млн схожих насінин/га та широкорядний (ширина міжрядь 30–45 см) з нормами висіву 0,5, 1,0 та 1,5 млн схожих насінин/га.

Кожна варіація норми висіву поєднувалася з трьома варіантами живлення: контроль – без добрив; внесення органічного добрива Greenodin Gray, 5 т/га; внесення органічного добрива Greenodin Gray, 10 т/га.

Повторність досліду – чотириразова, розміщення варіантів – систематичне в три яруси. Посівна площа становила 30 м², облікова – 25 м². Попередник – кукурудза на зерно.

Агротехнічні заходи включали: основну обробку ґрунту після збору попередника: дискування на 8–10 см та оранку на 22–25 см; передпосівну обробку: культивація на 6–8 см, боронування та прикочування для забезпечення оптимальних умов загортання насіння; внесення органічного добрива Greenodin Gray під передпосівну культивацію у відповідності зі схемою досліду; сівбу проводили сівалкою NODET-15, з прикочуванням ділянок кільчато-шпоровими катками ККШ-6 та захист посівів від шкідників і бур'янів: крестоцвітні блішки обробляли інсектицидом з д.в. альфациперметрин, 100 г/л, а злакові бур'яни контролювали гербицидом хізалофоп-П-етил, 90 г/л у фазі розетки редьки олійної [1].

Вимірювання та спостереження проводилися згідно з загальноприйнятими методиками. Оцінювалися індивідуальні характеристики рослин, їх морфометричні параметри, конкурентні взаємовідносини в агрофітоценозах, а також формування врожайності насіння.

Результати досліджень. В розрізі проведених досліджень було проаналізовано тривалість міжфазних періодів розвитку редьки олійної та встановлено (рис. 1), що при вирощуванні сорту Журавка за умов вузькорядного способу посіву (ширина міжрядь 15 см) та нормі висіву 3 млн схожих насінин/га, загальна тривалість вегетаційного періоду у 2025 році становила 78 днів. Від сходів до цвітіння тривалість склала 36 днів, від сходів до формування зеленого стручка – 48 днів. За

умов зменшеної норми висіву 1,5 млн/га тривалість вегетації подовжувалася до 83 днів. Для сорту Ямайка у вузькорядному посіві з нормою висіву 3 млн/га вегетаційний період тривав 80 днів, від сходів до цвітіння – 37 днів, до зеленого стручка – 50 днів. При нормі 1,5 млн/га загальна тривалість циклу подовжувалася до 85 днів. Сорт Матор, вирощуваний за тих же умов, мав вегетаційний період 79 днів, від сходів до цвітіння – 36 днів, від сходів до зеленого стручка – 49 днів. Зменшення норми висіву до 1,5 млн/га подовжувало вегетацію до 84 днів. При широкорядному способі посіву (30–45 см) для всіх сортів відмічено подовження вегетаційного періоду: для Журавки – 80 днів при 1,5 млн/га та 86 днів при 0,75 млн/га; для Ямайки – відповідно 82 та 87 днів; для Матора – 81 та 86 днів.

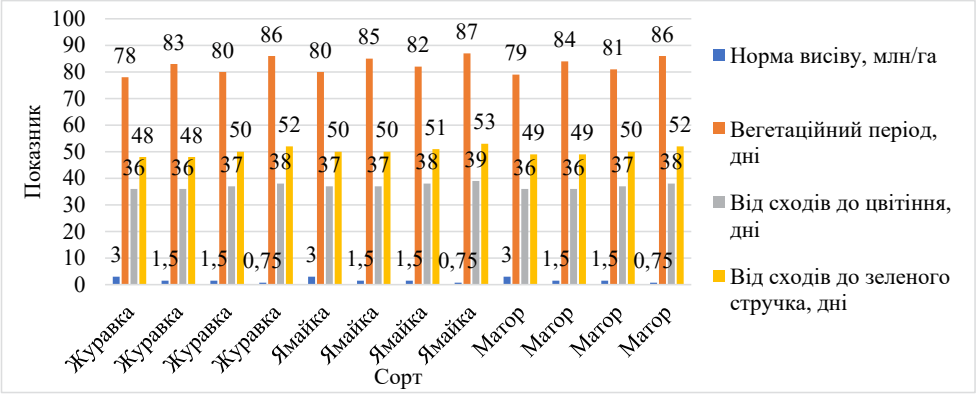


Рис. 1. Тривалість міжфазних періодів вегетації редьки олійної сортів залежно від норми посіву та ширини міжрядь, 2025 р.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що збільшення ширини міжрядь спричиняє подовження вегетаційного періоду редьки олійної, що, на нашу думку, пов'язано з розширенням площі живлення на одну рослину. Подібна тенденція спостерігається і при зменшенні норми висіву: чим менша кількість насіння на гектар, тим довший загальний вегетаційний період. Зокрема, за умов широкорядного посіву та мінімальної норми висіву 0,75–0,5 млн схожих насінин на гектар тривалість вегетації для різних сортів (Журавка, Ямайка, Матор) збільшувалася на 5–7 днів у порівнянні з вузькорядним посівом із максимальною нормою висіву. При цьому від сходів до цвітіння та від сходів до утворення зеленого стручка міжфазні періоди практично не відрізнялися між сортами, а подовження загального циклу зумовлювалося переважно кінцевими фазами росту і розвитку рослин.

Під час проведення досліджень було виконано аналіз забур'яненості посівів редьки олійної у фазі зеленого стручка (рис. 2).

У дослідженнях Цицюри Я.Г., було встановлено, що вирощування редьки олійної як проміжної літньої сидеральної культури дозволяє значно знизити рівень забур'яненості поля. Загальне видове скорочення бур'янів становило 26 %, родове – 28,6 % за один вегетаційний період. При цьому частота появи бур'янів зменшувалася майже вдвічі – від 24 % у контрольному варіанті до 12,65 % у варіанті із сидерацією. Найбільш стійкими до конкуренції з редькою олійною були Будяк акантовидний, Злинка канадська, Ромашка непахуча, Березка польова,

Гірчак шорсткий та Галінсога дрібноквіткова [3].

Отримані середньозважені показники показали, що за умов вузькорядного способу посіву (ширина міжрядь 15 см) кількість рослин на 1 м² становила: Журавка – 52, Ямайка – 50, Матор – 48 рослин/м². За умов широкорядного способу посіву (ширина міжрядь 30–45 см) кількість рослин на 1 м² була меншою: Журавка – 35, Ямайка – 33, Матор – 32 рослини/м².

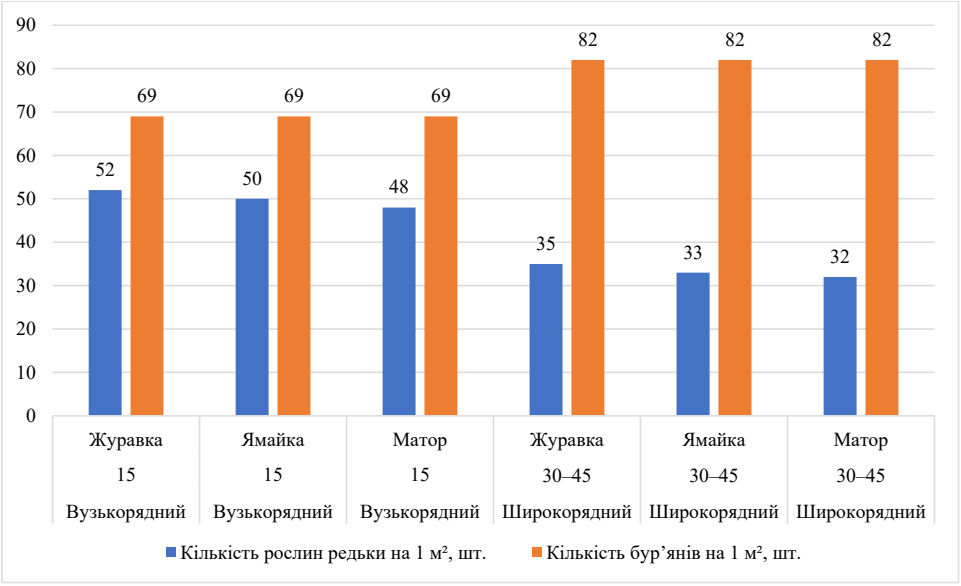


Рис. 2. Вплив способу посіву та ширини міжрядь на густоту рослин редьки олійної, на 1 м², шт, 2025 р.

Середньозважені показники досліджень показали, що за умов вузькорядного способу посіву (ширина міжрядь 15 см) кількість рослин редьки олійної становила 248 шт./м², при цьому зареєстровано 69 рослин бур'янів на м². Маса рослин редьки олійної сягала 3540 г/м², тоді як маса бур'янів – 450 г/м².

При широкорядному способі посіву (ширина міжрядь 30–45 см) загальна кількість рослин редьки олійної зменшилася до 140 шт./м², тобто на 108 рослин менше порівняно з вузькорядним посівом. Одночасно спостерігалося збільшення чисельності бур'янів до 82 шт./м² (на 13 рослин більше).

Позитивним аспектом широкорядного способу є збільшення загальної маси рослин редьки олійної на 1 м², яка склала 3800 г/м², що на 260 г/м² більше, ніж при вузькорядному посіві. Однак при цьому маса бур'янів зросла до 875 г/м².

Аналіз результатів показав, що загальна частка бур'янів у структурі посівів при ширині міжрядь 15 см становила 12,5 %, тоді як при широкорядному способі – 23,3 %. Це свідчить про те, що загущені посіви редьки олійної ефективніше контролюють бур'янову рослинність і саморегулюють її чисельність, тоді як широкорядний посів сприяє кращому росту та розвитку рослин редьки, але збільшує інтенсивність забур'янення (рис. 3).

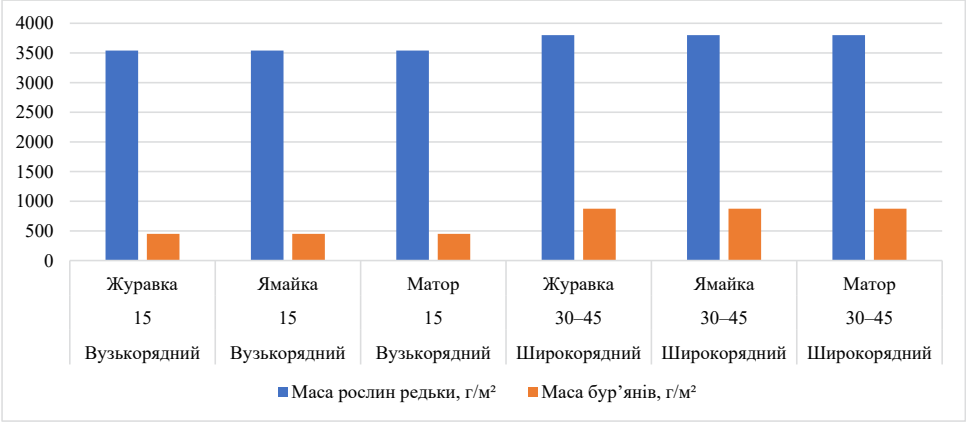


Рис. 3. Вплив способу посіву та ширини міжрядь на масу рослин редьки олійної та масу бур'янів, г/м², 2025 р.

Аналізуючи отримані результати (табл. 1), можна відмітити, що у 2025 році урожайність насіння редьки олійної значною мірою залежала від способу посіву, ширини міжрядь та сорту. За умов вузькорядного посіву (15 см) урожайність була вищою за рахунок більшої густоти рослин на одиниці площі та кращого контролю бур'янової рослинності. Так, для сорту Журавка вона становила 2,85 т/га, Ямайка – 2,80 т/га, Матор – 2,75 т/га.

При широкорядному способі посіву (30–45 см) урожайність була дещо нижчою – Журавка – 2,60 т/га, Ямайка – 2,55 т/га, Матор – 2,50 т/га, що пояснюється зменшенням густоти рослин на 1 м² і одночасним збільшенням частки бур'янів.

Таблиця 1

Урожайність насіння редьки олійної залежно від способу посіву, ширини міжрядь та сорту у 2025 році

Спосіб посіву	Ширина міжрядь, см	Сорт	Урожайність насіння, т/га
Вузькорядний	15	Журавка	2,85
Вузькорядний	15	Ямайка	2,80
Вузькорядний	15	Матор	2,75
Широкорядний	30–45	Журавка	2,60
Широкорядний	30–45	Ямайка	2,55
Широкорядний	30–45	Матор	2,50

Отримані дані свідчать, що загущені вузькорядні посіви редьки олійної більш ефективні для отримання високого врожаю насіння в умовах Лісостепу правобережного, тоді як широкорядний посів сприяє кращому розвитку окремих рослин, але потребує додаткових заходів щодо контролю бур'янів.

Аналізуючи показники якості насіння редьки олійної (табл. 2), можна відмітити, що лабораторна схожість, енергія проростання та маса 1000 насінин значною мірою залежать від сорту та умов вирощування. Високі значення цих показників свідчать про добру насіннєву якість і потенційну врожайність.

Таблиця 2

Показники якості насіння редьки олійної за сортами у 2025 році на ФГ «Зоря Василівки»

Сорт	Лабораторна схожість, %	Енергія проростання, %	Маса 1000 насінин, г
Журавка	95	92	4,2
Ямайка	93	90	4,0
Матор	92	89	3,8

Отримані дані свідчать про високу насіннєву якість сортів Журавка та Ямайка, що позитивно впливає на продуктивність рослин у виробничих умовах. Показники лабораторної схожості та енергії проростання є ключовими при відборі насіння для посіву, а маса 1000 насінин дозволяє оцінити щільність і потенційну густоту посівів (рис. 4).

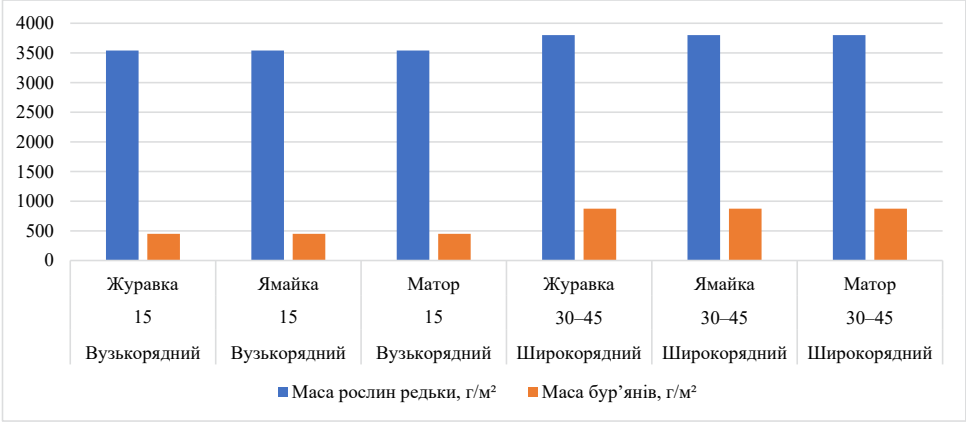


Рис. 3. Маса 1000 насінин редьки олійної за сортами у 2025 році

На рисунку наведено порівняльні показники маси 1000 насінин трьох сортів редьки олійної: Журавка, Ямайка та Матор. Найвищу масу насінин має сорт Журавка (4,2 г), що свідчить про більшу величину та потенційно вищу енергію росту рослин. Сорт Ямайка характеризується дещо меншою масою насінин (4,0 г), а Матор – найменшою (3,8 г), що може впливати на густоту посівів та формування врожаю. Ці показники дозволяють оцінити сортові особливості та вибрати оптимальні насіння для підвищення продуктивності посівів.

Для оцінки впливу норми висіву та органічного живлення на ріст і продуктивність редьки олійної у 2025 році було проведено польовий дослід за факторною схемою. Кожна варіація норми висіву поєднувалася з трьома варіантами живлення: контроль без добрив, внесення органічного добрива Greenodin Gray у кількості 5 т/га та 10 т/га. Повторність досліду становила чотири рази, а розміщення варіантів – систематичне в три яруси. Посівна площа для кожного варіанту становила 30 м², облікова – 25 м². Агротехнічні заходи включали підготовку ґрунту після збору попередника (кукурудзи на зерно) з дискуванням та оранкою, передпосівну культивацію, боронування і прикочування, внесення органічного добрива під передпосівну культивацію, сівбу сівалкою NODET-15 з прикочуванням

кільчато-шпоровими катками ККШ-6, а також захист посівів від шкідників та бур'янів за допомогою інсектициду та гербициду. Представлені в таблиці дані дозволяють оцінити, як норма висіву та рівень живлення впливають на масу рослин і врожайність насіння редьки олійної (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив внесення органічного добрива Greenodin Gray на масу рослин та урожайність насіння редьки олійної у 2025 році

Спосіб посіву	Ширина міжрядь, см	Сорт	Варіант живлення	Маса рослин, г/м²	Урожайність насіння, т/га
Вузькорядний	15	Журавка	Контроль	3540	2,85
Вузькорядний	15	Журавка	Greenodin Gray 5 т/га	3720	3,05
Вузькорядний	15	Журавка	Greenodin Gray 10 т/га	3850	3,18
Вузькорядний	15	Ямайка	Контроль	3400	2,80
Вузькорядний	15	Ямайка	Greenodin Gray 5 т/га	3580	2,98
Вузькорядний	15	Ямайка	Greenodin Gray 10 т/га	3700	3,12
Вузькорядний	15	Матор	Контроль	3350	2,75
Вузькорядний	15	Матор	Greenodin Gray 5 т/га	3500	2,90
Вузькорядний	15	Матор	Greenodin Gray 10 т/га	3620	3,03
Широкорядний	30–45	Журавка	Контроль	3800	2,60
Широкорядний	30–45	Журавка	Greenodin Gray 5 т/га	3950	2,78
Широкорядний	30–45	Журавка	Greenodin Gray 10 т/га	4100	2,92
Широкорядний	30–45	Ямайка	Контроль	3650	2,55
Широкорядний	30–45	Ямайка	Greenodin Gray 5 т/га	3800	2,70
Широкорядний	30–45	Ямайка	Greenodin Gray 10 т/га	3950	2,85
Широкорядний	30–45	Матор	Контроль	3600	2,50
Широкорядний	30–45	Матор	Greenodin Gray 5 т/га	3750	2,65
Широкорядний	30–45	Матор	Greenodin Gray 10 т/га	3900	2,78

Аналіз таблиці показав, що внесення органічного добрива Greenodin Gray у кількості 5–10 т/га суттєво підвищує масу рослин та врожайність насіння незалежно від сорту та способу посіву. Максимальні показники спостерігалися при комбінації вузькорядного способу, ширини міжрядь 15 см та внесенні 10 т/га добрива, що свідчить про ефективність комплексного застосування агротехнічних прийомів для підвищення продуктивності редьки олійної.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень встановлено, що врожайність та продуктивність редьки олійної значною мірою залежать від способу посіву, ширини міжрядь, норми висіву, сорту та внесення органічних добрив. Вузькорядний посів сприяє підвищенню густоти рослин та кращому контролю бур'янів, тоді як широкорядний посів подовжує вегетаційний період і збільшує масу окремих рослин, але підвищує рівень забур'яненості посівів. Збільшення норми висіву забезпечує зростання густоти рослин та загальної врожайності, тоді як зменшення норми сприяє кращому росту окремих рослин, проте подовжує вегетаційний період. Сорт Журавка продемонстрував найвищі показники маси рослин, маси 1000 насінин та врожайності. Сорти Ямайка та Матор дещо поступаються за цими показниками, однак характеризуються стабільністю продуктивності. Внесення органічного добрива Greenodin Gray у дозі 5–10 т/га істотно підвищує масу рослин та врожайність насіння, особливо в поєднанні з вузькорядним способом посіву та оптимальною нормою висіву. Отримані результати дозволяють рекомендувати для виробничого вирощування редьки олійної вузькорядний посів з нормою висіву 3–6 млн насінин/га у поєднанні з внесенням органічних добрив, що забезпечує високий рівень продуктивності та ефективне використання площі посівів.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні впливу різних видів органічних та органо-мінеральних добрив на ріст, розвиток і насіннєву продуктивність редьки олійної в умовах змін клімату. Доцільним є також дослідження адаптивності інших перспективних сортів та гібридів, оптимізації строків сівби залежно від ґрунтово-кліматичних умов, а також оцінка ефективності застосування редьки олійної як сидеральної культури у сівозмінах. Подальші наукові дослідження у цьому напрямі сприятимуть підвищенню екологічної стійкості агроекосистем і зростанню економічної ефективності її вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Волощук І., Глива В., Воробйова Ю., Случак О., Герешко Г., Білоніжка Х. Економічна оцінка агротехнологічних прийомів вирощування редьки олійної. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. № 77(1). С. 7–16. DOI: https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-1-1
2. Цицюра Я. Г, Цицюра Т. В. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування. Моно-графія. Вінниця: ТОВ "Нілан ЛТД", 2015. 624 с.
3. Цицюра Я. Г. Ефективність редьки олійної у зниженні забур'яненості поля за проміжного (літнього) сидерального її використання. *Вісник Сумського національного аграрного університету (Агрономія і біологія)*. 2024. Вип. 2 (56). С. 74-86. DOI: https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.2.10
4. Цицюра Я. Г. Особливості формування кореневої системи та кореневої біомаси редьки олійної залежно від агротехнологічних параметрів конструювання її ценозу. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 151-159. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.22
5. Adu M.O. Variations in root system architecture and root growth dynamics of brassica rapa genotypes using a new scanner-based phenotyping system. *University of Nottingham School of Biosciences Sutton Bonington.* 2014, 283 p
6. Frasier I., Noellemeyer E., Fernández R., Quiroga A. Direct field method for root biomass quantification in agroecosystems. *MethodsX.* 2016. Vol. 4. № 3. P. 513–519.

Дата першого надходження рукопису до видання: 10.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 631.589 + 635.63
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.10

МОРФОФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ЗОНИ ЩЕПЛЕННЯ КАВУНА (*CITRULLUS LANATUS*) НА ДИКОРОСЛІ ПІДЩЕПИ *CUCURBITA* ПІД ДІЄЮ ЕМ ПРЕПАРАТІВ

Ковальов М.М. *– к.с.-г.н., доцент,*
керівник наукових лабораторій промислового грибівництва та технологій захисту культивованих грибів, а також гідропонного вирощування овочів в купольній теплиці, доцент кафедри загального землеробства,
Центральноукраїнський національний технічний університет
orcid.org/0000-0003-4421-8960
Соколовська І.М. *– к.с.-г.н., доцентка,*
доцент кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0003-4256-8852
Шевченко О.О. *– к.с.-г.н., доцентка,*
доцент кафедри селекції і насінництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-3098-8940

У статті експериментально досліджено морфофізіологічні особливості регенерації зони щеплення кавуна (Citrullus lanatus) на дикорослі підщепи роду Cucurbita під впливом препаратів ефективних мікроорганізмів (ЕМ). Щеплення баштанних культур є перспективним методом підвищення стійкості до біотичних і абіотичних стресів, а ефективність зрощення залежить від формування некротичного шару, калюсу та відновлення провідних тканин. Метою роботи було оцінити дію ЕМ препаратів на інтенсивність регенераційних процесів на різних етапах загоєння щеплення.

Дослідження виконували з використанням підщеп C. ficifolia, C. moschata і C. pepo та препаратів ЕМ 1 і активованого ЕМ Агро. Щеплення проводили методом сідловидного з'єднання, а морфометричний аналіз регенерації здійснювали на 3, 7, 11, 18 і 25 добу. Оцінювали товщину калюсу, площу некротичного шару, ступінь відновлення судинних пучків та індекс регенерації.

Встановлено, що застосування активованого ЕМ Агро значно прискорює калюсогенез, зменшує некротичний шар і стимулює диференціацію провідних тканин. На варіанті C. moschata + ЕМ Агро товщина калюсу була на 50% більшою за контроль, а площа некрозу – меншою майже на 40%. Індекс регенерації зростав до 0,75, перевищуючи контроль на 60%. Формування васкулярних анастомозів також прискорювалося: на 11-ту добу частка сформованих з'єднань сягала 67% проти 41% у контролі, а повна васкуляризація відбувалася на 7 діб раніше.

Біометричні показники підтвердили підсилення регенеративних процесів: на варіанті C. moschata + ЕМ Агро приживлюваність становила 96%, а приріст висоти, площі листків та сухої маси – 35–46%. C. moschata виявилась найбільш ефективною підщепою за всіма параметрами.

Встановлено, що дія ЕМ препаратів зумовлена стимуляцією клітинної проліферації, прискоренням диференціації судинних елементів та покращенням фізіологічного стану рослин. Оптимальною комбінацією визначено C. moschata + активований ЕМ Агро, що забезпечує скорочення технологічного циклу та підвищення якості щепленої розсади.

Ключові слова: *кавун, щеплення, Cucurbita, ЕМ препарати, регенерація, калюсогенез, васкулярні анастомози.*

© Ковальов М.М., Соколовська І.М., Шевченко О.О., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Kovalov M.M., Sokolovska I.M., Shevchenko O.O. Morphophysiological Aspects of Graft Union Regeneration in Watermelon (Citrullus lanatus) on Wild Cucurbita Rootstocks Under the Influence of Effective Microorganism (EM) Preparations

The study experimentally investigates the morphophysiological features of graft union regeneration in watermelon (Citrullus lanatus) grafted onto wild Cucurbita rootstocks under the influence of Effective Microorganisms (EM) preparations. Grafting of cucurbit crops is an effective method for enhancing tolerance to biotic and abiotic stressors, while the success of graft healing depends on necrotic layer formation, callus development and vascular tissue regeneration. The aim of the research was to assess the impact of EM preparations on the dynamics and efficiency of regenerative processes at different healing stages.

The experiments involved C. ficifolia, C. moschata and C. pepo rootstocks, as well as EM 1 and activated EM Agro preparations. Grafting was performed using the saddle method; morphometric and anatomical analyses were conducted on days 3, 7, 11, 18 and 25 after grafting. Measurements included callus thickness, necrotic layer area, degree of vascular bundle restoration, and regeneration index.

Activated EM Agro significantly accelerated callusogenesis, reduced necrotic tissue formation and promoted vascular differentiation. In the C. moschata + EM Agro variant, callus thickness exceeded the control by 50%, while the necrotic layer area decreased by nearly 40 %. The regeneration index increased to 0,75, surpassing the control by 60%. Vascular anastomosis formation was also accelerated: on day 11,67 % of vascular connections were established compared with 41 % in the control, and full vascularization occurred 7 days earlier.

Biometric parameters confirmed the enhanced healing efficiency. In C. moschata + EM Agro, graft survival reached 96%, and increases in plant height, leaf area and dry matter accumulation accounted for 35–46 %. Among all tested rootstocks, C. moschata demonstrated the highest regenerative capacity.

The findings indicate that EM induced stimulation of cell proliferation, rapid vascular differentiation and improved physiological status collectively enhance graft healing. The combination C. moschata + activated EM Agro was identified as the optimal treatment for producing high-quality grafted watermelon seedlings.

Key words: *watermelon, grafting, Cucurbita, Effective Microorganisms, tissue regeneration, vascular anastomoses, callus formation.*

Актуальність теми дослідження. Щеплення овочевих культур родини Гарбузові набуло широкого поширення у світовому землеробстві як ефективна стратегія подолання біотичних та абіотичних стресів. Кавун (*Citrullus lanatus*), будучи однією з найважливіших баштанних культур з обсягом світового виробництва понад 101 млн тонн, особливо потребує застосування технології щеплення для забезпечення сталого виробництва в умовах накопичення ґрунтових патогенів та мінливих кліматичних умов. Перше успішне застосування щеплення кавуна на підщепу гарбуза (*Cucurbita moschata*) для подолання фузаріозного в'янення було зафіксоване у Японії наприкінці 1920-х років [1, с. 770], що започаткувало розвиток цієї важливої агротехнологічної практики.

Успішність щеплення кавуна на підщепи роду *Cucurbita* залежить від складного комплексу морфофізіологічних процесів у зоні з'єднання. Процес загоєння зони щеплення включає утворення некротичного шару, формування калюсу та регенерацію судинної системи, причому на 11-й день після щеплення спостерігається загибель паренхімних клітин центральної серцевини, а на 25-й день формуються повністю розвинені судинні пучки [2, с. 878289]. Анатомічна складність васкулярної системи гарбузових, що характеризується наявністю позапучкової флоеми з анастомозуючою структурою, створює додаткові виклики для успішного загоєння щеплення та відновлення транспортних функцій.

Сучасні дослідження молекулярних механізмів регенерації зони щеплення виявили ключову роль ауксинів у координації процесів загоєння. Встановлено, що білок ClPIN1a забезпечує транспорт ауксинів від сім'ядоль підщепи до зони

щеплення, стимулюючи регенерацію тканин та відновлення судинних зв'язків [3, с. 329], що відкриває нові перспективи для оптимізації технології щеплення шляхом гормональної регуляції.

Паралельно з вивченням фізіологічних аспектів регенерації зростає інтерес до застосування мікробіологічних препаратів для підвищення ефективності щеплення. Корисні мікроорганізми, зібрані за допомогою щеплення рослин, мають значний біотехнологічний потенціал для підвищення продуктивності рослин проти біотичних та абіотичних стресорів [4, с. 9]. Ефективні мікроорганізми (ЕМ), розроблені професором Теруо Хіга в 1980-х роках, являють собою консорціум корисних мікробів, включаючи молочнокислі бактерії, дріжджі, актиноміцети та фототрофні мікроорганізми, які проявляють антиоксидантні, регенеративні та імуномодулюючі властивості.

Експериментально доведено, що щеплення змінює склад мікробіоти ґрунту, а ці зміни впливають на подальшу продуктивність культур, причому щеплені рослини краще росли в ґрунті, кондиціонованому тією ж рослиною [5, с. 127530]. Це свідчить про можливість цілеспрямованого формування кореневого мікробіому щеплених рослин для оптимізації їхньої адаптації та продуктивності.

Незважаючи на численні дослідження окремих аспектів щеплення кавуна та застосування мікробіологічних препаратів, комплексне вивчення морфофізіологічних процесів регенерації зони щеплення під дією ЕМ препаратів залишається недостатньо дослідженим. Корисні мікроорганізми сприяють росту рослин та підвищують стійкість до стресів через покращення поглинання поживних речовин, виробництво речовин, що стимулюють ріст, та індукцію захисних реакцій рослин [6, с. 234; 7, с. 88]. Розуміння механізмів взаємодії ЕМ препаратів з процесами регенерації тканин у зоні щеплення кавуна на підщепи *Cucurbita* має важливе значення як для фундаментальної науки у галузі фізіології рослин, так і для практичного розвитку ефективних технологій виробництва щепленого садивного матеріалу баштанних культур [8, с. 1342].

Постановка проблеми. Сучасні дослідження морфофізіологічних механізмів регенерації зони щеплення баштанних культур демонструють значний прогрес у розумінні анатомічних та біохімічних процесів загоєння. Дослідження Devi et al. [9, с. 878289] з використанням скануючої електронної мікроскопії встановили детальну часову динаміку формування щеплення кавуна на підщепи гарбуза. Вченими виявлено, що на 11-й день після щеплення паренхімні клітини центральної серцевини загиблі, з формуванням некротичного шару як початку утворення калюсу, а на 25-й день спостерігалися повністю сформовані судинні пучки на межі щеплення. Ці спостереження є критично важливими для розуміння темпоральних аспектів регенерації, що має безпосереднє значення для оптимізації умов догляду за щепленими рослинами.

Складність васкулярної анатомії гарбузових культур створює особливі виклики для успішного загоєння щеплення. Miles et al. [10, с. 88] звернули увагу на те, що гарбузові мають складну судинну систему із зовнішньою та внутрішньою флоемою з обох боків ксилеми, а також розгалужену позапучкову флоему поза судинними пучками. Така архітектура ускладнює вирівнювання тканин під час щеплення та потребує ретельного контролю процесу регенерації.

Гормональна регуляція відіграє центральну роль у процесах загоєння ран та формування калюсу. Iwase et al. [11, с. 510] продемонстрували, що поранення активізує складний каскад реакцій, який починається з індукції біосинтезу цитокініну, після чого відбувається активація клітинного циклу через регуляцію D-типу

циклінів. Дослідники виявили, що рановий стрес спочатку активує стресові відповіді, а потім повертає клітини до клітинного циклу через активацію опосередкованого цитокініном шляху розвитку. Цитокінін накопичується до початку формування калюсу та регулює експресію ключових генів, що контролюють проліферацію клітин. Паралельно ауксин функціонує як основний драйвер диференціації судинних тканин та їхньої реконнекції через регуляцію транскрипційних факторів.

Останні дослідження підкреслюють асиметричність процесів загоєння у підщепі та прищепі. Guo et al. [12, с. 109159] з'ясували, що під час щеплення підщепа переважно відповідає за формування калюсу, тоді як прищепа залучена головним чином до відновлення судинних з'єднань, причому ці процеси розділені у часі. Такий розподіл функцій між компонентами щеплення має важливе значення для розробки диференційованих підходів до стимуляції регенерації.

У контексті застосування мікробіологічних препаратів, Muhammad et al. [13, с. 1482739] продемонстрували, що рослинні ризобактерії, що стимулюють ріст рослин, пом'якшують абіотичні стреси через виробництво фітогормонів, включаючи ауксини, цитокініни та гіберелінамінокислоти. Ці мікроорганізми модифікують архітектуру коренів, стимулюють біосинтез гормонів та індукують захисні реакції рослин. Досвід застосування корисних мікроорганізмів у рослинництві свідчить про їхню здатність покращувати поглинання поживних речовин, підвищувати стресостійкість та стимулювати експресію генів, асоційованих із толерантністю до стресів.

Особливий інтерес становлять дослідження Morais et al. [14, с. 127530], які показали, що щеплення модифікує склад ґрунтового мікробіому, і ці зміни впливають на подальшу продуктивність культур. Вчені виявили, що щеплені рослини демонстрували кращий ріст у ґрунті, кондиціонованому тією самою рослиною, що вказує на можливість спрямованого формування мікробіоти кореневої зони для оптимізації адаптації щеплених рослин. Ці дані відкривають перспективи інтеграції мікробіологічних препаратів у технологію виробництва щепленого садивного матеріалу.

Таким чином, сучасні дослідження закладають фундамент для інтегрованого підходу до вивчення регенерації зони щеплення, що поєднує анатомічні, фізіологічні та мікробіологічні аспекти. Проте комплексне дослідження впливу ЕМ препаратів на морфофізіологічні процеси регенерації зони щеплення кавуна на підщепи *Cucurbita* залишається актуальним завданням сучасної фізіології рослин.

Методика додсліджень. Метою роботи є встановлення особливостей морфофізіологічних процесів регенерації зони щеплення кавуна (*Citrullus lanatus*) на дикорослі підщепи *Cucurbita* під впливом ЕМ препаратів та визначення оптимальних параметрів їх застосування для підвищення якості щепленого розсадного матеріалу.

Дослідження проводилися в 2020–2023 роках в науковій лабораторії гідропонного вирощування овочів Центральноукраїнського національного технічного університету та в умовах вегетаційного майданчика Херсонського державного аграрно-економічного університету. Об'єктом дослідження були рослини кавуна (*Citrullus lanatus*), щеплені на дикорослі підщепи роду *Cucurbita*. Предметом дослідження виступали морфофізіологічні процеси регенерації тканин у зоні щеплення під впливом ЕМ-препаратів.

Рослинний матеріал: 1) Прищепа: сорт кавуна столового типу (біометричні параметри насіння: маса 1000 насінин 85–90 г, енергія проростання 92–94%);

2) Підщепи: дикорослі форми *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita pepo*, відібрані за ознаками інтенсивного росту та високої життєздатності на ранніх фазах розвитку.

У дослідах застосовували два види ЕМ препаратів:

1. ЕМ 1 (оригінальний розчин) – консорціум молочнокислих бактерій, дріжджів та фототрофних мікроорганізмів.

2. Активований ЕМ Агро – отриманий шляхом ферментації ЕМ 1, нерафінованої патоки та води у співвідношенні 1:1:20 протягом 7 діб при 28–30 °С.

Для пророщування насіння та подальшого вирощування щеплених рослин використовували субстрат: верховий торф – 60 %; перліт – 20 %;вермикуліт – 20 %. Показники субстрату: pH 5,8–6,2; EC 0,8–1,0 mS·см$^{-1}$. Температурні умови: до щеплення: 24–26 °С; після щеплення в камері укорінення: 26–28 °С, вологість повітря 92–95 %; фотоперіод: 14 год, інтенсивність світла 140–160 мкмоль·м$^{-2}$·с$^{-1}$.

Щеплення виконували методом сідловидного з'єднання, який забезпечує високий відсоток зрощення у культур родини Гарбузові.

Етапи: 1) Вирощування підщепи до стадії розкриття сім'ядоль; 2) Формування косого зрізу довжиною 8–10 мм; 3) Зріз прищепи під аналогічним кутом; 4) З'єднання компонентів із використанням силіконових кліпс при вологості повітря 90–95 %; 5) Поміщення рослин у камеру регенерації з поступовим зниженням вологості протягом 7 діб.

Схема досліду: Фактор А – вид підщепи (*Cucurbita spp.*): 1) *C. Ficifolia*; 2) *C. Moschata*; 3) *C. Pepo*. Фактор В – тип ЕМ препарату: 1) контроль (без обробки); 2) ЕМ 1; 3) ЕМ Агро.

Повторність – чотирикратна, кількість рослин у повторності – 20 шт.

Для оцінки процесів регенерації проводили: 1) мікротомні зрізи зони щеплення на 3, 7, 11, 18 та 25 добу після щеплення (метод парафінового включення; товщина зрізу 12–14 мкм); 2) фарбування зрізів сафраніном та астрафлоксином для візуалізації судинних пучків; 3) аналіз препаратів у світловому мікроскопі при збільшенні ×40–×200; 4) визначення показників: товщина калюсу, площа некротичного шару, ступінь формування ксилеми та флоеми, наявність васкулярних анастомозів, індекс регенерації (IR), обчислений як співвідношення площі відновлених тканин до загальної площі зони контакту [15, с. 42].

Аналіз експериментальних даних здійснювали методом одно- та багатофакторного дисперсійного аналізу згідно з методикою Ярового і Страхова [16, с. 51]. Достовірність різниць оцінювали за критерієм $НІР_{05}$. Обчислення проводили в програмі Statistica 12.

Результати досліджень. Аналіз анатомічних змін у зоні щеплення кавуна на підщепи роду *Cucurbita* під впливом ЕМ препаратів виявив суттєві відмінності в темпах та якості регенераційних процесів залежно від виду підщепи та типу застосованого препарату (див. табл. 1).

Результати морфометричного аналізу на 11-ту добу після щеплення демонструють виразну стимулюючу дію ЕМ препаратів на процеси регенерації зони контакту прищепи з підщепою [17, с. 81]. Застосування активованого ЕМ Агро забезпечило найінтенсивніше формування калюсної тканини у всіх досліджуваних комбінаціях щеплення. Найвищі показники товщини калюсу зафіксовані на варіанті використання підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро 398 мкм, що на 50,2 % перевищує контрольний варіант без обробки. Комбінація підщепи *C. ficifolia* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро показала товщину калюсу 385 мкм, що на 55,2 % більше контролю, тоді як варіант підщепи *C. pepo*

та мікробіологічного препарату ЕМ Агро досяг значення 362 мкм з приростом 56,0 % порівняно з необробленими рослинами.

Таблиця 1.

Морфометричні показники регенерації зони щеплення на 11-ту добу після щеплення (середнє за 2020-2023 роки)

Вид підщепи		Тип ЕМ препарату	Товщина калюсу, мкм	Площа некротичного шару, мм	Індекс регенерації (IR)	Ступінь формування судинних пучків, %
C. ficifolia		контроль	248±12	2,84±0,15	0,42±0,03	35±3
		ЕМ 1	312±15	2,15±0,12	2,15±0,12	48±4
		ЕМ Агро	385±18	1,67±0,10	0,71±0,05	62±5
C. moschata		контроль	265±14	2,62±0,14	0,47±0,03	41±3
		ЕМ 1	328±16	2,08±0,11	0,61±0,04	53±4
		ЕМ Агро	398±19	1,58±0,09	0,75±0,05	67±5
C. pepo		контроль	232±11	3,12±0,17	0,38±0,	32±3
		ЕМ 1	295±14	2,45±0,13	0,53±0,04	44±4
		ЕМ Агро	362±17	1,89±0,11	0,66±0,04	58±5
$НІР_{05}$	Заг.		5,93	0,04	0,09	7,21
	А		3,42	0,03	0,05	4,16
	В		3,42	0,03	0,05	4,16

Площа некротичного шару, який формується внаслідок первинної реакції тканин на поранення, виявилася суттєво меншою у варіантах з обробкою ЕМ препаратами. У комбінації підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро площа некротизованих тканин становила лише 1,58 мм², що на 39,7 % менше порівняно з контролем 2,62 мм². Аналогічна тенденція спостерігалася для підщепи *C. ficifolia* з редукцією некротичної зони на 41,2 % та для підщепи *C. pepo* – на 39,4 %. Зменшення площі некротичного шару свідчить про прискорення процесів репарації та ефективнішу мобілізацію захисних механізмів рослин під впливом корисних мікроорганізмів.

Інтегральний показник регенерації (IR), що відображає співвідношення площі відновлених тканин до загальної площі зони контакту, найвищих значень досяг у варіанті підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро 0,75, що на 59,6 % перевищує контроль. Ступінь формування судинних пучків, критично важливий для функціонального з'єднання прищепи з підщепою, виявив максимальні значення також у комбінації з підщепою *C. moschata* та мікробіологічним препаратом ЕМ Агро 67 %, що майже вдвічі перевищує показник контрольного варіанту. Дисперсійний аналіз підтвердив високу достовірність впливу обох досліджуваних факторів на всі морфометричні показники регенерації ($p<0,05$).

Дослідження темпоральних аспектів відновлення судинної системи у зоні щеплення виявило критичні періоди регенерації та роль ЕМ препаратів у прискоренні формування функціональних васкулярних зв'язків (див. табл. 2).

Часова динаміка формування васкулярних анастомозів чітко демонструє прискорення регенераційних процесів під впливом ЕМ препаратів на всіх

досліджуваних підщепах. На третю добу після щеплення судинні з'єднання були відсутні в усіх контрольних варіантах та варіантах з ЕМ 1, тоді як у комбінаціях з ЕМ Агро спостерігалися початкові стадії васкулярного з'єднання для підщепи *C. ficifolia* – 5 % та *C. moschata* – 8 %. Це свідчить про здатність активованого препарату стимулювати надранні етапи диференціації судинних елементів у зоні регенерації.

На сьому добу експерименту різниця між варіантами стала статистично достовірною. У комбінації підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро формування васкулярних анастомозів досягло 29 %, що на 93,3 % перевищує контроль без обробки – 15 %. Для підщепи *C. ficifolia* застосування ЕМ Агро забезпечило – 25 % сформованих з'єднань проти 12 % на контрольних варіантах, демонструючи прискорення процесу більш ніж удвічі. Варіант підщепи *C. pepo* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро показав – 22 % васкулярних анастомозів порівняно з 9 % на контролі, що вказує на найінтенсивнішу стимуляцію саме на цій підщепі.

Таблиця 2

Динаміка формування васкулярних анастомозів у зоні щеплення (середнє за 2020-2023 роки), %

Вид підщепи		Тип ЕМ препарату	Доба				
			3-я	7-а	11-а	18-а	25-а
C. ficifolia		контроль	0	12±2	35±3	68±5	88±6
		ЕМ 1	0	18±2	48±4	79±6	95±7
		ЕМ Агро	5±1	25±3	62±5	91±7	98±7
C. moschata		контроль	0	15±2	41±3	73±5	91±6
		ЕМ 1	0	21±3	53±4	84±6	96±7
		ЕМ Агро	8±1	29±3	67±5	94±7	99±7
C. pepo		контроль	0	9±2	32±3	63±5	85±6
		ЕМ 1	0	14±2	44±4	75±5	93±7
		ЕМ Агро	0	22±3	58±5	88±6	97±7
$НІР_{05}$	Заг.		-	4,41	4,33	10,67	-
	А			2,55	2,50	6,16	-
	В			2,55	2,50	6,16	-

**Примітка: 0 – васкулярні анастомози відсутні; наведено відсоток повністю сформованих судинних зв'язків від загальної кількості потенційних точок контакту.*

Критичний період регенерації – 11-та доба, яка характеризувався максимальними відмінностями між варіантами. Комбінація підщепи C. moschata та мікробіологічного препарату ЕМ Агро досягла 67 % повністю сформованих судинних з'єднань, що на 63,4 % більше контролю. Саме на цьому етапі відбувається перехід від калюсогенезу до активної васкулярної диференціації, і роль корисних мікроорганізмів у стимуляції цих процесів виявляється найвиразніше. Варіанти з ЕМ 1 займали проміжне положення між контролем та ЕМ Агро, що підтверджує доцільність активації препарату для досягнення максимального ефекту.

На 18-ту та 25-ту добу різниці між варіантами поступово нівелювалися, оскільки навіть у контрольних рослинах процеси регенерації завершувалися. Проте варіанти з мікробіологічним препаратом ЕМ Агро досягали 94–99 % сформованих

васкулярних анастомозів уже на 18-ту добу, тоді як контрольні рослини наближалися до цих показників лише на 25-ту добу. Таке прискорення на 7 діб має важливе практичне значення для виробництва щепленого розсадного матеріалу, оскільки дозволяє скоротити тривалість технологічного циклу та підвищити оборотність камер акліматизації.

Інтегральна оцінка ефективності застосування ЕМ препаратів в технології щеплення кавуна передбачала аналіз кінцевих біометричних показників, які визначають практичну придатність отриманого розсадного матеріалу (див. табл. 3).

Аналіз біометричних показників на 30-ту добу після щеплення підтверджує комплексну позитивну дію ЕМ препаратів на формування якісної щепленої розсади кавуна. Приживлюваність рослин виявилася найвищою на варіанті використання підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро – 96,2 %, що на 18,3 % перевищує контрольний варіант цієї підщепи та на 24,7 % – найгірший контроль на підщепі *C. pepo*. Застосування мікробіологічного препарату ЕМ 1 забезпечило проміжні показники приживлюваності з приростом 9,3–13,2 % залежно від виду підщепи. Високий відсоток прижитих рослин корелює з інтенсивністю регенераційних процесів у зоні щеплення на ранніх етапах, що підтверджує функціональний зв'язок між морфологічними та агрономічними показниками.

Висота надземної частини рослин демонструвала чітку залежність від типу застосованого препарату. Максимальне значення зафіксовано при використанні підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро – 27,8 см, що на 41,1 % перевищує контроль без обробки – 19,7 см. Для підщепи *C. ficifolia* приріст висоти становив – 43,0 %, а для *C. pepo* – 43,0 %. Такі високі прирости свідчать про швидке відновлення фізіологічних функцій після стресу щеплення та ефективний обмін метаболітів між компонентами щеплених рослин.

Таблиця 3

Біометричні показники щеплених рослин на 30-ту добу після щеплення (середнє за 2020-2023 роки)

Вид підщепи		Тип ЕМ препарату	Приживлюваність,%	Висота надземної частини, с	Діаметр стебла в зоні щеплення, мм	Площа листкової поверхні, см²	Суха маса рослини, г
C. ficifolia		контроль	76,2±3,5	18,4±1,2	4,2±0,3	142±12	2,84±0,18
		ЕМ 1	2,84±0,18	22,1±1,4	4,9±0,3	178±15	3,42±0,21
		ЕМ Агро	93,8±4,6	26,3±1,6	5,6±0,4	215±18	4,18±0,25
C. moschata		контроль	81,3±3,8	19,7±1,3	4,5±0,3	156±13	3,05±0,19
		ЕМ 1	88,7±4,3	23,5±1,5	5,2±0,4	189±16	3,67±0,22
		ЕМ Агро	96,2±4,8	27,8±1,7	6,1±0,4	228±19	4,45±0,27
C. pepo		контроль	72,5±3,4	17,2±1,1	4,0±0,3	135±11	2,67±0,17
		ЕМ 1	82,1±3,9	20,8±1,3	4,7±0,3	169±14	3,25±0,20
		ЕМ Агро	90,4±4,5	24,6±1,5	5,4±0,4	203±17	3,96±0,24
$НІР_{05}$	Заг.		5,2	1,8	0,61	40,9	0,20
	А		3,0	1,03	0,35	23,6	0,12
	В		3,0	1,03	0,35	23,6	0,12

Діаметр стебла в зоні щеплення, який визначає механічну міцність з'єднання, також максимальний на варіанті з використанням в якості підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро – 6,1 мм з перевищенням контролю на 35,6 %.

Площа листкової поверхні в якості показнику фотосинтетичного потенціалу рослин виявила значущі переваги застосування ЕМ препаратів. На варіанті з використанням підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро площа листків становила 228 см², що на 46,2 % більше контролю. Для підщепи *C. ficifolia* приріст сягнув 51,4 %, а для підщепи *C. pepo* – 50,4 %. Розвинена асиміляційна поверхня забезпечує вищу продуктивність фотосинтезу та краще забезпечення рослин пластичними речовинами на подальших етапах розвитку. Суха маса рослини як інтегральний показник накопичення біомаси досягла максимуму у комбінації використання підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро – 4,45 г з перевищенням контрольних варіантів на 45,9 %. Дисперсійний аналіз виявив високу частку впливу фактору В (тип ЕМ препарату) – 62,4 % загальної варіації показника сухої маси, що свідчить про визначальну роль мікробіологічної обробки у формуванні біометричних параметрів щеплених рослин.

Порівняння трьох видів підщеп показало, що *C. moschata* забезпечила найкращі показники за всіма досліджуваними параметрами, тоді як *C. pepo* характеризувалася найнижчими значеннями біометричних показників. В той же час, як підщепа *C. ficifolia* займала проміжне положення, проте демонструвала найвищу відносну відповідь на застосування ЕМ препаратів за показником площі листкової поверхні. Взаємодія факторів А×В виявилася статистично достовірною для всіх досліджуваних показників ($p<0,01$), що вказує на необхідність диференційованого підходу до вибору оптимальних комбінацій підщепа–препарат залежно від конкретних виробничих умов та цільових показників якості розсадного матеріалу.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Комплексне дослідження морфофізіологічних аспектів регенерації зони щеплення кавуна (*Citrullus lanatus*) на дикорослі підщепи *Cucurbita* під дією ЕМ препаратів дозволило встановити наступні закономірності:

Застосування активованого ЕМ Агро забезпечило найінтенсивніше формування калюсної тканини на 11-ту добу після щеплення. Товщина калюсу на варіанті використання підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро становила 398 мкм, що на 50,2% перевищує контрольний варіант. Одночасно відбувалося зменшення площі некротичного шару на 39,7 %, що свідчить про прискорення репаративних процесів та ефективнішу мобілізацію захисних механізмів.

Часова динаміка відновлення судинної системи виявила критичні періоди регенерації. На 7-му добу комбінація підщепи *C. moschata* та мікробіологічного препарату ЕМ Агро забезпечила формування 29 % васкулярних з'єднань проти 15 % на контролі (приріст 93,3 %). До 11-ї доби ця різниця досягла максимуму – 67 % проти 41 % (приріст 63,4 %). Варіанти з ЕМ Агро досягали 94–99 % сформованих анастомозів на 18-ту добу, тоді як контрольні рослини – лише на 25-ту, що забезпечує скорочення технологічного циклу на 7 діб.

Серед досліджуваних видів підщеп *C. moschata* продемонструвала найкращі показники регенерації та біометричних параметрів. Індекс регенерації для комбінації підщепи *C. moschata* та мікробіолгічного препарату ЕМ Агро становив 0,75 (приріст 59,6 % до контролю), ступінь формування судинних пучків – 67% (майже вдвічі більше контролю). Підщепа *C. ficifolia* виявила найвищу відносну відповідь на застосування ЕМ препаратів за площею листкової поверхні (приріст 51,4 %).

На 30-ту добу після щеплення варіант з використанням підщепи *C. moschata* та ЕМ Агро забезпечив: приживлюваність 96,2 % (приріст 18,3 %); висоту надземної частини 27,8 см (приріст 41,1 %); діаметр стебла в зоні щеплення 6,1 мм (приріст 35,6 %); площу листкової поверхні 228 см² (приріст 46,2 %); суху масу рослини 4,45 г (приріст 45,9 %). Дисперсійний аналіз виявив, що частка впливу типу ЕМ препарату (фактор В) становила 62,4 % від загальної варіації показника сухої маси.

Встановлено, що корисні мікроорганізми сприяють регенерації зони щеплення через: прискорення утворення калюсу та редукцію некротичного шару; стимуляцію васкулярної диференціації на ранніх етапах (починаючи з 3-ї доби); оптимізацію гормональної регуляції регенераційних процесів; покращення фізіологічного стану щеплених рослин та їхнього подальшого розвитку [18, с. 83].

Оптимальною комбінацією для виробництва щепленого розсадного матеріалу кавуна є використання підщепи *C. moschata* з обробкою активованим препаратом ЕМ Агро, що забезпечує: скорочення тривалості технологічного циклу на 7 діб; підвищення виходу якісної розсади на 18,3 %; покращення біометричних показників на 35,6–46,2 %; збільшення механічної міцності з'єднання та функціональної повноцінності васкулярної системи.

Отримані результати визначають перспективні напрями подальшого розвитку досліджень у галузі щеплення баштанних культур та застосування мікробіологічних препаратів:

1. Молекулярно-генетичні аспекти:

Дослідження експресії генів – вивчення профілю експресії генів, асоційованих з гормональною регуляцією (ClPIN1a, гени біосинтезу ауксинів та цитокінінів) у зоні щеплення під впливом ЕМ препаратів на різних етапах регенерації.

Транскриптомний аналіз – секвенування РНК тканин підщепи та прищепи для виявлення асиметричності генетичних програм, які активуються під дією корисних мікроорганізмів.

Протеомний аналіз – ідентифікація білків-маркерів успішної регенерації та з'ясування механізмів їхньої регуляції мікробними метаболітами.

2. Мікробіологічні дослідження:

Метагеномний аналіз ризосфери – вивчення змін структури та функціонального потенціалу мікробіому кореневої зони щеплених рослин під впливом ЕМ препаратів різного складу.

Ідентифікація ключових штамів – виділення та характеристика індивідуальних штамів мікроорганізмів з консорціуму ЕМ, які забезпечують максимальний регенераційний ефект.

Оптимізація складу препаратів – розробка спеціалізованих мікробіологічних композицій для різних видів підщеп з урахуванням їхніх фізіологічних особливостей.

3. Фізіолого-біохімічні дослідження:

Гормональний профіль – динаміка змін концентрації фітогормонів (ауксинів, цитокінінів, гіберелінів, абсцизової кислоти) у зоні щеплення та їхня кореляція з морфологічними змінами.

Антиоксидантна система – оцінка активності ферментів антиоксидантного захисту та вмісту неферментативних антиоксидантів у процесі загоєння під дією ЕМ препаратів.

Метаболомний аналіз – ідентифікація специфічних метаболітів, що продукуються корисними мікроорганізмами та впливають на регенераційні процеси.

4. Агротехнологічні розробки:

Оптимізація способів застосування – дослідження ефективності різних методів внесення ЕМ препаратів (обробка насіння, замочування кореневої системи, позакоренева обробка) та їхніх комбінацій.

Розширення спектру культур – адаптація технології застосування ЕМ препаратів для інших представників родини Гарбузові (огірок, гарбуз, диня) та інших овочевих культур.

Промислове масштабування – розробка промислових регламентів виробництва щепленого розсадного матеріалу з використанням ЕМ препаратів, включаючи економічне обґрунтування.

5. Адаптація до стресових умов:

Абіотичні стреси – вивчення впливу ЕМ препаратів на стійкість щеплених рослин до посухи, засолення, температурних стресів у критичний період регенерації.

Біотичні стреси – оцінка захисної дії корисних мікроорганізмів проти ґрунтових патогенів (*Fusarium oxysporum, Verticillium dahliae*) через індукцію системної стійкості.

Кліматичні зміни – дослідження потенціалу ЕМ обробленого щепленого матеріалу для адаптації баштанництва до мінливих кліматичних умов.

6. Інноваційні підходи:

Нанобіотехнології – розробка наноінкапсульованих форм ЕМ препаратів для цільової доставки корисних мікроорганізмів безпосередньо в зону щеплення.

Біосенсори – створення систем моніторингу процесів регенерації в режимі реального часу на основі біохімічних маркерів.

Штучний інтелект – використання машинного навчання для прогнозування успішності щеплення на основі комплексу морфологічних та фізіологічних показників.

Реалізація цих напрямів дозволить поглибити розуміння фундаментальних механізмів взаємодії корисних мікроорганізмів з процесами регенерації рослинних тканин та розробити науково обґрунтовані технології виробництва високоякісного щепленого розсадного матеріалу для сталого розвитку баштанництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Devi P., DeVetter L., Kraft M., Shrestha S., Miles C. Progress in grafting watermelon to manage Verticillium wilt. Plant Pathology. 2021. Vol. 70. pp. 765–779.
2. Devi P., DeVetter L., Kraft M., Shrestha S., Miles C. Micrographic View of Graft Union Formation Between Watermelon Scion and Squash Rootstock. Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. Article 878289.
3. Huang Y., Liu Y., Zhang M., Chai M., He Q., Jakada B.H., Chen F., Chen K., Jin Q., Li C., Cai C., Wang Q., Cheng Z.M., Zhang Z. ClPIN1a-mediated auxin efflux from rootstock cotyledons facilitates grafting in watermelon. Horticulture Research. 2025. Vol. 12. uhae329.
4. Liu L., Chen Z., Zhang Y., Gao Y., Mi L. Beneficial microorganisms: Regulating growth and defense for plant welfare. Plant Biotechnology Journal. 2025. Vol. 23. pp. 1–16.
5. Morais M.C., Torres L.F., Kuramae E.E., de Andrade S.A. Plant grafting: Maximizing beneficial microbe-plant interactions. Microbiological Research. 2024. Vol. 278. 127530.
6. Wang S., Zhang Z., Sun D., Wang Y., Miao Y., Wang X., Li Q., Xu Y., Wei M., Liu Y. Effect of plant-derived microbial soil legacy in a grafting system–a turn for the better. Microbiome. 2024. Vol. 12. Article 234.

7. Miles C.A., Wimer J., Inglis D. Advances in Watermelon Grafting to Increase Efficiency and Automation. Horticulturae. 2020. Vol. 6. № 4. Article 88.

8. Bertucci M.B., Suchoff D.H., Jennings K.M., Monks D.W., Schultheis J.R., Perkins-Veazie P., Louws F.J. Performance of grafted seedless watermelon with and without root excision under inoculation with Fusarium oxysporum f. sp. niveum race 2. HortScience. 2018. Vol. 53. № 9. pp. 1340–1348.

9. Devi P., DeVetter L., Kraft M., Shrestha S., Miles C. Micrographic View of Graft Union Formation Between Watermelon Scion and Squash Rootstock. Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. Article 878289.

10. Miles C.A., Wimer J., Inglis D. Advances in Watermelon Grafting to Increase Efficiency and Automation. Horticulturae. 2020. Vol. 6. № 4. Article 88.

11. Iwase A., Mitsuda N., Koyama T., Hiratsu K., Kojima M., Arai T., Inoue Y., Seki M., Sakakibara H., Sugimoto K., Ohme-Takagi M. The AP2/ERF transcription factor WIND1 controls cell dedifferentiation in Arabidopsis. Current Biology. 2017. Vol. 21. P. 508–514.

12. Guo W., Tian L., Ruan Z., Chen F., Zhang L., Cui Z., Gao M., Shi W. Transcriptome dynamics reveals how asymmetric expression of genes promotes graft healing in Sapindus mukorossi. Plant Physiology and Biochemistry. 2025. Vol. 219. Article 109159.

13. Muhammad A., Kong X., Zheng S., Bai N., Li L., Khan M.H.U., Fiaz S., Zhang Z. Exploring plant-microbe interactions in adapting to abiotic stress under climate change. Frontiers in Plant Science. 2024. Vol. 15. Article 1482739.

14. Morais M.C., Torres L.F., Kuramae E.E., de Andrade S.A. Plant grafting: Maximizing beneficial microbe-plant interactions. Microbiological Research. 2024. Vol. 278. Article 127530.

15. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 7. Київ, 2000. 144 с.

16. Яровий А. Т., Страхов Є. М. Багатовимірний статистичний аналіз : начально-методичний посібник для студентів математичних та економічних фахів. Одеса: Астропринт, 2015. 132 с

17. Ковальов М.М. Енергетична ефективність використання Тладіанти сумнівної як підщепи у процесі вирощування огірка Козіма F1 у гідропонних купольних теплицях. *Аграрні інновації Рецензований науковий журнал.* № 7 2021. Видавничий дім «Гельветика»,. С. 79-83

18. Ковальов М.М**.** Вирощування огірка козіма F1 на різних типах субстратів у гідропонних купольних теплицях. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки.* Вип. 117 Видавничий дім «Гельветика», 2021. С. 80-89.

Дата першого надходження рукопису до видання: 06.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 631.452:504.064:631.416(477.41)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.11

ЕКОЛОГО-АГРОХІМІЧНА ОЦІНКА ДИНАМІКИ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ІНТЕНСИВНОГО АГРОВИРОБНИЦТВА НА ПРИКЛАДІ ЯРУНСЬКОЇ СТГ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

***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
***Залевський Р.А.** – к.с.-г.н.,*
Житомирський агротехнічний фаховий коледж
orcid.org/0000-0003-3704-3998
***Пасічник І.О.** – к.с.-г.н.,*
головний спеціаліст відділу моніторингу, сертифікації та контролю управління,
Державна служба якості освіти в Житомирській області
orcid.org/0000-0001-5361-2375
***Романчук Л.М.** – наук. співроб.,*
Житомирський регіональний центр державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»
orcid.org/0009-0003-8360-372X
***Дрозд Б.Є.** – мол. наук. співроб.,*
Житомирський регіональний центр державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»
orcid.org/0009-0008-1229-791X

Висвітлено результати багаторічного моніторингу агрохімічних показників родючості ґрунтів Ярунської сільської територіальної громади Житомирської області, проведеному впродовж 2009–2024 років. Дослідження обумовлені критичною ситуацією з деградацією земельних ресурсів, що спонукало до визначення довгострокових тенденцій змін у забезпеченості ґрунту основними елементами живлення. Об'єктом дослідження слугували ґрунти п'яти різних агрогруп на загальній площі 369 га, об'єднані у різні агрогрупи. Мета роботи полягала у встановленні довгострокових тенденцій зміни забезпеченості ґрунтів основними елементами живлення та оцінці ефективності застосовуваних агротехнічних заходів. Дослідження проводили у чотири етапи з п'ятирічним інтервалом. Усі аналізи проводились на базі лабораторії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» з дотриманням вимог до пробопідготовки та аналітичних процедур.

У результаті п'ятнадцятирічного моніторингу виявлено неоднорідну динаміку основних показників родючості з переважанням позитивних тенденцій. Найбільш суттєві зміни зафіксовано для вмісту легкогідролізованого азоту, який збільшився на 42,9 % за досліджуваний період. Динаміка вмісту рухомого фосфору характеризувалася нестабільністю з незначним загальним приростом – лише на 2,4 %. Вміст обмінного калію показав тенденцію до загального зниження на 4,3 % за досліджуваний період, однак з контрастними змінами на окремих полях.

Найбільш стабільним показником виявився вміст гумусу: його зміни були мінімальними, а незначне зростання – на 1,1 % в окремих агрогрупах свідчить про уповільнення деградаційних процесів навіть за умов недостатнього внесення органічної речовини та це можна розглядати як позитивний результат.

© Ключевич М.М., Залевський Р.А., Пасічник І.О., Романчук Л.М., Дрозд Б.Є., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Зазначено, що навіть за умов інтенсивного агровиробництва можна забезпечити покращення окремих показників родючості та стабілізацію інших за впровадження регулярного моніторингу агрохімічного стану ґрунтів і науково-обґрунтованого підходу до управління родючістю для кожного поля з урахуванням специфіки агрогруп ґрунтів.

Ключові слова: *родючість ґрунтів, агрохімічне обстеження, легкогідролізований азот, рухомий фосфор, обмінний калій, гумус, динаміка змін, інтенсивне землеробство, ґрунти, моніторинг, система удобрення.*

Kliuchevych M.M., Zalevsky R.A., Pasichnyk I.O., Romanchuk L.M., Drozd B.E. Ecological and agrochemical assessment of soil fertility dynamics under intensive agricultural production on the example of Yarunskaya STG in Zhytomyr region

The results of long-term monitoring of agrochemical indicators of soil fertility in the Yarunskaya rural community of the Zhytomyr region, conducted between 2009 and 2024, are presented. The research was prompted by the critical situation with land resource degradation, which led to the identification of long-term trends in changes in the soil's supply of essential nutrients. The object of the study was the soils of five different agrogroups covering a total area of 369 hectares, combined into different agrogroups. The aim of the work was to establish long-term trends in changes in the supply of essential nutrients in soils and to assess the effectiveness of the agrotechnical measures applied. All analyses were carried out at the laboratory of the State Institution 'Institute of Soil Protection of Ukraine' in compliance with the requirements for sample preparation and analytical procedures.

Fifteen years of monitoring revealed uneven dynamics in key fertility indicators, with positive trends prevailing. The most significant changes were recorded for easily hydrolysable nitrogen content, which increased by 42.9% over the study period. The dynamics of mobile phosphorus content were characterised by instability with a slight overall increase of only 2.4%. The exchangeable potassium content showed a general downward trend of 4.3% over the study period, but with contrasting changes in individual fields.

The most stable indicator was the humus content: its changes were minimal, and a slight increase of 1.1% in some agricultural groups indicates a slowdown in degradation processes even under conditions of insufficient organic matter application, which can be considered a positive result.

It is noted that even under conditions of intensive agricultural production, it is possible to improve certain fertility indicators and stabilise others by introducing regular monitoring of the agrochemical condition of soils and a scientifically based approach to fertility management for each field, taking into account the specific characteristics of soil agrogroups.

Key words: *soil fertility, agrochemical survey, easily hydrolysable nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium, humus, dynamics of changes, intensive farming, soils, monitoring, fertilisation system.*

Постановка проблеми. Агропромисловий комплекс України в сучасних умовах характеризується гострою необхідністю розв'язання проблем збереження та відтворення родючості ґрунтового покриву на фоні інтенсифікації агровиробництва та глобальних кліматичних трансформацій. Раціональне землекористування та охорона ґрунтових ресурсів визначено пріоритетними напрямами стратегічного розвитку аграрної галузі. Екстенсивне використання земельного фонду, недостатнє застосування добрив (мінеральних та органічних), порушення принципів науково-обґрунтованого чергування культур у сівозмінах спричиняють прогресуючі процеси деградації та виснаження ґрунтів, що призводить до зниження їх природної родючості та продуктивного потенціалу [1].

Житомирська область, на території якої проводили дослідження ґрунтів, розташована в межах двох грунтово-кліматичних зон: північна частина області знаходиться в зоні Полісся, а південна частина – в межах Лісостепу. Така географічна позиція зумовлює значну різноманітність ґрунтового покриву області.

Ярунська сільська територіальна громада має типову, для цієї місцевості, мозаїчну структуру ґрунтового покриву з переважанням дерново-підзолистих і сірих

лісових ґрунтів. Ці ґрунти мають кислу реакцію ґрунтового розчину через вміст сполук заліза та алюмінію, характеризуються середнім рівнем родючості з переважанням легких і середніх за механічним складом різновидів, потребують вапнування для оптимізації агрохімічних показників і постійного моніторингу за зміною агрохімічних показників.

Відповідно до Закону України «Про охорону земель» [2], в Україні в обов'язковому порядку здійснюється еколого–агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення з періодичністю один раз на 5 років для здійснення державного контролю за зміною динаміки родючості.

Особливого значення набуває вивчення динаміки основних показників родючості для прогнозування подальших змін ґрунтового покриву в умовах сучасного землекористування [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з найважливіших ознак ґрунтів є їхня здатність забезпечувати рослини усім необхідним для росту і розвитку, тобто родючість, яка залежить від багатьох факторів. До них належать кліматичні, фізико-хімічні та біологічні властивості, склад ґрунту та його фізичні й хімічні показники [4].

Однак, як вказують дослідники, О. М. Грищенко та ін. [1], вирішальним фактором життєдіяльності людини була родючість ґрунту, яку можна виразити через агрохімічні показники. Хоча одночасно вчені відмічають, що ця величина не є сталою.

Ці чинники зазнають значних трансформацій через антропогенний вплив, котрий критично важливий для живлення рослин, формування врожаю та його якості. Щоб ефективно контролювати ріст і розвиток сільськогосподарських культур, їхню врожайність, вкрай необхідно глибоко розуміти особливості ґрунту та відстежувати тенденцій, що в ньому відбуваються під впливом антропогенної діяльності [5].

Ситуація ускладнюється тим, що переважна більшість сільськогосподарських підприємств, з різних причин, вже довгий час не використовують таке традиційне органічне удобрення як підстилковий гній, який здатний підтримувати родючість ґрунту за певних норм застосування. Однак невиконання таких заходів, як зазначають науковці [6], веде до деградації земельних ресурсів України високими темпами. Втрати родючого шару ґрунту сягають 600 млн. тонн за рік, зокрема, гумусу – до 20 млн. тонн. Зважаючи на це, лише для простого відтворення родючості ґрунтів необхідно щорічно вносити 8–10 тонн органічних добрив на гектар посівної площі. Разом з тим, реальні цифри внесення органічних добрив дуже далекі від необхідних. На даний час у переважній більшості підприємств як органічне добриво використовують пожнивні рештки культур, що, певною мірою, компенсує відсутність підстилкового гною, однак значно підвищує роль моніторингу, як засобу отримання інформації про тенденції змін у ґрунті.

Моніторинг ґрунту – це процес постійного спостереження за родючістю та характеристиками ґрунтового покрову. Він тісно взаємодіє з веденням земельного кадастру та обліком земельних ресурсів. Як свідчать багаточисельні публікації науковців [7, 8, 9, 10], дослідження в рамках турів агрохімічного обстеження ґрунтів України та оцінка ґрунтів дозволяють отримати надійні дані про їхній стан, що, в свою чергу, дозволяє вчасно отримати об'єктивну інформацію про стан ґрунтового середовища та реагувати на виявлені тенденції для покращення ситуації.

Сучасне сільськогосподарське виробництво в Україні характеризується значним прискоренням процесів деградації ґрунтового покриву, що проявляється

у втраті родючого шару ґрунту. Через зменшення поголів'я тварин виник дефіцит органічних добрив.

За таких умов нагальною потребою є систематичний моніторинг агрохімічних показників ґрунтів для своєчасного виявлення негативних тенденцій та розробки науково-обґрунтованих заходів щодо збереження і відновлення родючості земельних ресурсів. Родючість ґрунту як здатність забезпечувати рослини необхідними елементами для росту і розвитку залежить від комплексу кліматичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей, які зазнають значних трансформацій під впливом антропогенної діяльності.

Вирішальним фактором життєдіяльності людини була і залишається родючість ґрунту, яку можна виразити через агрохімічні показники, хоча ця величина не є сталою і постійно змінюється під впливом різних чинників. Для ефективного контролю врожайності, росту і розвитку сільськогосподарських культур вкрай необхідно глибоко розуміти особливості ґрунту та відстежувати тенденції, що в ньому відбуваються під впливом господарської діяльності.

Мета досліджень. Метою наших досліджень було проведення комплексного багаторічного моніторингу основних агрохімічних показників ґрунтів на конкретній території для встановлення довгострокових тенденцій їх змін та оцінки ефективності застосовуваних агротехнічних заходів.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили на землях Ярунської сільської територіальної громади Звягельського району Житомирської області загальною площею 369 га, об'єднані у чотири поля ріллі. Польові ділянки відбирали таким чином, щоб охопити весь спектр агрогруп ґрунтів, характерних для даної території. Обстеження проводили у чотири етапи: 2009, 2014, 2019 та 2024 роки, що дало змогу визначити довгострокові тенденції змін у забезпеченості ґрунту елементами живлення та оцінити ефективність застосованих агротехнічних заходів.

Відбір проб ґрунту проводили відповідно до діючих стандартів і методичних рекомендацій. Для кожної агрогрупи формували середні зразки з орного шару (0–20 см), отримані шляхом об'єднання 5–7 точкових проб, відібраних по діагоналях ділянки. Проби транспортували у лабораторію в щільно закритих контейнерах для запобігання зміні їх фізико-хімічних властивостей.

Проведене агрохімічне обстеження передбачало визначення таких показників: вміст легкогідролізованого азоту (метод Корнфілда) [11]; вміст рухомих форм фосфору (P_2O_5) за Кірсановим [12]; вміст обмінного калію (K_2O) з використанням полум'яно-фотометричного методу [13]; вміст гумусу за методом Тюріна у модифікації М. М. Коновалова [14].

Аналізи проводили на базі лабораторії ДУ „Інститут охорони ґрунтів України". Отримані проби після доставки до лабораторії піддавали попередньому підсушуванню за температури не вище 40°С у провітрюваному приміщенні, що забезпечувало збереження природної структури ґрунтових агрегатів і запобігало втратам легкорозчинних сполук. Далі матеріал ретельно подрібнювали до проходження через сито з діаметром отворів 1 мм.

Для кожного показника проводили не менше трьох паралельних визначень, що дозволяло отримати репрезентативні результати та оцінити варіацію значень. Визначення вмісту легкогідролізованого азоту здійснювали методом Корнфілда, який передбачає гідроліз азотовмісних органічних сполук у кислому середовищі з подальшим фотометричним вимірюванням оптичної щільності витяжки.

Вміст рухомих форм фосфору (P_2O_5) визначали за методом Кірсанова, який базується на екстракції елементу кислотним розчином і колориметричному вимірюванні концентрації за допомогою спектрофотометра. Цей метод дозволяє оцінити доступність фосфору для рослин у короткостроковій перспективі.

Вміст обмінного калію (K_2O) аналізували пламенно-фотометричним методом після екстракції ґрунту 1 н. розчином ацетату амонію (pH 7,0). Прилад калібрували за стандартними розчинами, що забезпечувало точність визначень у межах похибки ±5%.

Визначення вмісту гумусу проводили за методом Тюріна в модифікації М. М. Коновалова, який передбачає окислення органічної речовини ґрунту хромовою сумішшю з подальшим титруванням надлишку дихромату.

Таблиця 1

Шифр та площа ґрунтових агрогруп, що підлягали дослідженню

№ поля	Шифр та площа ґрунтових агрогруп
1	33г-64,1 га, 36г-73,6 га, 142-0,6 га
2	33г-9,2 га, 36г-8,9 га, 142-2,1 га, 179д-51,0 га
3	36г-62,2 га, 45г-0,2 га, 179д-69,7 га
4	33г-23,4 га, 36г-2,2 га, 179д-1,8 га

Обстеження проводили у чотири етапи: 2009, 2014, 2019 та 2024 роки, що дало змогу визначити довгострокові тенденції змін у забезпеченості ґрунту елементами живлення та оцінити ефективність застосованих агротехнічних заходів.

Характеристика агрогруп ґрунтів:

Агрогрупа 33г − ясно-сірі і сірі опідзолені глеюваті легкосуглинкові ґрунти. Формування цих ґрунтів відбувалося в умовах періодичного перезволоження ґрунтовими водами. Легкосуглинковий механічний склад забезпечує добру водопроникність, але знижує вологоємність і поживну здатність. Ці ґрунти мають кислу реакцію середовища, низький вміст гумусу та потребують систематичного вапнування і внесення органічних добрив.

Агрогрупа 36г − ясно-сірі і сірі опідзолені глейові легкосуглинкові ґрунти. Відрізняються від попередньої агрогрупи більш інтенсивними процесами оглеєння, що пронизують весь профіль ґрунту. Профіль характеризується слабкою структурністю, схильністю до запливання та утворення кірки. Водно-повітряний режим порушений через періодичне перенасичення вологою. Родючість знижена внаслідок анаеробних умов, що сповільнюють мінералізацію органічної речовини. Потребують дренажних заходів для оптимізації водного режиму.

Агрогрупа 45г − темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені глеюваті легкосуглинкові. Представляють найбільш родючі ґрунти серед розглянутих агрогруп. Формувалися під лучно-степовою та лісостеповою рослинністю в умовах помірного промивного водного режиму з періодичним застоєм ґрунтових вод. Мають добрі фізичні властивості, збалансований водно-повітряний режим і високу природну родючість. За правильного агротехнічного використання забезпечують стабільно високі врожаї сільськогосподарських культур.

Агрогрупа 142 − лучно-болотні, мулувато-болотні та торфувато-болотні осушені ґрунти. Ці ґрунти сформувалися в умовах надмірного та постійного зволоження в заплавах річок, западинах та інших знижених елементах рельєфу.

Характеризуються високим вмістом органічної речовини різного ступеня розкладу від слабко розкладених торфувато-болотних до сильно розкладених мулувато-болотних різновидів.

Агрогрупа 179д – дернові глейові осушені середньосуглинкові ґрунти. Характеризуються добре розвиненим дерновим горизонтом з щільним переплетінням коренів трав'янистої рослинності. Глейовий процес охоплює весь профіль, надаючи йому характерного сизувато-зеленкуватого забарвлення. Середньосуглинковий механічний склад забезпечує кращу вологоємність і поживну здатність порівняно з легкосуглинковими аналогами. Мають нейтральну або слабколужну реакцію середовища, достатній вміст поживних речовин, але потребують контролю водного режиму через схильність до вторинного заболочення.

Виклад основного матеріалу. Багаторічний моніторинг агрохімічних показників ґрунтів Ярунської територіальної громади, проведений у період з 2009 по 2024 роки показує суттєві зміни у вмісті основних елементів живлення рослин та органічної речовини, що свідчить про динамічні процеси трансформації родючості ґрунтового покриву регіону.

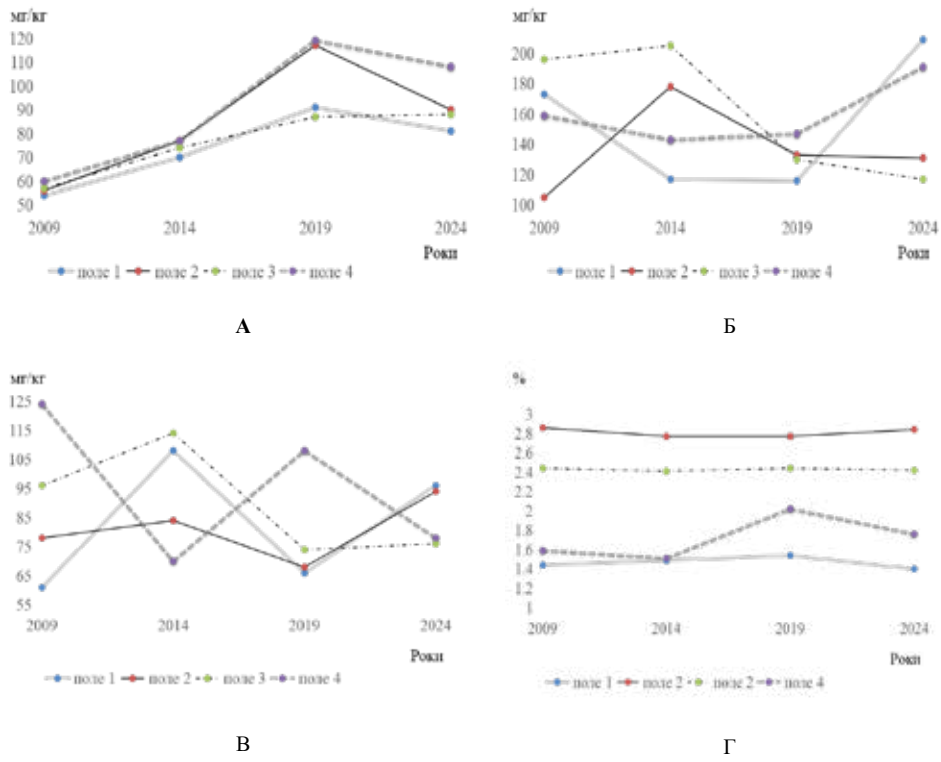


Рис. 1. Динаміка зміни агрохімічних показників на полях Ярунської ериторіальної громади за 2009–2024 роки: А – легкогідролізованого азоту, Б – рухомого фосфору, В – обмінного калію, Г – гумусу.

Аналіз показників рисунку 1 свідчить про те, що ми спостерігали наступну тенденцію: динаміка вмісту легкогідролізованого азоту в ґрунтах досліджуваних полів проявляла характерну параболічну тенденцію з поступовим зростанням показників від початкових 54–60 мг/кг у 2009 році до максимальних значень 87–119 мг/кг – у 2019 році та подальшим зниженням до 81–108 мг/кг у 2024 році. Найбільш виражена динаміка спостерігалася на полі 4 з максимальним приростом до 119 мг/кг і найвищими кінцевими показниками, тоді як поле 1 характеризується найменшою амплітудою коливань. Синхронність змін на всіх полях свідчить про вплив загальних факторів на азотний режим ґрунтів, проте значна диференціація абсолютних показників підкреслює роль локальних умов і необхідність індивідуального підходу до управління азотним живленням на кожній ділянці, залежно від конкретних ґрунтових умов.

Динаміка вмісту рухомого фосфору в ґрунтах досліджуваних полів Ярунської територіальної громади характеризувалася значною нестабільністю та контрастними тенденціями між окремими ділянками. Найрізкіші зміни спостерігаються на полі 3, де відбулося катастрофічне зниження показника з максимальних 205 мг/кг у 2014 році до 117 мг/кг у 2024 році, що свідчить про критичне порушення фосфорного балансу. В ґрунті поля 2 відзначено протилежну тенденцію з різким зростанням від 105 мг/кг у 2009 році до 178 мг/кг – у 2014 році з подальшою стабілізацією на рівні 131 мг/кг. В ґрунтах полів 1 і 4 виявлено більш помірні коливання забезпеченості фосфором з тенденцією до зростання в кінцевому періоді, досягнувши у 2024 році 209 та 191 мг/кг відповідно, що відповідає високому рівню.

Аналіз динаміки обмінного калію виявляє складну картину різноспрямованих змін з вираженою нестабільністю показників на всіх досліджуваних полях. Особливо контрастною є вміст на полі 4, яке демонструє екстремальні коливання від початкових 124 мг/кг у 2009 році до мінімального значення 70 мг/кг – у 2014 році з подальшим відновленням до 108 мг/кг у 2019 році та зниженням до 78 мг/кг – у 2024 році. В ґрунтах поля 1 спостерігали протилежну динаміку з мінімальним стартовим показником 61 мг/кг та максимальним зростанням до 108 мг/кг у 2014 році, завершуючи період на рівні 96 мг/кг. Поля 2 та 3 характеризуються відносно стабільним вмістом калію з помірними коливаннями в межах 68–114 мг/кг, що свідчить про більш збалансований його режим на цих ділянках.

Динаміка вмісту гумусу демонструвала найбільшу стабільність серед усіх досліджуваних показників, що відображає консервативний характер органічної речовини ґрунту. Поле 2 характеризується найвищими та найстабільнішими вмістом – в межах 2,77–2,86 %, що свідчить про сприятливі умови для збереження органічної речовини. У полі 3 отримали помірні значення гумусного режиму з незначними коливаннями в діапазоні 2,41–2,44 %, демонструючи стабільність. Найбільш позитивну динаміку вмісту гумусу встановлено в ґрунті поля 4 з поступовим зростанням від 1,51% у 2014 році до 2,02% у 2019 році, хоча з подальшим зниженням до 1,76% у 2024 році. Грунт поля 1 характеризувався найнижчими показниками гумусу – в межах 1,40–1,54 %, що вказує на необхідність термінових заходів щодо підвищення вмісту органічної речовини в ґрунті цієї ділянки.

Узагальненні значення результатів дослідження, що проведені на чотирьох полях Ярунської територіальної громади наведено у таблиці 2.

Встановлено, що середній вміст азоту становив у межах від 74,0 до 91,0 мг/кг, з найбільшим значенням на полі № 4, що свідчить про високий рівень доступного азоту, необхідного для росту рослин. Рухомий фосфор у всіх полях має близькі

значення, в середньому 153,2 мг/кг, що вказує на достатній рівень цього важливого макроелементу для живлення сільськогосподарських культур.

Таблиця 2

Середні багаторічні показники за період 2009–2024 рр.

№ поля	Показник			
	N_2, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	гумус, %
1	74,0	153,8	82,8	1,47
2	85,0	136,8	81,0	2,81
3	76,5	162,0	90,0	2,43
4	91,0	160,0	95,0	1,72
Середнє	81,6	153,2	87,2	2,1

За вмістом обмінного калію встановлено помірну варіабельність: від 81,0 до 95,0 мг/кг, із середнім значенням 87,2 мг/кг. Цей показник відображає збалансованість калійного живлення на полях, однак поля із нижчими показниками можуть потребувати додаткового калійного підживлення. Щодо гумусу, то його вміст варіюється від 1,47 % до 2,81 %, що свідчить про різний рівень органічної речовини, яка безпосередньо впливає на структуру та родючість ґрунту. Загальний середній вміст гумусу у 2,1 % характеризує ґрунти як помірно багаті органікою.

Отже, динаміка агрохімічних показників демонструє достатній та стабільний рівень поживних речовин у ґрунтах Ярунської громади за досліджуваний період, що підтверджує ефективність агротехнічних заходів і сприяє стабільній родючості та продуктивності земельних ресурсів. Водночас, окремі поля потребують індивідуального підходу для оптимізації живлення з огляду на варіабельність окремих показників.

Висновки. Результати 15-річного моніторингу (2009–2024 рр.) ґрунтів Ярунської сільської територіальної громади Житомирської області свідчать про неоднорідну позитивну динаміку основних показників родючості ґрунтів.

За умов інтенсивного сільськогосподарського виробництва можна забезпечити покращення окремих показників родючості (особливо азотного режиму) та стабілізації інших (включаючи вміст гумусу) за умови впровадження регулярного моніторингу агрохімічного стану ґрунтів з певною періодичністю для своєчасного виявлення негативних тенденцій та розробки індивідуальних програм і корекції системи удобрення та науково обґрунтованого підходу до управління для кожного поля.

Отримані результати доповнюють базу даних про динаміку родючості ґрунтів легкого механічного складу в умовах інтенсивного землеробства в характерних для Житомирської області умовах і можуть бути використані для розробки регіональних програм збереження та підвищення родючості ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Грищенко О. М., Запасний В. С., Ярмоленко Є. В., Шило Л. Г. Динаміка родючості ґрунтів Переяслав-Хмельницького району Київської області. *Агроекологічний журнал.* 2019. № *3*. С. 35–41. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183469.

2. Про охорону земель. Закон України № 962-IV. (2003). (Україна). URL: https://zakon.rada.gov.ua/ laws/show/962-15#Text.

3. Гловин Н.М., Павлів О.В. Еколого-агрохімічна оцінка придатності ґрунтів сільськогосподарського підприємства для вирощування органічної продукції. Вісник ПДАА. 2021. № 1. С. 203–209. DOI: https://doi. org/10.31210/visnyk2021.01.25.
4. Чому потрібен постійний моніторинг ґрунтів та їх родючості? URL: https://propozitsiya.com/ua/ chomu-potriben-postiynyy-monitoryng-gruntiv-ta-yih-rodyuchosti.
5. Рижук С. М., Лісовий М. В. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. М. Бенцаровського. К.: 2003. 64 с.
6. Писаренко В. М., Писаренко П. В. Органічні добрива на захисті родючості ґрунту : монографія. Полтава, 2022. 156 с.
7. Гунчак М. В., Паламарчук Р. П., Пасічняк В. І. Стан родючості ґрунтів перед гірської зони Чернівецької обл. *Агроекологічний журнал. 2025. № 3*. С. 100−108. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2025.333829.
8. Годинчук Н. В., Запасний В. С., Макарчук О. В., Серажим Л. М., Грицина І. М., Мазур С. О. Агроекологічний стан ґрунтів Київського Полісся. *Агроекологічний журнал.* 2024. № 4. С. 97−107. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293761
9. Ласло О. О., Нагорна С. В., Панченко К. С. Моніторинг ґрунтів: еколого-агрохімічна оцінка. *Аграрні інновації.* 2024 № 26. С. 53−57. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.7.
10. Зайцев Ю. О., Демчишин А. М., Гунчак М. В. Стан родючості ґрунтів Львівської обл. *Агроекологічний журнал.* 2023. № 1. С. 92−100. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2023.276733.
11. ДСТУ 7863:2015 Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда.
12. ДСТУ 4405:2005 Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА.
13. ДСТУ 4405:2005 Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА.
14. ДСТУ 7855:2015 Якість ґрунту. Визначення групового складу гумусу за методом Тюріна у модифікації Кононової та Бєльчикової.

Дата першого надходження рукопису до видання: 10.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 633.11»321»: 631.816: 577.112
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.12

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ БІЛКА В ЗЕРНІ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ВІД ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ЗА РІЗНИХ СТРОКІВ СІВБИ

Климишена Р.І. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orsid.org/0000-0002-4643-7895
Сікора А.Г. *– аспірант кафедри рослинництва, селекції та насінництва,*
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0002-4093-8955

Мета досліджень – встановити залежність вмісту білка в зерні сортів пшениці ярої від впливу застосованих норм мінеральних добрив за різних строків сівби. При проведенні досліджень використано наукові методи: лабораторний, аналітичний, конкретизації, узагальнення, математичний. Дослідження виконані впродовж 2023-2025 рр. в Закладі вищої освіти «Подільський державний університет» в умовах Західного Лісостепу України. Варіанти досліду: фактор А – норми внесення мінеральних добрив: $N_0P_0K_0$ (контроль – без удобрення), $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$; $N_{90}P_{90}K_{90}$; фактор В – строки сівби: перший (в кінці першої – на початку другої декади березня); другий (в кінці другої – на початку третьої декади березня); третій (по завершенню третьої декади березня). Представлені результати досліджень впливу норм мінеральних добрив – $N_0P_0K_0$, $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$; $N_{90}P_{90}K_{90}$ за різних строків сівби на якість зерна за показником вмісту білка у сортів пшениці ярої Сімкода Миронівська та Елегія Миронівська. В результаті досліджень встановлено істотний вплив мінеральних добрив на вміст білка в зерні пшениці ярої. Так, при внесенні норм мінеральних добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ показники становили у сорту Елегія Миронівська – 13,1; 14,1; 14,5%, а у сорту Сімкода Миронівська – 13,6; 14,5; 15,1%, відповідно. Встановлено також залежність вмісту білка в зерні пшениці ярої відповідно до умов вирощування за різних строків сівби. За першого, другого та третього строків у сорту Елегія Миронівська значення показників становили 12,9; 13,4; 13,8%, а для сорту Сімкода Миронівська – 13,3; 13,9; 14,3%, відповідно. Частка впливу фактора умов вегетації за різних строків сівби у сорту Елегія Миронівська становила 11,3%, для норм мінеральних добрив – 87,8%. У сорту Сімкода Миронівська, відповідно, – 13,2% та 86,2%. Перспективи подальших наукових досліджень полягають в обґрунтуванні та удосконаленні адаптивних агротехнологій вирощування пшениці ярої з урахуванням регіональних змін клімату.

Ключові слова: *пшениця яра, якість зерна, вміст білка, сорти, норми мінеральних добрив, строки сівби.*

Klymyshena R.I., Sikora A.H. Dependence of protein content in spring wheat grain on the effect of mineral fertilizer rates under different sowing dates

The aim of the research was to determine the dependence of protein content in the grain of spring wheat varieties on the application of mineral fertilizers under different sowing dates. The following scientific methods were used in the study: laboratory, analytical, specification, generalization, and mathematical methods. The research was conducted during 2023–2025 at the Higher Education Institution Podillia State University under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The experimental design included: factor A – rates of mineral fertilizer application: $N_0P_0K_0$ (control, without fertilization), $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$;

© Климишена Р.І., Сікора А.Г., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

factor B – sowing dates: first (late first – early second ten-day period of March), second (late second – early third ten-day period of March), third (after completion of the third ten-day period of March). The paper presents the results of studies on the effect of mineral fertilizer rates ($N_0P_0K_0$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$) under different sowing dates on grain quality in terms of protein content in the spring wheat varieties Simkoda Myronivska and Elehiia Myronivska. The results confirmed a significant effect of mineral fertilizer rates on protein content in spring wheat grain. When applying fertilizer rates $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, and $N_{90}P_{90}K_{90}$, protein content in the variety Elehiia Myronivska was 13.1, 14.1, and 14.5%, respectively, while in the variety Simkoda Myronivska it reached 13.6, 14.5, and 15.1%, respectively. A dependence of protein content in spring wheat grain on growing conditions under different sowing dates was also established. For the first, second, and third sowing dates, protein content in the variety Elehiia Myronivska was 12.9, 13.4, and 13.8%, respectively, while for Simkoda Myronivska it was 13.3, 13.9, and 14.3%, respectively. The share of the effect of vegetation conditions under different sowing dates in the variety Elehiia Myronivska was 11.3%, while that of mineral fertilizer rates was 87.8%. For the variety Simkoda Myronivska, these values were 13.2% and 86.2%, respectively. Prospects for further research are related to the justification and improvement of adaptive agrotechnologies for spring wheat cultivation, taking into account climate change.

Key words: *spring wheat, grain quality, protein content, varieties, mineral fertilizer rates, sowing dates.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах інтенсифікації землеробства та зростання вимог до якості зерна пшениці ярої особливого значення набуває формування високого вмісту білка, як одного з ключових показників її продовольчої цінності. Вміст білка в зерні значною мірою залежить від багатьох чинників, серед яких провідну роль відіграють норми мінеральних добрив та абіотичні умови за різних строків сівби [1]. Водночас наявні літературні дані свідчать про неоднозначність впливу мінерального живлення на накопичення білка за змінних погодних умов та строків сівби [2, 3]. Особливо недостатньо вивченим залишається поєднаний вплив норм мінеральних добрив і строків сівби на якісні показники зерна пшениці ярої в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. У зв'язку з цим виникає потреба у науково обґрунтованому визначенні оптимальних параметрів мінерального живлення та строків сівби, які забезпечують підвищення вмісту білка в зерні пшениці ярої без зниження її продуктивності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Якість зерна пшениці, зокрема вміст білка, визначається взаємодією генетичного потенціалу сорту, агротехнічних прийомів та умов вирощування. Білок у зерні є одним із основних показників продовольчої цінності пшениці, а його концентрація істотно залежить від забезпечення рослин азотом та іншими елементами живлення протягом вегетації. Для досягнення бажаної білковості (зокрема >13% для хлібопекарської якості) часто необхідне внесення збалансованих норм мінеральних добрив, особливо азотних, в оптимальні фази розвитку рослин. Азот підсилює синтез білкових сполук, тоді як елементи, такі як сірка, є структурними компонентами амінокислот, що впливають на якість білка.

Доведено, що мінеральне живлення істотно впливає на якісні показники зерна пшениці, зокрема на вміст білка, хоча таких публікацій саме про яру пшеницю небагато. Аналіз літературних джерел вказує на те, що оптимальні норми добрив підвищують продуктивність і якість зерна, що опосередковано включає вміст білка як один із ключових якісних показників, оскільки білок тісно пов'язаний із загальною якістю зерна. Такі висновки містяться у роботі О.В. Бараболі та С.С. Мироненка, де оцінювали вплив мінерального живлення на врожайність та якість зерна ярої пшениці [3]. Зазначено про важливість мінеральних добрив в покращенні якісних показників зерна та фізіологічного стану рослин.

Ю.Д. Марцінишин та С.В. Пида також описують загальні аспекти білкового складу зерна під впливом добрив. У статті про біохімічний склад зерна м'якої пшениці під впливом добрив розглядається зміна показників білка за різних фонів живлення [4].

Крім того, проведені дослідження в яких вивчалися системи удобрення та агрокліматичні умови, свідчать про адаптовані норми мінеральних добрив, що впливають на якість зерна, зокрема й вміст білка, у складних агроекологічних умовах Лісостепу України [5].

Загалом в наукових працях підкреслюється, що мінеральне живлення є важливою складовою агротехнології для забезпечення високої якості зерна, у тому числі й підвищення вмісту білка, хоча потреба у спеціалізованих дослідженнях, орієнтованих саме на взаємодію норм мінеральних добрив і вмісту білка в ярої пшениці, залишається актуальною.

Дослідження також показують, що підживлення азотними добривами у критичні фази росту (наприклад, кущіння та колосіння) сприяє підвищенню накопичення білку в зерні пшениці.

Умови середовища за різних строків сівби є важливим чинником, що регулює тривалість вегетаційного періоду, температурні умови під час наповнення зерна, і, як наслідок, впливають на якість продукції. Ряд досліджень показує, що зміна строків сівби спричиняє неоднозначні ефекти на вміст білка.

Так, за даними низки польових дослідів, пізні строки сівби призводять до підвищення білка в зерні за рахунок стислого періоду наливу зерна та впливу високих температур, що впливало на співвідношення білкових фракцій [6, 7].

Інші дослідження показують, що вміст білка може бути найвищим за пізніх строків сівби, або ж, навпаки, за ранніх строків, залежно від конкретного генотипу, кліматичних умов та взаємодії з добривами. Наприклад, експерименти з ярою пшеницею демонструють, що певні строки сівби сприяли підвищенню білка порівняно з іншими, хоча конкретні результати варіювали між сортами та умовами [8].

Комбінований вплив мінеральних добрив за різних строків сівби на якість зерна пшениці досить складний і часто суперечливий. За умов різних строків сівби температурний та водний режими можуть характеризуватися пролонгованим впливом під час формування урожаю, при забезпеченні мінеральним живленням, насамперед азотом, може відбуватися вплив на білковість зерна. Дослідження показують, що в поєднанні з оптимальним процесом живлення умови за різних строків сівби можуть відігравати значну роль на якість вирощеної продукції [9].

Постановка завдання. *Мета досліджень* – встановити залежність вмісту білка в зерні сортів пшениці ярої від впливу застосованих норм мінеральних добрив за різних строків сівби.

Дослідження виконані впродовж 2023-2025 рр. в Закладі вищої освіти «Подільський державний університет» в умовах Західного Лісостепу України.

Схема досліду: фактор А – норми внесення мінеральних добрив: $N_0P_0K_0$ (контроль – без удобрення), $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$; $N_{90}P_{90}K_{90}$; фактор В – строки сівби: перший (в кінці першої – на початку другої декади березня); другий (в кінці другої – на початку третьої декади березня); третій (по завершенню третьої декади березня). Норма висіву насіння – 400 шт./м^2. Ґрунти дослідних ділянок – чорноземи опідзолені. Об'єкт досліджень – сорти пшениці ярої Сімкода Миронівська та Елегія Миронівська.

Аналіз якісних характеристик зерна ярої пшениці проводився в лабораторних умовах відповідно до вимог ДСТУ 3768-2019 «Пшениця. Технічні умови» [10]. Для математичного аналізу отриманих результатів досліджень використаний дисперсійний аналіз на основі багаторангового статистичного критерію Дункана [11].

Результати досліджень. Вміст білка в зерні пшениці ярої залежить, як від технологічних факторів, так і від факторів вегетації. В проведених дослідженнях встановлено, що параметри показника збільшувалися при внесенні мінеральних добрив порівняно до контрольного варіанта (табл. 1). Вміст білка в зерні пшениці ярої на варіанті внесення добрив в нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ за першого, другого та третього строків сівби становив в середньому для сорту Елегія Миронівська – 12,6; 13,1; 13,6% та для сорту Сімкода Миронівська – 13,0; 13,7; 14,2%, відповідно. Порівняно до контролю значення показника було більшим у зазначених вище сортів на 1,5; 1,3; 1,2% та 1,5; 1,5; 1,4%, відповідно. Внесення мінеральних добрив в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечувало подальше підвищення вмісту білка в зерні сортів пшениці ярої. Порівняно до варіанта добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшення параметрів показника становило для сорту Елегія Миронівська – 1,1; 1,0; 0,9% та для сорту Сімкода Миронівська – 1,0; 0,9; 0,8% відповідно до порядку вище зазначених строків сівби. Наступне внесення добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ порівняно до норми добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ також призводило до суттєвого підвищення вмісту білка в зерні сортів пшениці ярої. Різниця даних вмісту білка в зерні між цими варіантами удобрення за першого, другого та третього строків сівби була істотною і становила 0,5; 0,4; 0,3% та 0,7; 0,5; 0,4% відповідно для сортів Елегія Миронівська та Сімкода Миронівська.

Таблиця 1

Залежність вмісту білка в зерні пшениці ярої від впливу норм мінеральних добрив за різних строків сівби, % (середнє за 2023-2025 рр.)

Норма добрив, кг/га д.р.	сорт Елегія Миронівська			сорт Сімкода Миронівська		
	строк сівби					
	перший	другий	третій	перший	другий	третій
$N_0P_0K_0$	11,1	11,8	12,4	11,5	12,2	12,8
$N_{30}P_{30}K_{30}$	12,6	13,1	13,6	13,0	13,7	14,2
$N_{60}P_{60}K_{60}$	13,7	14,1	14,5	14,0	14,6	15,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	14,2	14,5	14,8	14,7	15,1	15,4

На основі результатів дисперсійного аналізу за критерієм Дункана встановлено, що в середньому за роки досліджень найнижчий вміст білка в зерні пшениці ярої отримано у варіанті без внесення добрив. Так, у сорту Елегія Миронівська цей показник становив 11,8%, а у сорту Сімкода Миронівська – 12,2% (табл. 2). Застосування мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ сприяло істотному підвищенню вмісту білка до 13,1% та 13,6%, відповідно до вище зазначених сортів. Подальше зростання досліджуваного показника спостерігалося за внесення норми $N_{60}P_{60}K_{60}$, де вміст білка у зерні сорту Елегія Миронівська сягав 14,1%, а сорту Сімкода Миронівська – 14,5%. Найвищі значення вмісту білка в зерні отримано при застосуванні мінеральних добрив в нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$: 14,5% – у сорту Елегія Миронівська та 15,1% – у сорту Сімкода Миронівська.

Водночас суттєвий вплив на формування якісних показників зерна мають і умови вегетації рослин. Зокрема, правильний вибір строків сівби є одним із

ключових чинників, який впливає на процес отримання високоякісної продукції сільськогосподарських культур.

Таблиця 2

Вміст білка в зерні пшениці ярої залежно від впливу норм мінеральних добрив, % (середнє за 2023-2025 рр.)

№	Норма добрив	сорт Елегія Миронівська	сорт Сімкода Миронівська	Гомогенні групи			
				1	2	3	4
1	$N_0P_0K_0$	11,8	12,2	****			
2	$N_{30}P_{30}K_{30}$	13,1	13,6		****		
3	$N_{60}P_{60}K_{60}$	14,1	14,5			****	
4	$N_{90}P_{90}K_{90}$	14,5	15,1				****

В середньому за результатами використання тесту Дункана встановлено чітку залежність вмісту білка в зерні пшениці ярої від впливу умов за різних строків сівби (табл. 3). Зокрема, найнижчі значення показника отримано за першого строку сівби: у сорту Елегія Миронівська вони становили 12,9%, а у сорту Сімкода Миронівська – 13,3%. Проведення сівби у другий строк призводило до істотного покращення якості за показником вмісту білка у вище зазначених сортів на 0,5% та 0,6% порівняно з першим строком. Максимальні значення вмісту білка в зерні отримано за третього строку сівби: у сорту Елегія Миронівська – 13,8% та у сорту Сімкода Миронівська – 14,3%.

Таблиця 3

Вміст білка в зерні пшениці ярої за різних строків сівби, % (середнє за 2023-2025 рр.)

№	Строк сівби	сорт Елегія Миронівська	сорт Сімкода Миронівська	Гомогенні групи		
				1	2	3
1	Перший	12,9	13,3	****		
2	Другий	13,4	13,9		****	
3	Третій	13,8	14,3			****

Отже, вміст білка в зерні пшениці ярої накопичується під впливом як технологічних, так і абіотичних фаторів, проте ступінь їх дії є різним. Так, у сорту Елегія Миронівська частка впливу умов за різних строків сівби становила 11,3%, а норм мінеральних добрив – 87,8%, тоді як у сорту Сімкода Миронівська – 13,2% та 86,2%, відповідно.

Висновки. В результаті досліджень встановлено істотний вплив мінеральних добрив на вміст білка в зерні пшениці ярої. Так, при внесенні норм мінеральних добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ показники становили у сорту Елегія Миронівська – 13,1; 14,1; 14,5%, а у сорту Сімкода Миронівська – 13,6; 14,5; 15,1%, відповідно.

Встановлено також залежність вмісту білка в зерні пшениці ярої відповідно до умов вирощування за різних строків сівби. За першого, другого та третього строків у сорту Елегія Миронівська значення показників становили 12,9; 13,4; 13,8%, а для сорту Сімкода Миронівська – 13,3; 13,9; 14,3%, відповідно.

Частка впливу фактора умов вегетації за різних строків сівби у сорту Елегія Миронівська становила 11,3%, для норм мінеральних добрив – 87,8%. У сорту Сімкода Миронівська, відповідно, – 13,2% та 86,2%.

Перспективи подальших наукових досліджень полягають в обґрунтуванні та удосконаленні адаптивних агротехнологій вирощування пшениці ярої з урахуванням регіональних змін клімату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гораш О.С., Климишена Р.І. Вплив позакореневого підживлення рослин пивоварного ячменю на вміст білка в зерні. *Вісник аграрної науки.* 2020. Т. 98(4). С. 28-34. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-04

2. Білоножко В.Я., Блащук М.І., Полторецький С.П., Яценко А.О. Вплив агрозаходів на підвищення продуктивності пшениці ярої. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2017. № 2. С. 33-36.

3. Бараболя О.В., Мироненко С.С. Вплив добрив на врожайність та якість зерна пшениці ярої. *Міжнародна науково-практична конференція «Захист рослин і карантин рослин: історія та сьогодення» 24-25 листопада 2020 р.* С. 92-94.

4. Марцінишин Ю.Д., Пида С.В. Біохімічний склад зерна пшениці м'якої (Triticum Aestivum L.) за впливу добрив. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія.* 2021. Т. 81, № 1–2. С. 90-98. https://doi.org/10.25128/2078-2357.21.1-2.12

5. Бараболя О.В., Латиш А.А. Вплив агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations.* 2025. Vol. 28, Issue 1. С. 81–87. https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.14

6. Bagherikia S., Soughi H., Khodarahmi M., Naghipour F. The Effect of Sowing Dates on Grain Yield and Quality in Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Food Science & Nutrition.* 2025. Volume 13, Issue 5. e70035. https://doi.org/10.1002/fsn3.70035.

7. Singh S., Gupta A.K., Kaur N. Influence of drought and sowing time on protein composition, antinutrients, and mineral contents of wheat. *The Scientific World Journal.* 2012. Volume 2012. 485751. https://doi.org/10.1100/2012/485751.

8. Ahmed M., Fayyaz-ul-Hassan. Response of spring wheat (Triticum aestivum L.) quality traits and yield to sowing date. *PLoS One.* 2015. Volume 10, Issue 4. e0126097. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126097.

9. Jarecki W. Response of Winter Wheat to Delayed Sowing and Varied Nitrogen Fertilization. *Agriculture*. 2024. Volume 14, Issue 1. P. 121. https://doi.org/10.3390/agriculture14010121

10. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Чинний від 2019-06-10. Київ, 2019. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_3768_2019.pdf.

11. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: Українська академія аграрних наук, 2007. 55 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 634.8:578.832.1:581.143.6:57.085.2
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.13

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОЗДОРОВЛЕННЯ ВИНОГРАДУ В КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

Зеленянська Н.М. *– д.с.-г.н.,*
старший науковий співробітник, заступник директора з науково-інноваційної діяльності,
Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-9303-8686
Рябий М.І. *– аспірант,*
Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0003-6608-135X

У статті досліджено ефективність поєднання методів хіміотерапії та культивування апікальних меристем для оздоровлення винограду технічного сорту «Одеський чорний» від вірусу скручування листя GLRaV-3 у культурі in vitro. У результаті проведення візуальної селекції виноградних насаджень були виявлені кущі з візуальними ознаками хвороби скручування листя. Методом імуноферментного аналізу (ІФА) підтверджено наявність GLRaV-3. Інфікований матеріал було введено в культуру in vitro на модифіковане поживне середовище MS. Для проведення хіміотерапії застосовували віруцидні препарати Рибавірин та Озельтамівір у різних концентраціях, їх вносили до поживного середовища протягом трьох пасажів (по 30 днів кожен). Після завершення хіміотерапії частину рослин переносили на свіжі поживні середовища для мікророзмноження та укорінення, а з частини – виділяли апікальні меристеми (0,5-0,7 мм) і переносили на поживне середовище MS 2 для подальшого культивування. Отримані результати показали, що життєздатність експлантів залежала від типу та концентрації віруцидних препаратів. Рибавірин у високих концентраціях проявляв фітотоксичність, уповільнював ріст пагонів та розвиток кореневої системи, Озельтамівір у концентраціях 30–40 мг/л мав мінімальний фітотоксичний вплив. Комбіноване застосування обох препаратів забезпечувало високу життєздатність ініціальних експлантів, стимулювало проліферацію бруньок та формування мікроклонів із оптимальними біометричними показниками. Використання апікальних меристем у поєднанні з хіміотерапією підвищувало ефективність елімінації вірусу: Рибавірин забезпечував 42,0–45,0 % санації, Озельтамівір – 88,0–95,0 %, а комбіноване застосування обох препаратів дозволяло досягнути практично повної елімінації вірусу – 98,0–100 %. Отже, поєднання хіміотерапії з культивуванням апікальних меристем є перспективним біотехнологічним прийомом отримання вільного від вірусу GLRaV-3 садивного матеріалу винограду та запобігання поширенню вірусних інфекцій на виноградних насадженнях.

Ключові слова: *садивний матеріал винограду, оздоровлення, ініціальні експланти, мікроклони, GLRaV-3, життєздатність, регенераційний потенціал, хіміотерапія, Рибавірин, Озельтамівір, апікальні меристеми.*

Zelenianska N.M., Riabyi M.I. Practical Aspects of Grapevine Sanitation in In Vitro Culture

The article investigates the effectiveness of combining chemotherapy and apical meristem culture for the sanitation of grapevine plants of the technical cultivar Odeskyi Chornyi from Grapevine leafroll-associated virus 3 (GLRaV-3) under in vitro conditions. As a result of visual

© Зеленянська Н.М., Рябий М.І., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

selection of vineyard plantings, grapevine bushes exhibiting visible symptoms of leafroll disease were identified. The presence of GLRaV-3 was confirmed by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Infected plant material was introduced into in vitro culture on a modified MS nutrient medium. For chemotherapy, the virucidal agents ribavirin and oseltamivir were applied at different concentrations and incorporated into the nutrient medium over three successive passages (30 days each). After completion of chemotherapy, part of the plants was transferred to fresh nutrient media for micropropagation and rooting, while from another part apical meristems (0.5–0.7 mm) were excised and transferred to MS 2 medium for further cultivation. The results obtained demonstrated that the viability of explants depended on the type and concentration of the virucidal agents used. Ribavirin at high concentrations exhibited phytotoxic effects, slowed shoot growth, and inhibited root system development, whereas oseltamivir at concentrations of 30–40 mg/L had minimal phytotoxic impact. The combined application of both agents ensured high viability of initial explants, stimulated bud proliferation, and promoted the formation of microclones with optimal biometric parameters. The use of apical meristem culture in combination with chemotherapy significantly increased the efficiency of virus elimination: ribavirin provided 42.0–45.0% sanitation, oseltamivir 88.0–95.0%, while the combined use of both agents allowed for almost complete virus elimination, reaching 98.0–100%. Thus, the integration of chemotherapy with apical meristem culture represents a promising biotechnological approach for obtaining GLRaV-3-free grapevine planting material and for preventing the spread of viral infections in vineyards.

Key words: *grapevine planting material, sanitation, initial explants, microclones, GLRaV-3, viability, regenerative potential, chemotherapy, ribavirin, oseltamivir, apical meristems.*

Постановка проблеми. Виноград є сільськогосподарською культурою, яка має важливе економічне значення у світовому масштабі. Сфера виноградарства належить до найбільш динамічних і швидкозростаючих сегментів аграрного ринку впродовж останніх років. У зв'язку з цим своєчасний моніторинг чинників, здатних негативно впливати на ріст і розвиток рослин та якість продукції, зокрема контроль збудників вірусних хвороб винограду, є необхідною умовою стабільного і ефективного виробництва [1, с. 1-2]. Вірусні хвороби знижують врожайність, пригнічують ріст та скорочують тривалість життя виноградних кущів. Вони також погіршують технологічні властивості ягід – уповільнюють дозрівання, зменшують вміст цукру та барвних речовин, підвищують кислотність вина [2, с. 184-185; 3, с. 262-263; 4, с. 1026-1028; 1, с. 6-7].

Відомо близько 70 вірусів, 8 віроїдів і 4 сателітні РНК, що інфікують виноград. До основних захворювань, що мають економічне значення відносять – коротковузля виноградної лози, хворобу скручування листя винограду, мармуровість листя винограду та борознистість деревини виноградної лози. Більшість вірусів мають РНК-геном [5, с. 2-4; 6, с. 806-807]. Прояв хвороби залежить від сорту, підщепи, штаму вірусу, агротехнічних умов, факторів навколишнього середовища та асоціацій з іншими патогенами [7, с. 280-282]. Поширення на великі відстані відбувається через вегетативне розмноження, локальна передача – комахами, кліщами або нематодами [8, с. 3-7].

Хвороба скручування листя виноградної лози (*GLRaV*) є однією з найбільш економічно шкідливих і поширених вірусних інфекцій винограду у світі, здатною спричиняти втрату врожаю до 40 %. До скручування листя винограду асоційовані кілька вірусів родини *Closteroviridae* (роди *Ampelovirus*, *Closterovirus* та *Velarivirus*), які можуть інфікувати рослину окремо або формувати вірусні комплекси. Серед них *GLRaV-3* є найпоширенішим та найбільш розповсюдженим агентом. Перші симптоми у дорослих рослин зазвичай проявляються на зрілих листках, починаючи від основи пагонів і поступово поширюючись на молоді листки. Це особливо помітно наприкінці періоду вегетації. У *Vitis vinifera* проявляються чіткі симптоми, у *Vitis labrusca*, гібридів та підщеп ці симптоми найчастіше не

проявляються. Типові симптоми включають почервоніння листя у сортів з червоними ягодами та пожовтіння – у сортів з білими ягодами, шкірясту структуру листкової пластинки, збереження зеленого кольору жилок та закручування країв листків донизу (*GLRaV-1,3*) [5, с. 5-7; 9, с. 3-4; 10].

Оскільки поширення цієї хвороби по всьому світу є результатом транспортування інфікованого вірусом рослинного матеріалу на регіональному, національному, континентальному та міжконтинентальному рівнях [11, с. 105-108; 12, с. 330-333; 13, с. 20-23], то за даними багатьох дослідників, її поширення на виноградниках можна ефективно контролювати шляхом виробництва та використання під час закладання насаджень сертифікованого садивного матеріалу, протестованого на наявність вірусів. Це суттєво знижує потенціал зараження, особливо в регіонах, де поширені переносники патогенів [8]. Створення виноградників у зонах, вільних від переносників (зокрема нематод), також сприяє зменшенню як локального, так і віддаленого поширення вірусів [5, с. 10-20].

До ефективних профілактичних заходів належать: видалення кущів із вираженими симптомами захворювання та сусідніх рослин, знищення залишкових коренів, застосування хімічного або біологічного контролю комах-переносників і нематод, а також використання толерантних або стійких до вірусів та переносників сортів винограду. Проте хімічний контроль нематод часто є малоефективним, екологічно небезпечним і потенційно шкідливим для людини. Створення резистентних сортів розглядається як перспективний напрям, однак на практиці воно обмежується переважно експериментальними генотипами або модельними рослинами, оскільки джерела генетичної стійкості виноградної лози до вірусів наразі відсутні.

Найефективніше підтримання необхідного санітарного статусу виноградної лози забезпечується завдяки біотехнологічним методам оздоровлення, серед яких найбільш поширеними є: термотерапія *in vivo* та *in vitro* [11, с. 105-108; 14, с. 63-65], хіміотерапія [15, с. 390-391; 16, с. 115-118; 17, с. 3; 18, с. 437], культура меристем і верхівок пагонів [19, с. 281-283], соматичний ембріогенез, електротерапія [16, с. 115] та кріотерапія. Основним обмеженням останніх трьох методів є низька ефективність та ризик індукції генетичних змін у клітинах рослини. Найвищу ефективність в отриманні безвірусних рослин винограду показало поєднання термо- або хіміотерапії з культурою меристеми чи верхівок пагонів, що забезпечує стабільне оздоровлення рослинного матеріалу.

Отже, сьогодні проблема поширення вірусних захворювань на виноградних насадженнях, зокрема хвороба скручування листя (*GLRaV*), яка спричиняє значні економічні втрати та погіршує якість виноробної продукції залишається актуальною. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом використання оздоровленого садивного матеріалу, отриманого за допомогою біотехнологічних методів, зокрема хіміотерапії *in vitro* у поєднанні з культурою меристем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Хіміотерапія рослин у культурі *in vitro* є біотехнологічним методом оздоровлення, що передбачає введення до поживного середовища хімічних сполук, переважно антивірусних або антимікробних препаратів, з метою пригнічення або елімінації фітопатогенів, насамперед вірусів, із рослинних експлантів за умови збереження їх життєздатності та регенераційної здатності.

Guojun Hu та ін. для елімінації *Grapevine leafroll-associated virus 3* (*GLRaV-3*) у рослин *Vitis champini* застосовували хіміотерапію *in vitro* з використанням Рибавірину (R) 15 і 25 мкг/мл, термотерапію (37 °C) та їх комбінацію (R15 + T і R25 + T). Встановлено, що Рибавірин незалежно від концентрації характеризувався

високою фітотоксичністю. Поєднання Рибавірину з термічним впливом знижувало прояви фітотоксичності та сприяло активізації ростових процесів ініціальних експлантів. Застосування тільки термотерапії також негативно впливало на рослини – рівень життєздатності у регенерованих Т-рослин дорівнював – 23,3 %. Водночас показники життєздатності після хіміотерапії (R15 і R25) та комбінованих обробок (R15 + T і R25 + T) дорівнювали відповідно 47,0 % (31/66) і 41,0 % (50/122). Ефективність елімінації *GLRaV-3* оцінювали за допомогою *RT-PCR* та *qPCR*. Показано, що комбінована обробка була найбільш результативною: за 20-денних комбінованих обробок (R15 + T і R25 + T) рівень елімінації перевищував 80 % [20].

Ionela Catalina Guta досліджувала ефективність термо- та хіміотерапії *in vitro* для оздоровлення експлантів *Vitis vinifera* сорту «Sangiovese», інфікованих *GLRaV-1* та *GLRaV-3*. Для хіміотерапії застосовували інгібітори інозинмонофосфатдегідрогенази (рибавірин, тіазофурин), інгібітори біосинтезу пуринів (6-тіогуанін) та інгібітори нейрамінідази (озельтамівір). Показано, що реакція експлантів на обробки залежала від типу вірусу: інгібітори IMPDH були більш ефективними проти *GLRaV-1*, тоді як інгібітори нейрамінідази та синтезу пуринів забезпечували вищий рівень санації проти *GLRaV-3*. Терапевтичний ефект Рибавірину щодо *GLRaV-3* був низьким (40,0 %), застосування Озельтамівіру забезпечувало значно вищий рівень елімінації (78,0 %). Подібні результати отримано й іншими авторами [21, 22]. Термічна обробка забезпечувала елімінацію *GLRaV-1* та *GLRaV-3* на рівні близько 55,0 % [16].

У подальших дослідженнях Ionela Catalina Guta оцінювала ефективність хіміота електротерапії для оздоровлення *Vitis vinifera* L. сорту «Ranâi Magaraci», інфікованого *GLRaV-1* та *GLRaV-3*. Рибавірин та Озельтамівір вводили до поживного середовища протягом трьох послідовних субкультур. Встановлено неефективність Рибавірину, який також індукував вітрифікацію та некроз рослин. Озельтамівір забезпечував високий рівень елімінації вірусу (66,6–71,4 %) у першій і другій субкультурах, однак у третій проявлявся фітотоксичний ефект. Електротерапія з подальшим культивуванням верхівок пагонів дозволяла отримати 33,3–66,6 % рослин без вірусів [23, с. 74-76; 1].

Окрім цього, Рибавірин і Озельтамівір ефективно застосовували для елімінації вірусу плямистості винограду (*GFkV*). Зокрема, Озельтамівір індукував інтенсивну проліферацію адвентивних бруньок без загибелі інокулятів за будь-якої концентрації. Комбіноване використання Рибавірину та Озельтамівіру для елімінації *GFkV* у генотипі «Tămâioasă românească» 322 забезпечувало активацію каулогенезу без втрат експлантів протягом трьох субкультур. Максимального ефекту елімінації досягали за концентрацій 20 мг/л Рибавірину та 40 мг/л Озельтамівіру після однієї субкультури [23; 16, с. 115-118].

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що для оздоровлення винограду від *GLRaV-3* шляхом хіміотерапії *in vitro* може застосовуватися широкий спектр віруцидних препаратів. Водночас ефективність багатьох із них обмежується високою фітотоксичністю, недоступністю в Україні або відсутністю стабільного елімінаційного ефекту. Ефективність і токсичність віруцидів значною мірою залежать від генотипу рослини-господаря, типу вірусу та фізіологічного стану експланту, що зумовлює необхідність індивідуального підбору препаратів і робочих концентрацій для кожного сорту винограду.

Альтернативним ефективним методом отримання рослин винограду, вільних від вірусних, мікоплазмових захворювань і бактеріального раку, є культура

апікальних меристем [24, с. 1748-1750]. Апікальна меристема, яка являє собою конус клітин заввишки 0,1–1,0 мм, що активно діляться, зазвичай вільна від патогенів. Проте наукових праць із цього напряму у виноградарстві небагато.

Mostafa F. M. A., Shaaban M. M., Doaa S. Elazab and Kamel M. T. використовували апікальні меристеми та вузлові живці як ініціальні експланти для введення у культуру *in vitro* різних сортів винограду. Найвищу приживлюваність експлантів (87,5–100 %) отримано на поживному середовищі MS із додаванням 6-БАП, кінетину та α-НОК протягом трьох пасажів, однак розміри апікальних меристем авторами не зазначені [25, с. 66-70].

Sabbadini S., Anca Butiuc-Keul та Ana Coste та ін. розробляли протоколи регенерації *in vitro* для низки сортів виноградної лози з використанням апікальних меристем, проте основною метою було отримання калюсних культур [26; 27, с. 62]. Отже, наукові дослідження щодо культивування апікальних меристем винограду *in vitro* залишаються обмеженими, а низка експериментальних аспектів і висновків – дискусійними. Переважна кількість робіт зосереджена на отриманні калюсних культур із широкою генетичною варіабельністю, що використовується переважно у селекційних програмах.

У зв'язку з цим у даному дослідженні оцінювали ефективність оздоровлення винограду технічного сорту «Одеський чорний» під впливом противірусних препаратів – Рибавірину та Озельтамівіру – з подальшим культивуванням апікальних меристем. Подібні дослідження в Україні не проводили, що зумовлює їх актуальність і своєчасність. Крім того, сорт «Одеський чорний» є цінним за господарсько-біологічними ознаками, а його клони потребують оздоровлення з метою подальшого збереження та використання у виробництві.

Мета дослідження – визначити ефективність поєднання методів хіміотерапії та апікальних меристем для елімінаціїї вірусу скручування листя винограду (*GLRaV-3*) в культурі *in vitro;* оцінити життєздатність і регенераційний потенціал оздоровленого матеріалу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Методика дослідження. Робота виконувалась у лабораторії культури винограду *in vitro* відділу розсадництва, розмноження та біотехнології винограду Національного наукового центру «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України протягом 2021–2025 рр. на технічному сорті винограду «Одеський чорний».

У польових умовах шляхом проведення візуальної селекції винограду були виявлені кущі з візуальними симптомами хвороби скручування листя винограду. З даних кущів було взято верхівки пагонів для введення у культуру тканин і органів *in vitro*, а також зразки для ідентифікації збудника хвороби скручування листя винограду шляхом лабораторного тестування. Ідентифікацію вірусу скручування листя винограду проводили методом імуноферментного аналізу (ІФА). Для цього використовували комерційні набори фірми *Agritest* (Італія) до вірусів скручування листя *GLRaV3* (*Grapevine Leaf Roll-Associated Virus 3*).

Ініціальні експланти, які використовували у роботі: одновічкові чубуки із бічною брунькою, верхівки пагонів (для введення в культуру *in vitro*), апікальні меристеми розміром 0,5–0,7 мм та сформовані мікроклони. Їх культивували на модифікованому поживному середовищі Мурасіге і Скуга (MS), що містило: для введення в культуру *in vitro* – 0,5 мг/л 6-БАП і 0,1 мг/л ІОК, для мікророзмноження, укорінення та адаптації – 0,2 мг/л 6-БАП і 0,3 мг/л ІОК, половинну кількість макросолей та хелату заліза для культивування апікальних меристем – MS 2, що містило збільшену кількість вітамінів, фітогормонів та гіберелової кислоти

[28, с. 57-58]. Фізичні параметри культивування: температура 24–25°С, 16-годинний фотоперіод, освітлення 2500–3000 лк., вологість повітря 60–70 %.

Роботу по ізоляції апікальних меристем проводили під мікроскопом МБС-9 при 16-кратному збільшенні за допомогою сегмента леза. Визначення лінійних розмірів ізольованої меристеми проводили за допомогою окуляр-мікрометра до МБС-9.

Для проведення хіміотерапії у поживне середовище, перед автоклавуванням додавали віруцидні препарати – Рибавірин та Озельтамівір. Концентрації препаратів встановлювали на основі оцінки фітотоксичності [29, с. 239]**.** Хіміотерапію проводили протягом трьох пасажувань по 30 днів кожне (загалом 90 днів). Після чого частину рослин переносили на свіжі MS для мікророзмноження, укорінення та адаптації, а частину використовували для виділення апікальних меристем з подальшим їх культивуванням.

Визначення коефіцієнту елімінації вірусу *GLRaV-3* проводили через 90 днів хіміотерапії та через 6 місяців після її завершення та через 90 днів культивування апікальних меристем.

Роботу проводили за наступною *схемою*:

Дослід 1. Елімінація GLRaV3 на основі проведення хіміотерапії

Варіант 1.1 – Рибавірин, 15 мг/л;
Варіант 1.2 – Рибавірин, 20 мг/л;
Варіант 1.3 – Рибавірин, 25 мг/л;
Варіант 1.4 – Озельтамівір, 30 мг/л;
Варіант 1.5 – Озельтамівір, 40 мг/л;
Варіант 1.6 – Озельтамівір, 80 мг/л;
Варіант 1.7 – Рибавірин, 20 мг/л + Озельтамівір, 30 мг/л;
Варіант 1.8 – Рибавірин, 20 мг/л + Озельтамівір, 40 мг/л;
Варіант 1.9 – Контроль (базове поживне середовище).

Дослід 2. *Елімінація GLRaV3 на основі методу апікальних меристем*

Варіант 2.1 – Рибавірин, 15 мг/л + апікальні меристеми;
Варіант 2.2 – Рибавірин, 20 мг/л + апікальні меристеми;
Варіант 2.3 – Рибавірин, 25 мг/л + апікальні меристеми;
Варіант 2.4 – Озельтамівір, 30 мг/л + апікальні меристеми;
Варіант 2.5 – Озельтамівір, 40 мг/л + апікальні меристеми;
Варіант 2.6 – Озельтамівір, 80 мг/л + апікальні меристеми;
Варіант 2.7 – Рибавірин, 20 мг/л + Озельтамівір, 30 мг/л + апікальні меристеми;
Варіант 2.8 – Рибавірин, 20 мг/л + Озельтамівір, 40 мг/л + апікальні меристеми;
Варіант 2.9 – Контроль (базове поживне середовище) + апікальні меристеми.

Кількість ініціальних експлантів для кожного варіанту досліджень дорівнювала 15 шт. Кожен експлант представляв одне повторення і оцінювався індивідуально.

У роботі використовували: мікробіологічні, молекулярно-біологічні та біотехнологічні методи досліджень. Визначали: кількість життєздатних мікропагонів (%), біометричні показники росту та розвитку вегетативної маси мікроклонів (кількість утворених пагонів, коренів (шт.), їх висоту та довжину (см), коефіцієнт елімінації (КЕ (%) = (N_2/N_1)*100, де N_1 – загальна кількість рослин, що проходили оздоровлення, шт.; N_2 – кількість оздоровлених рослин, шт.).

Результати дослідження та їх обговорення. *Елімінація GLRaV3 на основі проведення хіміотерапії.* Упродовж 2021–2025 рр. було проведено фітосанітарне обстеження виноградних насаджень південних районів Одеської області з метою виявлення вірусних інфекцій. У результаті обстежень на насадженнях

сорту «Одеський чорний» були виявлені кущі з характерними симптомами хвороби скручування листя винограду. Із цих рослин було відібрано зразки для лабораторного тестування, за результатами якого підтверджено наявність *GLRaV-3*. Вегетуючі пагони інфікованих кущів були використані для введення ініціальних експлантів у культуру *in vitro* з подальшим мікророзмноженням для отримання необхідної кількості мікроклонів для роботи.

Після отримання мікроклональних рослин, що за біометричними показниками відповідали повноцінним рослинам, їх живцювали на одновічкові чубуки (верхівкові сегменти) і висаджували на поживні середовища з віруцидними препаратами – Рибавірином та Озельтамівіром різних концентрацій (рис. 1).

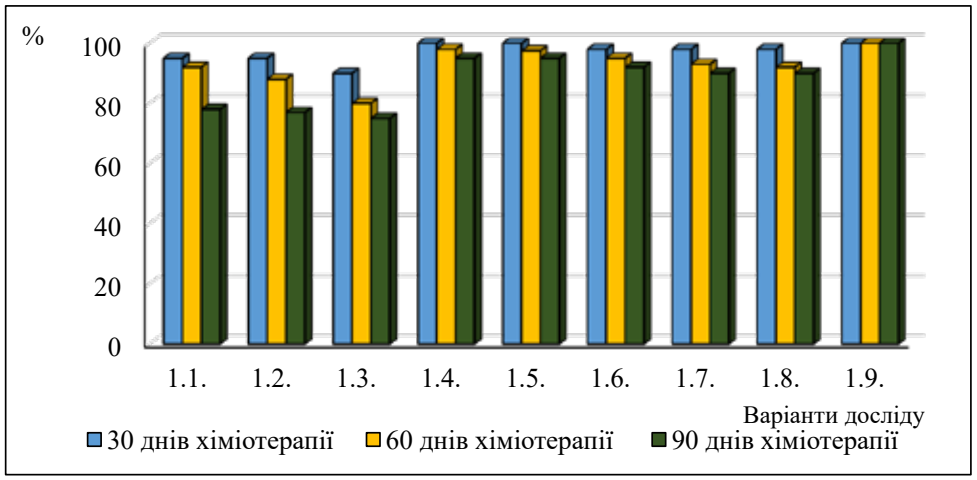


Рис. 1. Життєздатність ініціальних експлантів винограду у різні строки проведення хіміотерапії

Життєздатними вважали експланти, які характеризувалися зеленою листковою пластинкою і тканинами чубуків, наявністю живої пазушної бруньки, її проліферацією, ризогенезом. Отримані дані показують, що ефективність віруцидних препаратів залежала як від типу та концентрації препаратів, так і від тривалості проведення процесу. Після 30 днів хіміотерапії життєздатність мікроклонів у всіх варіантах залишалася високою (90,0–100 %). 100 % життєздатних ініціалей було після застосування Озельтамівіру 30 і 40 мг/л та у контролі (без впливу препаратів). У варіантах з Рибавірином (перший-третій) рівень життєздатності ініціалей дорівнював 90,0–95,0%. Це свідчить про те, що навіть короткотривалий вплив Рибавірину проявляє легкий стресовий ефект.

На 60-й день хіміотерапії різниця між варіантами досліду була більш вираженою. Найбільше життєздатних ініціалей (98,0–100%) було так само у варіантах з Озельтамівіром та контролі. У варіантах з Рибавірином рівень життєдіяльності ініціалей знижувася до 80,0–92,0%. У варіантах, де хіміотерапію проводили комплексно (Рибавірин+Озельтамівір) показники життєздатності були меншими (92,0–93,0%) проте стабільними. Це свідчить, що Озельтамівір у концентрації 30–40 мг/л проявляє незначну фітотоксичність навіть на 60 день хіміотерапії, порівняно з Рибавірином. Про істотне зниження швидкості розмноження та

високу фітотоксичність Рибавірину високих концентрацій вказано і в дослідженні *Panattoni A. та ін*. Одночасне використання Рибавірину та Озельтамівіру для елімінації *GFkV* дозволяло запустити процеси каулогенезу, і не було зареєстровано жодного відмирання експлантів після трьох послідовних субкультур. Це можна пояснити різним фітотоксичним ефектом віруцидів та різною стійкістю до них, регенеративним потенціалом досліджуваних генотипів винограду [18].

Через 90 днів хіміотерапії життєздатність ініціальних експлантів помітно знижувалася у всіх варіантах після застосування віруцидних препаратів. Проте, найбільше життєздатних ініціальних експлантів було у контрольних варіантах та варіантах із Озельтамівіром 95,0% (30, 40 мг/л) та 92,0% (80 мг/л). У варіантах із Рибавірином життєздатність ініціалей зменшувалась до 75,0-78,0%, на відміну від варіантів, де хіміотерапію проводили з застосуванням двох препаратів: Рибавірин, 20 мг/л + Озельтамівір, 30 мг/; Рибавірин, 20 мг/л + Озельтамівір, 40 мг/л. Життєздатність ініціальних експлантів була на рівні 90,0%. У контрольному варіанті кількість життєздатних експлантів дорівнювала 100%, що абсолютно логічно, оскільки ініціале не піддавали впливу віруцидних препаратів.

Отже, за критерієм життєздатності ініціальних експлантів винограду найбільш оптимальним для проведення хіміотерапії є препарат Озельтамівір у концентрації 30–40 мг/л, оскільки він проявляв меншу фітотоксичність. Проте, слід зазначити, що після комбінованого застосування обох препаратів у концентрації 20 та 40 мг/л показники життєздатності мікроживців винограду також були на високому рівні.

Незважаючи на тривале культивування мікроклонів винограду на поживних середовищах із віруцидними препаратами, які у різній мірі проявляли фітотоксичний ефект, рослин розвивалися і після завершення хіміотерапії характеризувалися достатніми біометричними показниками розвитку як вегетативної надземної маси, так і кореневої системи (рис. 2).

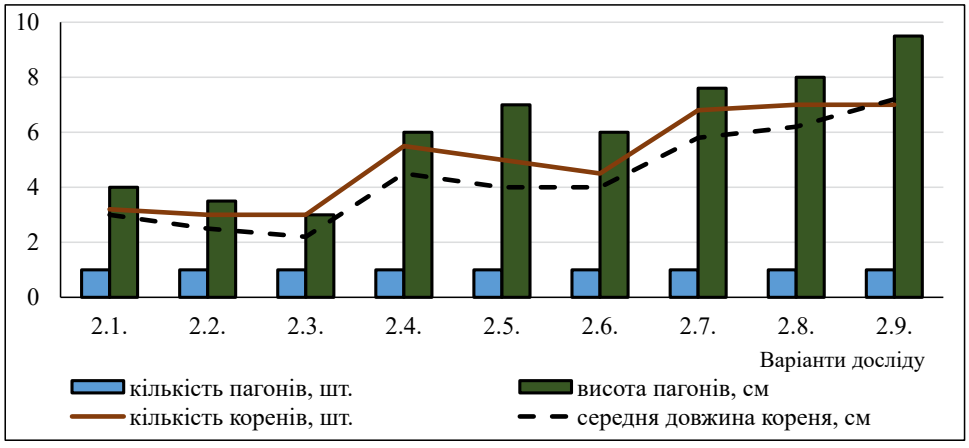


Рис. 2. Біометричні показники росту та розвитку мікроклонів винограду після проведення хіміотерапії (90 днів)

У всіх варіантах досліду мікроклони формували по одному пагону це дозволяє вважати, що препарати не пригнічували формування пагонів, а впливали здебільшого на їх ріст і розвиток. Висота пагонів змінювалась залежно від типу

та концентрації препарату. Найменшу висоту мали рослини після застосування Рибавірину у концентраціях 20–25 мг/л (другий, третій варіанти), особливо після тривалої хіміотерапії. Озельтамівір, навпаки, стимулював ріст пагонів у порівнянні з Рибавірином. Після застосування Озельтамівіру у концентраціях 30, 40 мг/л, у т.ч. у комбінації з Рибавірином висота пагонів рослин дорівнювала 6,0–8,0 см. Про позитивний вплив сумісного застосування препаратів Рибавірин (невисокі концентрації) та Озельтамівір на інтенсивність проліферації адвентивних бруньок і подальший їх розвиток вказують дослідження і інших авторів [29].

Аналіз показників ризогенезу показав тісний зв'язок між кількістю сформованих коренів та їх довжиною, що узгоджується із загальним рівнем життєздатності мікроклонів після хіміотерапії. Найменші значення обох показників встановлено у варіантах із Рибавірином: кількість коренів дорівнювала 3,0–3,2 шт., їх середня довжина – 2,2–2,5 см, що свідчить про ефект пригнічення препарату на розвиток кореневої системи. У рослин, які проходили хіміотерапію під впливом Озельтамівіру та його комбінації з Рибавірином кількість коренів збільшувалась до 4,5–6,0 шт., а середня довжина коренів – до 4,0–6,2 см. Ці значення є наближеними до контрольних показників.

Елімінація GLRaV3 на основі методу апікальних меристем. Після хіміотерапії у рослин (за всіма варіантами досліду) виділяли апікальні меристеми і переносили їх на поживне середовище MS 2. Через 90 діб культивування визначали ступінь їх регенерації та проводили обліки розвитку (табл. 1).

Таблиця 1

Регенераційна здатність та розвиток апікальних меристем винограду сорту «Одеський чорний» після проведення хіміотерапії

Варіанти досліду	Рівень регенерації ініціальних експлантів, %	Кількість пагонів, шт.	Висота основного пагону, мм
2.1	32,0	1,0±0,04	5,0±0,20
2.2	31,0	1,0±0,05	4,5±0,21
2.3	30,0	1,0±0,07	4,0±0,28
2.4	56,0	1,4±0,05	5,8±0,30
2.5	58,0	1,8±0,07	6,1±0,40
2.6	52,0	2,0±0,07	5,5±0,31
2.7	55,0	1,1±0,04	6,0±0,35
2.8	61,0	1,0±0,04	6,5±0,29
2.9	72,0	1,3±0,06	5,0±0,31

Наведені в таблиці дані свідчать про суттєвий вплив віруцидних препаратів, їх концентрацій у поєднанні з методом апікальних меристем на регенераційну здатність і морфогенез ініціальних експлантів. У варіантах 2.1–2.3 (Рибавірин 15–25 мг/л + апікальні меристеми) рівень регенерації ініціальних експлантів залишався відносно низьким і знаходився на рівні 30,0–32,0 %, кількість пагонів не перевищувала одного, а їх висота зменшувалася зі збільшенням концентрації препарату з 5,0 до 4,0 мм. Це вказує на фітотоксичний вплив Рибавірину на ростові процеси апікальних меристем.

Застосування Озельтамівіру (варіанти 2.4–2.6) супроводжувалося збільшенням показників регенерації апікальних меристем до 52,0–58,0% (порівняно з Рибавірином), кількості пагонів до 1,4–2,0 шт., висоти основного пагону до 5,5–6,1 мм.

Комбіноване застосування Рибавірину та Озельтамівіру (варіанти 2.7–2.8) забезпечувало відносно високий рівень регенерації (55,0–61,0%), кількість пагонів зменшувалась до 1,0-1,1 шт., висота основного пагону, навпаки, була максимальною у досліді (6,0–6,5 мм). Це вказує на переважання ростових процесів над проліферацією.

У контрольному варіанті без застосування віруцидних препаратів всі показники переважали над дослідними значеннями, що підтверджує негативний вплив антивірусних препаратів на життєздатність експлантів у культурі *in vitro*.

Отже, отримані результати показують, що Рибавірин пригнічував регенерацію та розвиток апікальних меристем, Озельтамівір і його комбінації з Рибавірином забезпечували кращу регенераційною здатністю експлантів і менш виражений фітотоксичний вплив, хоча й поступалися контролю за абсолютними показниками регенерації.

Визначення показника елімінації вірусів є ключовим етапом оцінки ефективності методів оздоровлення рослинного матеріалу, оскільки саме він дозволяє об'єктивно встановити результативність застосованих технологічних прийомів та обґрунтувати їх доцільність для отримання вільних від вірусів рослин. Отримані результати досліджень свідчать про чітку залежність коефіцієнта елімінації *GLRaV-3* від типу віруцидного препарату, його концентрації та поєднання з методом апікальних меристем (рис. 3).

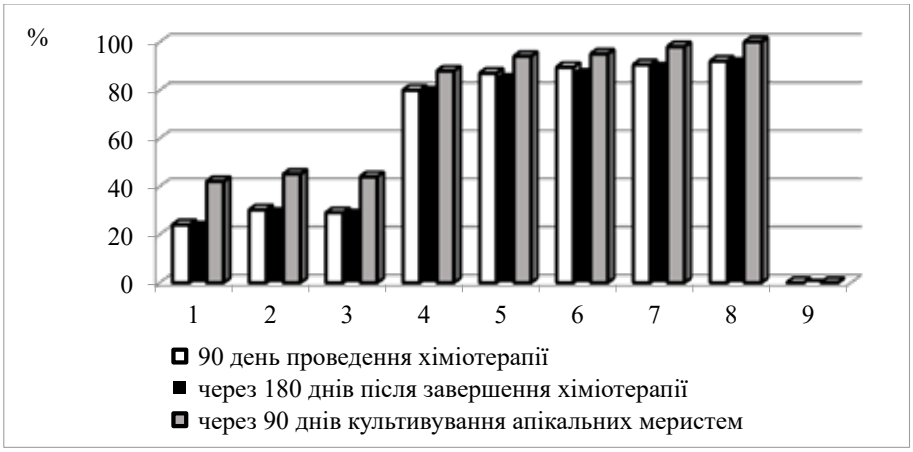


Рис. 3. Коефіцієнт елімінації вірусу хвороби скручування листя винограду (GLRaV-3)

Так, у варіантах 2.1–2.3 (Рибавірин 15–25 мг/л + апікальні меристеми) коефіцієнт елімінації вірусу був найнижчим і на 90-й день хіміотерапії становив 24,0–30,2 %. Через 180 днів після завершення хіміотерапії ці показники практично не змінювалися (24,0–29,5 %), що свідчить про нестійкий та обмежений противірусний ефект Рибавірину. Після культивування апікальних меристем коефіцієнт елімінації збільшився до 42–45 %. Проте залишався нижчим порівняно з іншими варіантами.

Значно вищий рівень елімінації *GLRaV-3* забезпечувало застосування Озельтамівіру (варіанти 2.4–2.6). Уже на 90-й день хіміотерапії коефіцієнт елімінації дорівнював 80,0–89,5 %, через 180 днів після її завершення залишався стабільно високим (80,0–87,5 %), що вказує на пролонгований противірусний ефект препарату. Застосування апікальних меристем у цих варіантах додатково підвищувало ефективність елімінації до 88,0–95,0 %.

Комбіноване застосування Рибавірину та Озельтамівіру (варіанти 2.7–2.8) забезпечувало найвищі показники. Коефіцієнт елімінації на 90-й день хіміотерапії дорівнював 90,5–92,0 %, через 180 днів після завершення хіміотерапії залишався без істотного зниження (90,0–92,0 %), а після культивування апікальних меристем збільшувався до 98,0–100 %, що свідчить про практично повну елімінацію вірусу.

Висновки даного дослідження та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі.

1. Поєднання хіміотерапії та культивуванням апікальних меристем є ефективним біотехнологічним методом оздоровлення винограду від вірусу скручування листя *GLRaV-3*. Такий підхід дозволяє одночасно знизити фітотоксичний ефект препаратів, зберегти життєздатність і регенераційний потенціал ініціальних експлантів та досягнути високого коефіцієнту елімінації вірусу. Вибір конкретного препарату та його концентрації необхідно здійснювати з урахуванням типу вірусу, генотипу винограду та стану експлантів для забезпечення максимально ефективного оздоровлення.

2. Життєздатність ініціальних експлантів безпосередньо залежала від типу та концентрації віруцидного препарату, а також від тривалості хіміотерапії. Озельтамівір у концентраціях 30–40 мг/л проявляв низьку фітотоксичність та забезпечував високий рівень життєздатності експлантів навіть після 90 днів лікування. Рибавірин у вищих концентраціях знижував життєздатність і гальмував розвиток пагонів та кореневої системи. При поєднанні Озельтамівіру та Рибавірину ефект пригнічення був значно меншим і життєздатність ініціальних експлантів була на високому рівні. Культивування апікальних меристем після хіміотерапії стимулювало розвиток основного пагону та зберігало регенераційний потенціал мікроклонів, особливо після застосування Озельтамівіру.

3. Щодо елімінації вірусу *GLRaV-3*, встановлено, що Рибавірин самостійно забезпечував низький рівень елімінації рослин від вірусу, який не перевищував 30,0 % на 90-й день і тільки частково підвищувався після культивування апікальних меристем. Озельтамівір, навпаки, забезпечував високий рівень елімінації – до 89,5 % на 90-й день і залишався стабільним протягом 180 днів. Поєднання у процесі хіміотерапії Рибавірину та Озельтамівіру з подальшим культивуванням апікальних меристем дозволяло досягнути практично повної елімінації вірусу (98,0–100 %).

У подальших дослідженнях щодо оздоровлення винограду в культурі тканин і органів *in vitro* доцільно дослідити сумісний вплив на елімінацію GLRaV-3 термо- та хемотерапії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Buciumeanu E.-C., Guta I.-C. Harmful viruses of grapevine: impact, spread and biotechnologies for healthy plants regeneration. *Acta Agricola Romanica*. 2023. Vol. 5, No. 5.2. P. 6–20.

2. Andret-Link P., Laporte C., Valat L., Ritzenthaler C., Demangeat G., Vigne E., Laval V., Pfeiffer P., Stussi-Garaud C., Fuchs M. Grapevine fanleaf virus: still a major threat to the grapevine industry. *Journal of Plant Pathology*. 2004. Vol. 86. P. 183–195.

3. Giampetruzzi A., Roumi V., Roberto R., Malossini U., Yoshikawa N., La Notte P., Terlizzi F., Credi R., Saldarelli P. A new grapevine virus discovered by deep sequencing of virus- and viroid-derived small *RNAs in cv*. *Pinot gris*. *Virus Research*. 2012. Vol. 163. P. 262–268. DOI: 10.1016/j.virusres.2011.10.010.

4. Sudarshana M. R., Perry K. L., Fuchs M. F. Grapevine red blotch-associated virus, an emerging threat to the grapevine industry. *Phytopathology*. 2015. Vol. 105. P. 1026–1032. DOI: 10.1094/PHYTO-12-14-0369-FI.

5. Basso M. F., Fajardo T. V. M., Saldarelli P. Grapevine virus diseases: economic impact and current advances in viral prospection and management. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2017. Vol. 39, No. 1. P. 2–22. DOI: 10.1590/0100-29452017411.

6. Guță I. C., Buciumeanu E. C. Effect of virus infection on grape quality and quantity (*Vitis vinifera* L., cv. *Feteasсă neagră*). *African Journal of Agricultural Science and Technology*. 2016. Vol. 4, No. 7. P. 806–811.

7. Maliogka V. I., Skiada F. G., Eleftheriou E. P., Katis N. I. Elimination of a new ampelovirus (*GLRaV-Pr*) and *Grapevine rupestris stem pitting–associated virus* (*GRSPaV*) from two *Vitis vinifera* cultivars combining in vitro thermotherapy with shoot tip culture. *Scientia Horticulturae*. 2009. Vol. 123, No. 2. P. 280–282. DOI: 10.1016/j.scienta.2009.08.016.

8. Martelli G. P. Directory of virus and virus-like diseases of the grapevine and their agents. *Journal of Plant Pathology*. 2014. Vol. 96, No. 1. P. 1–136.

9. Maree H. J., Almeida R. P. P., Bester R., Chooi K. M., Cohen D., Dolja V. V., Fuchs M. F., Golino D. A., Jooste A. E. C., Martelli G. P., Naidu R. A., Rowhani A., Saldarelli P., Burger J. T. Grapevine leafroll-associated virus 3. *Frontiers in Microbiology*. 2013. Vol. 4, No. 82. DOI: 10.3389/fmicb.2013.00082.

10. Кириченко А. М. Сага про віруси та виноград. *Агроном*. 2022. URL: https://www.agronom.com.ua/saga-pro-virusy-ta-vynograd/ (дата звернення: 10.12.2025).

11. Křižan B., Ondrušiková E., Holleinová V., Moravcová K., Bláhová L. Elimination of Grapevine fanleaf virus in grapevine by *in vivo* and *in vitro* thermotherapy. *Horticultural Science (Prague)*. 2009. Vol. 36, No. 3. P. 105–108. DOI: 10.17221/37/2008-HORTSCI.

12. Charles J. G., Cohen D., Walker J. T. S., Forgie S. A., Bell V. A., Breen K. C. A review of the ecology of grapevine leafroll-associated virus type 3 (*GLRaV-3*). *New Zealand Plant Protection*. 2006. Vol. 59. P. 330–337. DOI: 10.30843/nzpp.2006.59.4590.

13. Martínez L., Miranda C., Royo J. B., Urrestarazu J., Martínez de Toda F., Balda P., Santesteban L. G. Direct and indirect effects of three virus infections on yield and berry composition in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. 'Tempranillo'. *Scientia Horticulturae*. 2016. Vol. 212. P. 20–28. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.09.0234.

14. Panattoni A., Triolo E. Susceptibility of grapevine viruses to thermotherapy on in vitro collection of Kober 5BB. *Scientia Horticulturae*. 2010. Vol. 125, No. 1. P. 63–67. DOI: 10.1016/j.scienta.2010.03.001.

15. Luvisi A., Panattoni A., Triolo E. Thiopurine prodrugs for plant chemotherapy purposes. *Journal of Phytopathology*. 2011. Vol. 159, No. 5. P. 390–392. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2010.01779.x.

16. Guta I. C., Buciumeanu E.-C., Visoiu E. Elimination of Grapevine fleck virus by *in vitro* chemotherapy. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2014. Vol. 42, No. 1. P. 115–118. DOI: 10.15835/nbha4219227.

17. Hu G., Dong Y., Zhang Z., Fan X., Ren F. Efficiency of chemotherapy combined with thermotherapy for eliminating grapevine leafroll-associated virus 3 (*GLRaV-3*). *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 271. Art. 109462. P. 1–5. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109462.

18. Hu G., Dong Y., Zhang Z., Fan X., Ren F., Zhou J. Virus elimination from in vitro apple by thermotherapy combined with chemotherapy. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2015. Vol. 121. P. 435–443. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)61913-6.

19. Maliogka V. I., Skiada F. G., Eleftheriou E. P., Katis N. I. Elimination of a new ampelovirus (*GLRaV-Pr*) and *Grapevine rupestris stem pitting–associated virus*

(*GRSPaV*) from two *Vitis vinifera* cultivars combining in vitro thermotherapy with shoot tip culture. *Scientia Horticulturae*. 2009. Vol. 123, No. 2. P. 280–282. DOI: 10.1016/j.scienta.2009.08.016.

20. Hu G., Dong Y., Zhang Z., Fan X., Ren F. Efficiency of chemotherapy combined with thermotherapy for eliminating grapevine leafroll-associated virus 3 (*GLRaV-3*). *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 271. Art. 109462. P. 1–5. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109462.

21. Panattoni A., D'Anna F., Triolo E. Improvement in grapevine chemotherapy. *Proceedings of the 15th International Congress on Grapevine Virology (ICVG)*. 2006. P. 139–141.

22. Panattoni A., D'Anna F., Triolo E. Improvement in grapevine chemotherapy. *Proceedings of the 15th International Congress on Grapevine Virology (ICVG)*. 2006. P. 139–141.

23. Guţă I. C., Buciumeanu E. C., Gheorghe R. N., Teodorescu Al. Solutions to eliminate grapevine leafroll-associated virus serotype 1+3 from *Vitis vinifera* L. cv. *Ranâi Magaraci*. *Romanian Biotechnological Letters*. 2010. Vol. 15, No. 1 Suppl. P. 72–78.

24. Medzihradszky A., Gyula P., Sós-Hegedűs A., Szittya G., Burgyán J. Transcriptome reprogramming in the shoot apical meristem of *CymRSV*-infected *Nicotiana benthamiana* plants associates with viral exclusion and the lack of recovery. *Molecular Plant Pathology*. 2019. Vol. 12. P. 1748–1758. DOI: 10.1111/mpp.12875.

25. Mostafa F. M. A., Shaaban M. M., Elazab D. S., Kamel M. T. In vitro propagation of four grape cultivars. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*. 2015. Vol. 46, No. 4. P. 65–76. URL: http://www.aun.edu.eg/faculty_agriculture/arabic (дата звернення: 110.12.2025).

26. Sabbadini S., Capriotti L., Limera C., Navacchi O., Tempesta G., Mezzetti B. A plant regeneration platform to apply new breeding techniques for improving disease resistance in grapevine rootstocks and cultivars. *BIO Web of Conferences*. 2019. Vol. 12, Art. 01019. 41st World Congress of Vine and Wine. DOI: 10.1051/bioconf/20191201019.

27. Butiuc-Keul A., Coste A. Biotechnologies and Strategies for Grapevine Improvement. *Horticulturae*. 2023. Vol. 9, № 1. P. 62. DOI: https://doi.org/10.3390/horticulturae9010062

28. Зеленянська Н. М., Рябий М. І. Застосування методу апікальних меристем для розмноження винограду *in vitro*. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2024. № 2. С. 55–61. DOI https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-55-61

29. AlMaarri K, Massa R, AlBiski F. Evaluation of some therapies and meristem culture to eliminate *Potato Y* potyvirus from infected potato plants. *Plant Biotechnol.* 2012. Vol. 29. P. 237–243. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.12.0215a

Дата першого надходження рукопису до видання: 17.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 633.854.78:631.86:631.559(477.7)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.14

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА, ПРОДУКТИВНІСТЬ ФІТОСИРОВИНИ ТА ГОСПОДАРСЬКОЦІННІ ОЗНАКИ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА ДЕКОРАТИВНОГО В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ

Жуйков О.Г. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри землеробства,
Державний вищий навчальний заклад «Херсонський державний аграрно-економічний університет»
orcid.org/0000-0002-5762-7934
Котовська Ю.С. *– асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства,*
Державний вищий навчальний заклад «Херсонський державний аграрно-економічний університет»
orcid.org/0000-0001-7935-209X

У статті проаналізовано результати трирічних досліджень щодо конкурсного випробування сучасної номенклатури гібридів нової для вітчизняних польових агроценозів «нішевої» культури – соняшника декоративного /Helianthus multiflorous/ як джерела отримання фітосировини фармацевтичного призначення. Окреслені перспективи переорієнтаціє вектору сучасного вітчизняного виробництва соняшника з традиційно олійного напряму на фармацевтичний, що дасть можливість істотно зменшити насиченість вітчизняних сівозмін цією культурою, покращити їх екологічний стан із одночасним збереженням економічних показників господарювання. Зроблена оцінка комплексу фенологічних ознак гібридів культури – тривалості міжфазного періоду «сівба – сходи», тривалості активного цвітіння суцвіть та загальної тривалості вегетаційного періоду варіантів досліду, а також показника висоти рослин. Досліджений показник коефіцієнту виживання рослин культури впродовж вегетаційного періоду як критерій відповідності варіантів досліду щодо екологічних умов зони вирощування, обчислені проміжні і підсумкові коефіцієнти та індекси комплексної екологічної толерантності, стабільності та пластичності, окреслені найбільш екологічно адаптовані і перспективні гібриди соняшника декоративного для вирощування в незрошуваних умовах Південного Степу України. Проведений аналіз елементів структури врожаю і архітектоніки генеративної частини рослин з метою встановлення найкращих варіантів за критеріями багатоквітковості, виходу кондиційних суцвіть, їх розміру, продуктивності одного суцвіття і однієї рослини. Реалізований облік врожаю кондиційної фітосировини соняшника декоративного (пелюстки чоловічих квіток у повітряно-сухій масі) і виокремлені найбільш продуктивні гібриди за роки проведення досліджень. Отримана фітосировина піддана лабораторному дослідженню щодо вмісту в ній найбільш важливих біологічно-активних сполук, що зумовлюють фармацевтичні властивості фітосировини соняшника декоративного: токоферолу (вітаміну Е), провітаміну А (β-каротину), холіну (вітаміну В4) та лецитину.

Ключові слова: *гібриди соняшника декоративного, агроекологічна оцінка, фенологічні і біометричні показники, коефіцієнт виживання рослин, структурні показники врожаю фітосировини, врожайність і якість продукції фармацевтичного призначення.*

© Жуйков О.Г., Котовська Ю.С., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Zhuikov O.H., Kotovska Yu.S. Agroecological assessment, phyto-resource productivity and economically valuable traits of ornamental sunflower hybrids in the conditions of the Southern Steppe

The article analyzes the results of three-year research on the competitive testing of the modern nomenclature of hybrids of a alternative crop new to domestic field agrocenoses – ornamental sunflower /Helianthus multiflorous/ as a source of phytoraw materials for pharmaceutical purposes. The prospects for reorienting the vector of modern domestic sunflower production from the traditional oilseed direction to the pharmaceutical direction are outlined, which will make it possible to significantly reduce the saturation of domestic crop rotations with this crop, improve their ecological condition while simultaneously preserving economic indicators of management. An assessment of the complex of phenological characteristics of crop hybrids was made – the duration of the interphase period "sowing – seedlings", the duration of active flowering of inflorescences and the total duration of the growing season of the experimental variants, as well as the plant height indicator. The studied indicator of the survival rate of cultivated plants during the growing season as a criterion for the suitability of experimental variants to the ecological conditions of the growing area. Calculated intermediate and final coefficients and indices of complex ecological tolerance, stability, and plasticity, and the most ecologically adapted and promising hybrids of ornamental sunflower for cultivation in non-irrigated conditions of the Southern Steppe of Ukraine were identified. An analysis of the elements of the harvest structure and the architectonics of the generative part of plants was carried out in order to establish the best options according to the criteria of multi-flowering, the yield of conditionally mature inflorescences, their size, and the productivity of one inflorescence and one plant. The yield of marketable decorative sunflower raw materials (petals of male flowers in air-dry mass) was recorded, and the most productive hybrids over the years of research were identified. The obtained plant material was subjected to laboratory testing for the content of the most important biologically active compounds that determine the pharmaceutical properties of decorative sunflower plant material: tocopherol (vitamin E), pro-vitamin A (β-carotene), choline (vitamin B4), and lecithin.

Key words: *ornamental sunflower hybrids, agroecological assessment, phenological and biometric indicators, plant survival rate, structural indicators of phytoraw material yield, yield and quality of pharmaceutical products.*

Постановка проблеми. Аналіз сьогоднішнього агроекологічного стану системи польових сівозмін дає можливість зробити вкрай несприятливий висновок про істотний ступінь її розбалансування, котре позначається у надмірному зростанні долі в них високорентабельних культур, котрі далеко не завжди характеризуються лояльним впливом на агроекоценози [1, с. 1; 2, с. 119]. Якщо звузити коло проблеми до питання надмірної присутності в них саме соняшника, то можна вже з повною впевненістю констатувати той факт, що насиченість ним сівозмін давно пройшла «межу здорового глузду», і сприятливих прогнозів щодо її повернення до науково обґрунтованих 15-16%, з огляду на ту обставину, що сьогодні ця культура є чи не єдиною «бюджетоутворюючою» для середньо пересічного вітчизняного с.-г. підприємства, очікувати не доводиться [1, с. 1; 3, с. 125]. Відтак, на наш погляд, до небагатьох реальних важелів впливу на таку ситуацію є певна «зміна професії» соняшника – пошук нових, нетрадиційних, водночас фінансово ємних і екологічно толерантних векторів господарського використання цієї культури, до яких, безумовно, належить і вирощування декоративного різновиду соняшника – *H. multiflorous* з метою отримання фітосировини фармацевтичного призначення, яка набула останнім часом широкого застосування в медицині, а даний факт дозволив сприймати соняшник не як виключно найбільш традиційну для України технічну жироолійну культуру [3, с. 124].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Спроби змінити «спеціалізацію» соняшника, культивуючи його як кормову, сидеральну, кулісну, маркерну культуру, з метою отримання сировини для потреб кондитерської промисловості відомі

досить давно, а позитивний досвід як вітчизняних, так і закордонних науковців викладений у численних наукових працях [4, с. 88]. Морфологічні особливості культури також сприяють її використанню в якості декоративної рослини для ландшафтного дизайну і озеленення [5, с. 92]. Втім, лікарські властивості фітосировини соняшника (передусім, збори із зав'ялених пелюсток чоловічих язичкових квіток) почали використовувати в офіційній медицині лише останнім часом, а саме з моменту світової пандемії COVID-19, коли було клінічно підтверджено високу фізіологічну активність сполук, що входять до її складу [6, с. 33; 7, с. 42]. Досить нетривала історія використання декоративного соняшника в якості лікарської рослини зумовлює той факт, що аналіз останніх досліджень і наукових публікацій свідчить про майже повну відсутність достовірного наукового продукту з цієї проблематики [8, с. 1]. На вітчизняному і світовому ринку фітосировини фармацевтичного призначення зазначений продукт представлений у вкрай недостатній кількості і, здебільшого, заготовлений із пелюсток звичайного олійного соняшника, де вміст фізіологічно активних сполук нерідко істотно менший і, де-факто, не дозволяє використовувати його в лікувальних цілях [9, с. 22]. Логічним є і також те, що технологічні аспекти вирощування цієї культури не потрапляли до цього часу до кола інтересів науковців, відтак – майже відсутні і науково обґрунтовані аспекти її вирощування, формування продуктивних ознак і якісних параметрів фітосировини, бракує сформованих рекомендацій з виробничого вирощування декоративного соняшника фармацевтичного призначення в господарствах різних агрокліматичних зон України [11, с. 94; 12, с. 144]. Зважаючи на все зростаючу зацікавленість сільгосптоваровиробників, що спеціалізуються на вирощуванні подібних «нішевих» високорентабельних культур, котрі змушені залучати до технології вирощування декоративного соняшника окремі фрагментарні технологічні аспекти із технології олійного соняшника просто за методом аналогії [12, с. 141], вбачаємо за необхідне розробку зональної адаптивної технології вирощування декоративного соняшника на принципах біологізації і використання органічної концепції, адже саме сировина із статусом «organic» є найбільш затребуваною на ринку фітофармацевтичних засобів [13, с. 263].

Постановка завдання. Наукове завдання дослідження являло собою проведення всебічної агроекологічної оцінки (стабільності та пластичності) представлених на сучасному вітчизняному ринку гібридів соняшника декоративного задля виокремлення максимально адаптованих до екологічних умов зони вирощування варіантів, вивчення їх фенологічних, біометричних і структурних показників, біологічної та виробничої врожайності фітосировини. Задля реалізації поставлених наукових завдань був закладений і проведений впродовж 2023-2025 рр. польовий дослід в умовах ДП ДГ «Піонер» ІКОСГ НААН, котрий супроводжувався комплексом основних і додаткових і лабораторних досліджень згідно існуючих методик. Спосіб розміщення ділянок в досліді – рендомізація, повторність чотирикратна. Загальна площа дослідної ділянки становить 0,66 га, площа захисних смуг – 0,16 га. Кількість варіантів досліду – 12, відповідно дослідних ділянок – 48 за загальної площі ділянки першого порядку – 137,5 м^2 (довжина – 24,5 м, ширина – 5,6 м), облікова – 100 м^2 (довжина – 17,9 м, ширина – 5,6 м). Спосіб сівби культури – широкорядний з міжряддям 0,7 м.

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним із принципових показників, за яким можна оцінювати екологічну придатність того чи іншого гібриду культури до умов вологозабезпечення на момент утворення сходів культури, є тривалість періоду «сівба – повні сходи» (табл. 1). За даним показником лідером в досліді

визнані гібриди Тедді Беар і Кентавр, сходи яких з'явилися на 6 день після посіву. Також достатньо вигідно вирізнялися з-поміж інших варіантів гібриди Альмера і Атілла (7 діб). Основна маса гібридів, що вивчалися, характеризувалися появою повних сходів, в середньому за роки проведення досліджень, на 8 добу після посіву.

Таблиця 1

Основні фенологічні та біометричні показники гібридів соняшника багатоквіткового (середнє за 2023-2025 рр.)

Гібрид	Тривалість, діб			Середня висота рослин, см
	«сівба – сходи»	«цвітіння»	загальний вегетаційний період	
Альмера	7	43	117	138,5
Астра Голд	8	42	110	148,8
Атілла	7	39	122	151,1
Бавер	8	54	111	148,2
Італійський білий	8	35	109	144,4
Кентавр	6	34	121	156,2
Лайм	9	42	118	135,6
Марвін	8	50	116	157,0
Мун Лайт	8	37	112	147,7
Ред Сан	9	44	120	152,3
Сан Спот	10	40	119	156,3
Тедді Беар	6	49	124	133,9
$НІР_{05}$	0,68			4,14

Найбільш тривалим період «сівба – повні сходи» був, за результатами наших досліджень, у гібридів Лайм і Ред Сан (9 діб), а максимальним – за варіантом гібрида Сан Спот (10 діб). Щодо тривалості фази цвітіння суцвіть культури, яка безпосередньо зумовлює як її декоративні властивості, так і продуктивні ознаки, то лідером в досліді визнано гібрид Бавер, рослини якого квітнули 54 доби; дещо поступався йому варіант гібриду Марвін (50 діб) і Тедді Беар (49 діб відповідно). Останній варіант визнаний у досліді як такий, що характеризувався і, водночас, найбільш тривалим вегетаційним періодом на рівні 124 дні. Гібриди Атілла і Ред Сан вегетували, в середньому, 122-120 діб, а на решті варіантів рослини культури припиняли вегетацію на фоні істотного дефіциту ґрунтової і повітряної вологи значно раніше (109-118 діб). За показником середньої висоти рослин, що також зумовлює як декоративні ознаки того чи іншого варіанту досліду, так і технологічність ручного збирання фітосировини, всі гібриди були диференційовані нами на наступні групи: низькорослі (130-140 см) – Альмера, Лайм, Тедді Беар; середньорослі (140-150 см) – Астра Голд, Бавер, Італійський білий, Мун Лайт; високорослі (вище 150 см) – Атілла, Кентавр, Марвін, Ред Сан і Сан Спот.

Середній показник коефіцієнту виживання рослин культури за варіантами досліду дозволяє зробити висновок про комплексну екологічну пластичність того чи іншого гібриду до абіотичних і біотичних факторів агроценозу (рис. 1).

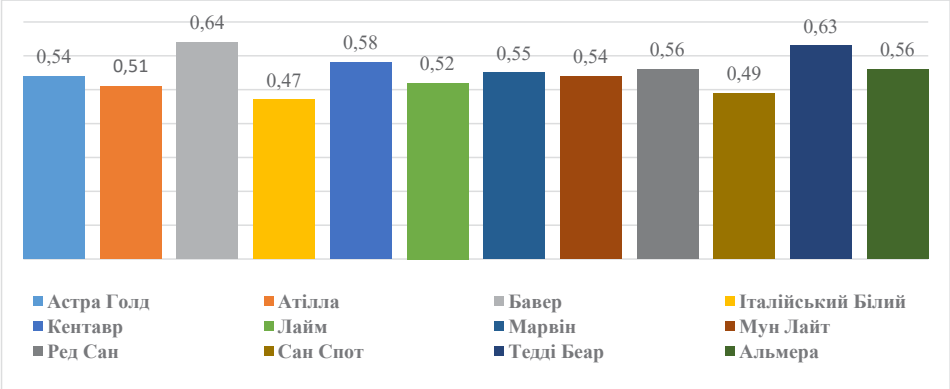


Рис. 1. Коефіцієнт виживання рослин гібридів соняшника декоративного (середнє за 2023-2025 рр.)

Максимальний показник коефіцієнту виживання рослин в досліді відмічений нами за варіантами гібридів Бавер і Тедді Беар (0,63-0,64), а мінімальний – за варіантами гібридів Італійський білий і Сан Спот, в посіві яких нами було відмічене виживання рослин впродовж тривалості вегетаційного періоду на рівні 47-49%.

Аналіз структурних показників генеративної частини рослин гібридів соняшника декоративного дає можливість зробити висновок, що максимальною кількістю суцвіть на одній рослині характеризувалися гібриди Марвін (3,4 шт.), Тедді Беар (3,3 шт.) та Італійський білий (3,1 шт./рослину), а мінімальним – гібриди Астра Голд і Атілла (відповідно, 2,3-2,4 шт. на 1 рослину (табл. 2). За показником виходу кондиційних суцвіть, зручних для подальшого ручного общипування, в досліді вигідно вирізнялися гібриди Тедді Беар, Бавер, Лайм та Італійський білий, у яких цій вимогі відповідало 70-77% квітуючих кошиків.

За показником маси одного суцвіття абсолютним лідером в досліді є гібрид Тедді Беар – за рахунок специфічної будови кошика (напівсферична форма, майже повна відсутність жіночих квіток і виповненість центральної частини кошика), середня маса квітучого суцвіття за роки проведення дослідження склала, в середньому, 59,4 г. Також за зазначеним показником в досліді слід виділити варіанти гібридів Мун Лайт – 55,0 г, Ред Сан – 52,8 г та Марвін – 51,7 г. Щодо показника середнього діаметра кошика, що буде зумовлювати як декоративні властивості того чи іншого гібрида, так і гіпотетично продуктивність фітосировини (пелюстки чоловічих квіток), то за зазначеним показником в досліді лідером визнано варіант гібриду Бавер, середній діаметр суцвіття якого за роки проведення досліджень склав 12,2 см; також слід відмітити варіанти гібридів Атілла і Тедді Беар – 11,7 і 11,6 см відповідно.

Максимальний вихід чоловічих пелюсток з одного суцвіття в повітряно-сухому стані відмічений у досліді за двома варіантами гібридів культури – Бавер і Тедді Беар: в середньому за роки проведення досліджень він склав 1,6 г, дещо поступалися їм гібриди Атілла і Ред Сан (1,3 г відповідно). Абсолютна більшість інших гібридів характеризувалася масою пелюсток з одного суцвіття на рівні 1,0 г і менше. Підсумковий показник – продуктивність однієї рослини, що враховував водночас і кількість суцвіть на рослині і масу повітряно-сухих пелюсток з кожного з них, мав наступну градацію: лідером в досліді визнаний гібрид Тедді Беар (5,2 г кондиційної фітосировини з рослини), на другому місці гібрид Бавер з показником 4,8 г, на третьому – гібрид Лайм (3,6 г).

Таблиця 2

Архітектоніка генеративної частини рослин гібридів соняшника багатоквіткового (середнє за 2023-2025 рр.)

Гібрид	Кількість кошиків на рослині, шт.	Вихід кондиційних суцвіть (діаметр більше 50 мм), %	Маса кошика, г	Діаметр кошика, см	Маса пелюсток з 1 кошика*, г	Маса пелюсток з 1 рослини*, г
Альмера	2,5	62,0	40,7	11,1	1,0	2,5
Астра Голд	2,3	63,4	37,4	11,3	1,1	2,5
Атілла	2,4	68,8	44,7	11,7	1,3	3,1
Бавер	3,0	75,1	39,3	12,2	1,6	4,8
Італійський білий	3,1	72,0	40,9	9,0	0,8	3,4
Кентавр	2,9	60,6	40,8	10,4	1,1	2,4
Лайм	2,6	72,6	47,7	9,4	0,8	3,6
Марвін	3,4	65,5	51,7	9,9	0,9	2,9
Мун Лайт	3,0	70,4	55,0	10,7	1,1	3,3
Ред Сан	2,5	70,1	52,8	11,0	1,3	3,2
Сан Спот	2,8	57,8	46,9	9,6	1,0	2,7
Тедді Беар	3,3	77,2	59,4	11,6	1,6	5,2
$НІР_{05}$	0,27		2,63	0,84	0,08	0,31

** у повітряно-сухому стані*

Очевидним і загальновідомим є той факт, що біологічна врожайність будь-якої культури жодною мірою не відповідає реальній виробничій врожайності, котра враховуватиме як особливості перебігу вегетаційного періоду (передусім, виживання рослин на одиниці посівної площі під впливом комплексу абіотичних і біотичних екологічних факторів), так і певні нюанси збирання врожаю (в першу чергу, втрати при збиранні, відхід некондиційної частини врожаю, тощо. Підсумкові результати обліку врожайності кондиційної фітосировини соняшника декоративного за варіантами гібридів культури, що досліджувалися, наведені нами в рис. 2. В середньому за роки проведення досліджень, гібридами, що характеризувалися максимальною врожайністю кондиційної фітосировини фармацевтичного призначення (пелюстки чоловічих язичкових квіток у повітряно-сухому стані), нами визнано наступні варіанти: Тедді Беар – 198,9 кг/га, Бавер – 177,0 кг/га та Лайм – 153,3 кг/га відповідно. Перспективними за показником продуктивності нами визнано гібриди Мун Лайт і Ред Сан (відповідно 141,6 та 138,7 кг/га).

Гібридами, що істотно поступалися за врожайністю фітосировини лідерам конкурсного випробування, і чия продуктивність в середньому за роки проведення досліджень, не перевищували позначку 120 кг/га, визнано гібриди Кентавр (112,2 кг/га), Астра Голд (114,0 кг/га), Альмера (116,8 кг/га), Сан Спот (118,2 кг/га) та Марвін (119,7 кг/га).

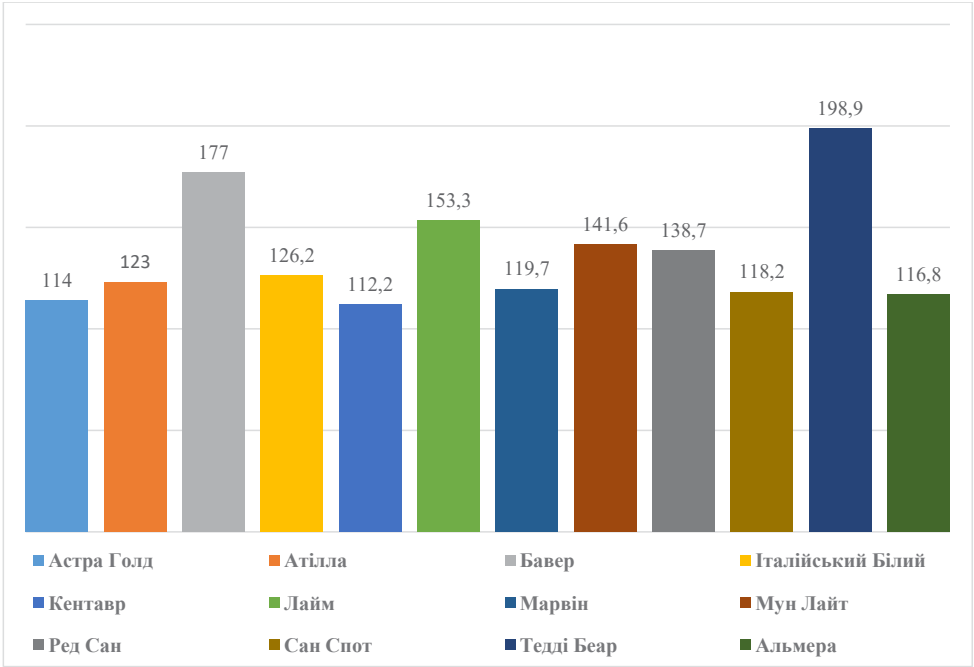


Рис. 2. Врожайність кондиційної фітосировини гібридів соняшника декоративного, кг/га (НІР05=1,12 кг/га) (середнє за 2023-2025 рр.)

Фармацевтична якість отриманої від культури фітосировини на сьогодні обумовлюються вмістом в ній цілої низки біодинамічних сполук, які часто за мінімальних концентрацій спроможні активізувати і нормалізувати значну кількість фізіологічних процесів людського організму. Насамперед, до них відносяться наступні: вітаміни Д і Е (токоферол), флавоноїди, β-каротин, холін, лецитин. Приймаючи до уваги вищенаведене, нами був проаналізований хімічний склад отриманої фітосировини саме за критерієм в місту в ній зазначених біологічно активних сполук за варіантами досліду (табл. 3).

Аналіз наведених результатів дозволяє зробити висновок про відповідність усіх варіантів гібридів соняшника декоративного щодо вимог до сировини фармацевтичного призначення за критерієм вмісту в ній фізіологічно-активних сполук. В середньому, за результатами трирічних досліджень, за показником вмісту в сухих пелюстках чоловічих квіток такої сполуки, як токоферол (вітамін Е) лідерами визнані гібриди Кентавр (2,44 мг/100 г) і Атілла (2,37 мг/100 г); за вмістом флавоноїдів – Астра Голд, Атілла, Сан Спот і Тедді Беар (2,80-2,87%); провітаміну А (β-каротину) – найбільш інтенсивно забарвлені гібриди: Альмера і Ред Сан (відповідно, 10,07 і 9,67 мг%). Максимальний вміст у фітосировині такої сполуки, як холін (вітамін В4), відмічений нами за варіантами гібридів Марвін і Лайм (270,8 та 277,2 мг/100 г відповідно), а за критерієм вмісту в продукції лецитину лідером конкурсного випробування визнані гібриди Бавер (1,91 мг/100 г) і Тедді Беар (1,88 мг/100 г).

Вважаємо, що підсумковим критерієм, що зумовлюватиме відповідність певного зразка екологічним умовам зони вирощування, є комплекс показників (індексів) екологічної пластичності і стабільності сучасних гібридів соняшника декоративного. Лише комплексне оцінювання з обов'язковим урахуванням

кількісно-якісних показників продуктивності і екологічної толерантності дає можливість з максимальним рівнем достовірності виокремлювати і ідентифікувати варіанти, котрі відповідають абіотичним і біотичним умовам агроценозу, і в першу чергу – за стабільністю їх прояву щодо проаналізованих ознак того чи іншого гібриду культури [10, с. 90] (табл. 4).

Таблиця 3

Якісні показники фітосировині гібридів соняшнику декоративного (середнє за 2023-2025 рр.)

Гібрид	Вміст в абсолютно сухій масі				
	токоферол (вітамін Е), мг/100 г	флавоноїди, %	β-каротин (провітамін А), мг%	холін (вітамін B_4), мг/100 г	лецитин, мг/100 г
Альмера	2,19	2,55	10,07	252,7	1,53
Астра Голд	2,34	2,87	9,37	229,0	1,69
Атілла	2,37	2,86	9,42	244,0	1,45
Бавер	2,22	2,63	9,51	265,5	1,91
Італійський білий	2,12	2,27	7,70	208,7	1,64
Кентавр	2,44	2,39	8,64	224,9	1,62
Лайм	1,97	2,31	8,02	270,8	1,56
Марвін	2,30	2,50	9,33	277,2	1,70
Мун Лайт	2,16	2,77	8,08	245,0	1,83
Ред Сан	2,22	2,62	9,67	232,6	1,77
Сан Спот	2,31	2,80	8,23	255,2	1,63
Тедді Беар	2,33	2,80	9,39	262,2	1,88
$НІР_{05}$	0,09	0,12	0,29	8,33	0,14

В середньому за три роки проведення досліджень, найбільш екологічно адаптованим щодо незрошуваних умов вирощування в Південному Степу України нами визнано гібрид соняшника декоративного Тедді Беар: за середньої врожайності кондиційної фітосировини на рівні 199 кг/га, він характеризувався мінімальним значенням індексу сприйнятливості до посухи у з-поміж інших варіантів досліду (DSI=0,79), водночас максимальним значенням індексу толерантності до посухи (TOL=0,83), максимальним значенням індексів стабільності врожайності (YSI=0,72), номіналу врожайності (YI=108), толерантності до стресу (STI=0,55). Відповідно, підсумкові коефіцієнти екологічної пластичності і стабільності (bi та Sdi2) за варіантом зазначеного гібриду також були максимальними в досліді і становили 1,09 та 0,00091 відповідно. Також за комплексом вищенаведених критеріїв, нами визнано за перспективні варіанти гібридів Бавер і Лайм, які несуттєво поступалися лідерові конкурсного випробування. Водночас, малопридатними для вирощування в незрошуваних умовах південностепової агрокліматичної зони з метою отримання фітосировини фармацевтичного призначення нами визнано гібриди соняшника декоративного Кентавр, Астра Голд і Альмера, за якими індекси комплексної екологічної толерантності впродовж років проведення досліджень характеризувалися недостатніми рівнями.

Таблиця 4

Індекси комплексної екологічної толерантності гібридів соняшника декоративного (середнє за 2023-2025 рр.)

Гібрид	Врожайність, кг/га	DSI – індекс сприйнятливості до посухи	TOL – індекс толерантності до посухи	YSI – індекс стабільності врожаю	YI – індекс урожайності	STI – індекс толерантності до стресу	b_i – показник пластичності	Sd_i^2 – показник стабільності
Альмера	116,8	1,07	0,51	0,51	62	0,39	0,71	0,00070
Астра Голд	114,0	1,09	0,51	0,52	83	0,37	0,77	0,00065
Атілла	123,0	0,95	0,57	0,59	96	0,46	0,99	0,00069
Бавер	177,0	0,81	0,74	0,68	102	0,52	1,05	0,00080
Італійський білий	126,2	0,94	0,61	0,64	95	0,42	0,94	0,00083
Кентавр	112,2	1,22	0,47	0,65	69	0,33	0,62	0,00058
Лайм	153,3	0,84	0,70	0,66	101	0,50	1,01	0,00082
Марвін	119,7	1,01	0,55	0,57	77	0,41	0,67	0,00068
Мун Лайт	141,6	0,85	0,64	0,60	98	0,44	1,00	0,00079
Ред Сан	138,7	0,92	0,61	0,63	97	0,40	0,93	0,00077
Сан Спот	118,2	0,97	0,52	0,57	67	0,32	0,60	0,00071
Тедді Беар	198,9	0,79	0,83	0,72	108	0,55	1,09	0,00091

Висновки і пропозиції.

1. Не зважаючи на той факт, що номенклатура сучасних гібридів соняшника декоративного містить більше 15 зразків, далеко не всі з них придатні до вирощування у незрошуваних умовах Південного Степу з метою отримання фітосировини фармацевтичного призначення. Аналіз фенологічних даних у досліді дає можливість зробити висновок, що за показником тривалості міжфазного періоду «сівба – сходи» лідером в досліді визнані гібриди Тедді Беар і Кентавр, сходи яких з'явилися на 6 день після посіву. Максимальна тривалість активного цвітіння кошиків була за варіантом гібриду Бавер, рослини якого квітнули 54 доби; дещо поступався йому варіант гібриду Марвін (50 діб) і Тедді Беар (49 діб відповідно). Останній варіант визнаний у досліді як такий, що характеризувався і, водночас, найбільш тривалим вегетаційним періодом на рівні 124 дні. Всі гібриди були диференційовані нами на наступні групи за габітусом рослин: низькорослі (130-140 см) – Альмера, Лайм, Тедді Беар; середньорослі (140-150 см) – Астра Голд, Бавер, Італійський білий, Мун Лайт; високорослі (вище 150 см) – Атілла, Кентавр, Марвін, Ред Сан і Сан Спот.

2. Максимальний показник коефіцієнту виживання рослин в досліді відмічений нами за варіантами гібридів Бавер і Тедді Беар (0,63-0,64), а мінімальний – за

варіантами гібридів Італійський білий і Сан Спот, в посіві яких нами було відмічене виживання рослин впродовж тривалості вегетаційного періоду на рівні 47-49%.

3. Максимальний вихід чоловічих пелюсток з одного суцвіття в повітряно-сухому стані відмічений у досліді за двома варіантами гібридів культури – Бавер і Тедді Беар: в середньому за роки проведення досліджень він склав 1,6 г, дещо поступалися їм гібриди Атілла і Ред Сан (1,3 г відповідно). Абсолютна більшість інших гібридів характеризувалася масою пелюсток з одного суцвіття на рівні 1,0 г і менше. Підсумковий показник – продуктивність однієї рослини, що враховував водночас і кількість суцвіть на рослині і масу повітряно-сухих пелюсток з кожного з них, мав наступну градацію: лідером в досліді визнаний гібрид Тедді Беар (5,2 г кондиційної фітосировини з рослини), на другому місці гібрид Бавер з показником 4,8 г, на третьому – гібрид Лайм (3,6 г).

4. В середньому за роки проведення досліджень, гібридами, що характеризувалися максимальною врожайністю кондиційної фітосировини фармацевтичного призначення (пелюстки чоловічих язичкових квіток у повітряно-сухому стані), нами визнано наступні варіанти: Тедді Беар – 198,9 кг/га, Бавер – 177,0 кг/га та Лайм – 153,3 кг/га відповідно. Перспективними за показником продуктивності нами визнано гібриди Мун Лайт і Ред Сан (відповідно 141,6 та 138,7 кг/га). Найбільш екологічно адаптованим щодо незрошуваних умов вирощування в Південному Степу України нами визнано гібрид соняшника декоративного Тедді Беар, перспективними – варіанти гібридів Бавер і Лайм, які несуттєво поступалися лідерові конкурсного випробування, а малопридатними – Кентавр, Астра Голд і Альмера, за якими індекси комплексної екологічної толерантності впродовж років проведення досліджень характеризувалися недостатніми рівнями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Декоративний соняшник (геліантус): догляд, розмноження, сорти URL: https://healthapple.info/zdorovya-ta-organizm/sonyashnyk/ (дата звернення: 05.12.2025).

2. Димитров С. Г. Стабільність та пластичність сучасних гібридів соняшнику. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. Київ, 2015. №. 3. С. 117–124.

3. Єременко О.А., Каленська С.М., Калитка В.В., Малкіна В.М. Урожайність соняшнику залежно від агрометеорологічних умов південного степу України. *Агробіологія*. Київ, 2017. Вип. 2. С. 123–130.

4. Жигайло О.Л., Жигайло Т.С. Оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування соняшнику в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. Львів, 2016. Т. 17. С. 86–92.

5. Жовтобрюх Н.В. Залежність тривалості цвітіння декоративного соняшника, вирощеного в горщиках в закритому ґрунті від діаметра суцвіття / Н.В. Жовтобрюх, А.В. Мельник // Вісник Сумського національного аграрного університету, 2004. – Вип.12. – С. 88-99.

6. Жуйков 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.

7. Жуйков О. Г., Лаврись В. Ю. Норма висіву насіння як фактор формування продуктивних та господарсько цінних ознак гібридів соняшнику багатоквіткового за органічної технології вирощування в Південному Степу. *Аграрні інновації*. 2022. № 10. С. 42–45.

8. Квітка сонця: корисні, лікувальні властивості соняшника. Листя соняшника: опис та лікувальні властивості. *Информационный сайт про ремонт*. URL: https://gameasphalt.ru/uk/cvetok-solnca-podsolnuh-poleznye-lechebnye-svoistva/ (дата звернення: 05.12.2025).

9. Лаврись В.Ю., Жуйков О.Г. Фенологічні, біометричні та структурні показники гібридів соняшника багатоквіткового в якості лікарської фітосировини за різних норм висіву. *Сучасна наука: стан та перспективи розвитку*: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених з нагоди Дня працівника сільського господарства (м. Херсон, 17 листопада 2021 р.) Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2021. С. 22–24.

10. Лаврись В.Ю. Вплив норми висіву насіння на структурні показники та врожайність фітосировини соняшнику декоративного в умовах Південного Степу. Таврійський науковий вісник. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 132. С. 88-97.

11. Мельник Т.І., Кричкевич І.М., Марков Д.В., Марченко Р.В. Походження та перспективи використання соняшнику декоративного (*Helianthus annuus* L.) «Гончарівські читання»: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 92-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем‘яновича (25 травня 2021 р.). Суми, 2021. С. 94–96.

12. Schilling E.E. «Helianthus». *Flora of North America Committee*. 2006. № 21. pp. 141–169.

13. Zhuykov O., Lavrenko S., Lavrenko N., Lavrys V. Quantitative and qualitative indexes of the functioning of photosynthetic apparatus ofornamental sunflower plants with different seeding rates under conditions of the Southern. *AgroLife Scientific Journal.* Bucharest, December, 2022, Volume 11, No. 2, pp. 261-266.

Дата першого надходження рукопису до видання: 12.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

UDC 631.8:633.3
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.15

FORMATION OF SOYBEAN NODULES DEPENDING ON MINERAL NUTRITION AND BIOPREPARATIONS IN THE FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Zharko D.A. *– Master's degree student,*
Kherson State Agrarian and Economic University
orcid.org/0009-0009-3947-9673.
Sokolovska I.M. *– Candidate of Agricultural Sciences,*
Associate Professor at the Department of Crop Production and Agrotechnology,
Kherson State Agrarian and Economic University
orcid.org/0000-0003-4256-8852

Soybean plays a key role in global nutrition and industry as a high-protein crop with unique nitrogen-fixing ability, improving soils and reducing the need for synthetic fertilizers. On a global scale, it dominates in exports and processing into food products, biofuels, and feeds, with a focus on adaptation to regional conditions. In Ukraine, soybean is gaining strategic importance for diversifying the agricultural sector, optimizing crop rotations, and enhancing agroecosystem resilience. As a versatile raw material, soybean is used in pharmaceuticals and cosmetics for producing extracts and oils, underscoring its multifaceted industrial significance. At the same time, the growth of soybean production stimulates innovations in organic farming, contributing to the sustainable development of global food security.

The study was conducted in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. An early-maturing Ukrainian-bred soybean variety Titan was grown in the experiment. Seed inoculation before sowing was performed with the Atuva preparation, and mineral fertilizers in the form of ammonium nitrate were applied at rates of 20 kg/ha, 40 kg/ha, and 60 kg/ha of active substance during spring cultivation.

On early developmental stages of soybean, seed inoculation with the biopreparation increased the number of nodules per plant, with a maximum of 26.4 at the N40 rate of mineral fertilizer; higher (N_{60}) or lower (N_{20}) rates reduced this indicator. Without inoculation, the number of nodules increased under N20 and N40 (19.2–24.2), decreasing to 22.5 at N_{60}. The mass of nodule without inoculation was also highest at N40; a positive effect of the biopreparation on nodule development was observed without fertilizers and at N_{40}. Before soybean flowering, the number of nodules increased with the use of the biopreparation, especially under natural nutrition, with positive dynamics in all variants except N_{40}, where fertilizers inhibited bacterial activity. The maximum mass of nodule in the study was recorded with the interaction of the biopreparation and N_{20} application – 0.81 g. With increasing rates of ammonium nitrate application, especially in combination with the biopreparation, the mass of nodule decreased. Without seed inoculation with the biopreparation, soybean yield ranged from 33.77–34.90 t/ha, with the maximum at N_{60}. The use of the biopreparation increased soybean yield, and in combination with N_{60}, the highest harvest was obtained – 35.23 t/ha. Thus, the application of the Atuva biopreparation in combination with moderate rates of ammonium nitrate is an effective measure to increase soybean yield, optimizing plant nitrogen nutrition, reducing stress impacts, and improving production economic efficiency.

Key words: *soybean, soybean nodules, biopreparation, mineral fertilizers, soybean yield.*

Жарко Д.А., Соколовська І.М. Формування бульбочок сої залежно від мінерального живлення та біопрепарату в Лісостепу України

Соя відіграє ключову роль у глобальному харчуванні та промисловості як високобілкова культура з унікальною азотфіксуючою здатністю, що покращує ґрунти та зменшує

© Zharko D.A., Sokolovska I.M., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

потребу в синтетичних добривах. У світовому масштабі вона домінує в експорті та переробці на продукти харчування, біопаливо та корми, з фокусом на адаптацію до регіональних умов. В Україні соя набуває стратегічного значення для диверсифікації аграрного сектору, оптимізуючи сівозміни та стійкість агроекосистем. Як універсальна сировина, соя використовується в фармацевтиці та косметиці для виробництва екстрактів і олій, що підкреслює її багатогранне промислове значення. Водночас, зростання виробництва сої стимулює інновації в органічному землеробстві, сприяючи сталому розвитку глобальної продовольчої безпеки.

Дослідження проводили в умовах Лісостепу України. В досліді вирощували ранньостиглий сорт сої Титан української селекції. Інокуляцію насіння перед сівбою проводили препаратом Атува, мінеральні добрива в формі аміачної селітри вносили нормою 20 кг/га, 40 кг/га, 60 кг/га діючої речовини під весняну культивацію

На ранніх фазах розвитку сої інокуляція насіння біопрепаратом підвищувала кількість бульбочок на рослині, з максимумом 26,4 шт. при внесенні мінерального добрива нормою N_{40}, вищі (N_{60}) або нижчі (N_{20}) норми знижували цей показник. Без інокуляції кількість бульбочок збільшувалася на фоні N_{20} та N_{40} (19,2-24,2 шт.), при N_{60} – зменшувалася до 22,5 шт. Маса бульбочок без інокуляції також була найбільшою при внесенні N_{40}, на фоні без добрив та N_{40} спостерігали позитивний ефект дії біопрепарату на розвиток ризобіїв. Перед цвітінням сої кількість бульбочок зростала при використанні біопрепарату, особливо на фоні природного живлення з позитивною динамікою в усіх варіантах, крім N_{40}, де добрива пригнічували активність бактерій. Максимальну в досліді масу бульбочкових бактерій відмічали при взаємодії біопрепарату з внесення N_{20} – 0,81 г. Із збільшенням норми внесення аміачної селітри, особливо при комплексній дії з біопрепаратом маса бульбочок зменшувалася. Без інокуляції насіння біопрепаратом урожайність сої коливалась у межах 33,77–34,90 т/га, з максимальним значенням при внесенні N_{60}. Використання біопрепарату сприяло підвищенню врожайність сої, в комплексі з N_{60} отримали найбільший врожай – 35,23 т/га. Таким чином, застосування біопрепарату Атува у поєднанні з помірними нормами аміачної селітри є ефективним заходом для підвищення урожайності сої, що дозволяє оптимізувати азотне живлення рослин, знизити рівень стресових впливів і покращити економічну ефективність виробництва.

Ключові слова: *соя, бульбочкові бактерії, біопрепарат, мінеральні добрива, урожайність сої.*

Formulation of the problem. The formation of soybean nodules is a key component of the nitrogen-fixing symbiosis, which largely determines the level of nitrogen supply to plants and their productivity under various soil and climatic conditions. In the Forest-Steppe zone of Ukraine, the combination of intensive cultivation technologies with climate-related stresses (fluctuations in moisture and temperature) requires clarification of the optimal fertilization parameters and the use of biological products.

The effects of different levels of mineral nutrition and the application of biological products on nodule formation, their number, mass and activity, as well as on the realization of the symbiotic potential of soybean under Forest-Steppe conditions of Ukraine, are still insufficiently substantiated. This complicates the development of scientifically grounded fertilization and inoculation systems capable of ensuring stable nitrogen fixation, rational use of fertilizers and increased soybean yield without excessive pressure on agroecosystems.

Analysis of recent research and publications. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is one of the most important legume crops in the global agribusiness, serving as a primary source of protein, oil, and feed resources. According to FAO data, global soybean production in 2023 exceeded 390 million tons, with leading producers such as the USA, Brazil, and Argentina, where sown areas surpass 100 million ha [3].

Soybean forms the basis of the food, feed, and industrial sectors: its seeds contain 35-45 % protein, 18-25 % oil, and significant amounts of essential amino acids, making it indispensable for producing soy milk, tofu, biodiesel, and livestock feeds. On

a global scale, soybean contributes to food security by providing high-quality plant-based protein for the population and improves soil fertility through biological nitrogen fixation [1, 2].

In Ukraine, soybean is gaining strategic importance: according to State Statistics Service data, in 2024, the sown area under soybean increased to 1.8 million ha, with yields reaching 2.5-3 t/ha, making it one of the most relevant crops. Ukraine is a significant soybean exporter (over 2 million tons annually), which stimulates the development of the processing industry and contributes to the diversification of the agricultural sector, especially amid climate change and GMO use restrictions [4, 5].

Soybean cultivation in Ukraine and worldwide depends on optimizing agrotechnologies, where fertilizers and biopreparations adapted to the crop's biological characteristics play a key role. The most important feature of soybean is its symbiosis with nodule of the genus Rhizobium, which ensures atmospheric nitrogen fixation (up to 100-200 kg/ha), making soybean less dependent on nitrogen fertilizers compared to other crops. However, soybean is sensitive to phosphorus and potassium deficiencies, especially in early stages (germination at 15-20 °C, flowering at 20-25 °C), when the root system develops intensively, and nutrient shortages lead to flower drop and reduced yields [6, 12, 9].

Mineral fertilizers enhance nutrient availability, but their excessive use can suppress symbiosis and pollute soils. Biopreparations boost nitrogen fixation, improve phosphorus uptake from poorly available forms, and increase resistance to drought and diseases, which is particularly relevant for Ukrainian chernozems with pH 6.0-7.5. Integrating these tools not only increases yields by 15-30 % (up to 3-4 t/ha) but also ensures production ecological sustainability by reducing on synthetic fertilizers [7, 8, 10, 11, 13, 14].

It should be noted that soybean is also an important component of crop rotations due to its ability to fix atmospheric nitrogen, which improves soil fertility. It serves as a good predecessor for many crops, as it helps reduce the risk of disease and pest development. Including soybean in crop rotations helps decrease the need for chemical fertilizers, positively impacting the ecological situation. Additionally, soybean increases the organic matter content in the soil, contributing to improved structure and water-holding capacity. Using soybean in crop rotations also ensures crop diversity, which is crucial for agroecosystem sustainability. Thanks to these advantages, soybean becomes a key element in modern agriculture, promoting sustainable development of the agricultural sector [17, 18, 15, 16].

Thus, the article addresses current issues of optimizing soybean agrotechnology in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine, presenting the results of a study on the impact of combined application of mineral fertilizers (ammonium nitrate) and a biopreparation on soybean yield and productivity.

Research task. To determine the level of impact of mineral fertilizer application rates and biopreparation on the formation of nodule and soybean yield in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

Materials and methods of research. The study was conducted in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine on dark gray forest heavy loamy soils. An early-maturing Ukrainian-bred soybean variety Titan was grown in the experiment.

The soybean cultivation technology was standard for the zone, except for the treatments under study. Soybean was sown at a rate of 450 thousand plants/ha using wide-row method (row spacing 45 cm) after spring wheat as a predecessor.

Seed inoculation before sowing was performed with the Atuva preparation – a biological inoculant for soybean containing *Bradyrhizobium japonicum* bacteria, which fix atmospheric nitrogen and form nodule on roots (2.0 l/t + biological protector Premax 0.5

l/t) (factor A). Mineral fertilizers in the form of ammonium nitrate were applied at rates of 20 kg/ha, 40 kg/ha, 60 kg/ha of active substance during spring cultivation (factor B).

The territory of the field experiment is characterized by a moderately continental climate with sufficient moisture but a tendency toward summer drought. The average precipitation sum for the period is 300–400 mm, with risks of uneven rains and temperature fluctuations affecting emergence and flowering. Overall, conditions were favorable for soybean during the study period, but 2024 proved stressful due to drought.

The year 2023 was favorable for soybean – a warm spring (May: +15…+20 °C, precipitation 50–70 mm) with even rains promoted rapid emergence; summer was moderately warm (June–July: +20…+25°C, 70–90 mm precipitation), without severe droughts but with thunderstorms; August–September were cooler (+15…+22 °C, 40–60 mm), with sufficient moisture for maturation.

The year 2024 was characterized as unfavorable due to sharp weather fluctuations – a warm April (+12…+18 °C) led to early sowing, but May cooling (+8…+15 °C, cold rains 60–80 mm) caused uneven emergence and diseases; July was hot and dry (+25…+30 °C, precipitation <50 mm, dry winds), weakening flowering and pod setting; June and August had thunderstorms (60–70 mm), but overall moisture deficit led to reduced crop yield.

The year 2025 was close to normal, with moderate warming – May was warm (+14…+22 °C, 50–60 mm precipitation) for emergence; summer had rains (June–July: +18…+26 °C, 70-80 mm), but short droughts in August (+17…+25°C, 50 mm); September was cool (+12…+20 °C, 40 mm), with fogs that aided soybean yield formation.

Results and discussion. Nodules, as symbiotic structures, play a key role in providing plants with essential nutrients, particularly nitrogen. Studying the conditions that promote or inhibit their development is crucial for optimizing agronomic practices and increasing soybean yields. Analysis of factors such as moisture, temperature, soil type, and agronomic measures will help better understand the mechanisms of nodule formation and their significance for plant health.

We established that at different developmental stages of soybean plants, the rates of ammonium nitrate application and seed treatment with the Atuva biopreparation had varying impacts on the development of the plants' symbiotic apparatus. Thus, in the three true leaf stage, seed inoculation before sowing significantly enhanced the activity of nitrogen-fixing bacteria in variants without mineral fertilizer application: we counted 21.7 nodule, whereas without the biopreparation, their number was 19.2. The maximum number of nodules formed under N_{40} application, 26.4 per plant, but the rhizobial intensity was slightly lower than under natural plant nutrition – seed inoculation provided a significant difference, +2.2 per plant (Fig. 1).

At N_{60} application, nitrogen suppressed microbial activity, and the preparation's effect was insignificant, +0.7 nodules. Under N_{20}, the plant and rhizobial bacteria likely received a sufficiently low level of soil nitrogen, but enough for the plant to stimulate symbiotic bacteria development less. As a result, the biopreparation did not provide a noticeable increase in the number of nodules, as the plant and soil were already supplied with nitrogen at a basic level. Thus, the optimal combination was mineral nutrition at N_{40}, where nitrogen stimulated roots, and the biopreparation, where Atuva enhanced symbiosis.

It should be noted that a greater number of nodules formed at the optimal fertilizer application rate in the study – N_{40}, both with seed inoculation (26.4 nodules) and without the biopreparation (24.2 nodules), with this fertilizer rate being more effective without the biopreparation – the number of nodules increased by 5.0 compared to the control.

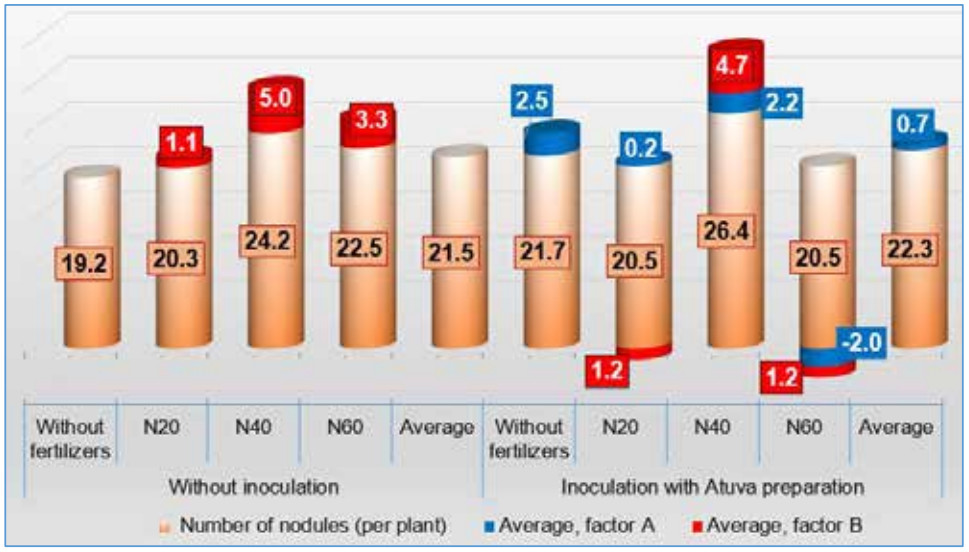


Fig. 1. Impact of the biopreparation and ammonium nitrate application rates on the number of nodules in the three true leaf stage, nodules per plant (2023-2025). $LSD_{0,5}$: factor A = 2.2, factor B = 4.6, factors AB = 5.4.

During the growth and development of soybean plants, we observed dynamic changes in the number of nodules, as well as changes in the role of the biopreparation and mineral fertilizer rate in regulating this indicator. Thus, we noted a positive dynamic in the number of nodules under seed inoculation in all fertilization variants (Fig. 2), except for N_{40} application (in early developmental stages of plants, this variant provided the greatest increase in the symbiotic apparatus).

It should be noted that the activity of the biopreparation was enhanced, especially under natural plant nutrition: the number of rhizobial bacteria was the highest, 67.5 per plant, with the greatest positive dynamics, +24.1. Mineral fertilizer application suppressed the activity of nitrogen-fixing bacteria, particularly at the N_{40} rate, where a negative dynamic was observed, -3.2, and moreover, the difference from the control (without inoculation) was significant.

At the initial stages of soybean vegetation, we observed a greater positive impact of mineral fertilizer on the formation of rhizobial bacteria without the use of the biopreparation, whereas at the onset of plant flowering, there was a tendency toward increased combined action of ammonium nitrate and inoculation on rhizobial activity, and moreover, the dynamics was negative.

Without seed inoculation with the biopreparation, a decrease in the number of nodules was observed from 43.4 to 35.9 per plant, with N_{60} application most strongly suppressing the formation of the symbiotic apparatus. Under N_{40} application, although a significant decrease in the number of nodules was noted, the difference from the control was the smallest, -2.9.

Seed treatment before sowing with the biopreparation intensified the negative trend of decreasing nodule number, and particular attention is drawn to soybean fertilization at the N_{40} rate: under this mineral nutrition background, an almost twofold decrease

in nodule number was observed compared to the control without fertilizers – 37.3 per plant (-30.2).

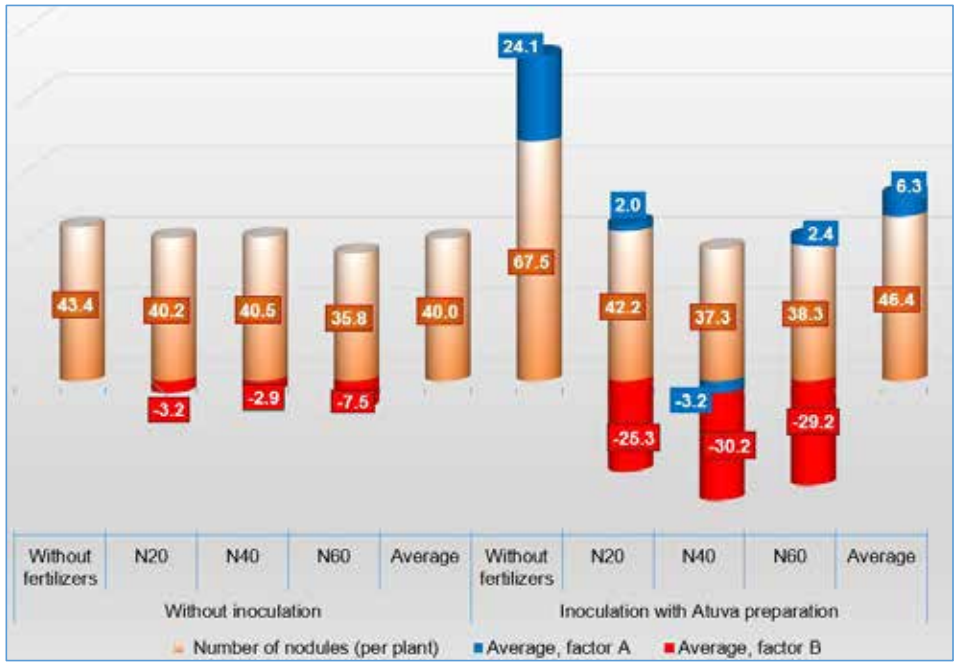


Fig. 2. Impact of the biopreparation and ammonium nitrate application rates on the number of nodules at the onset of flowering, nodules per plant (2023-2025)
$LSD_{0,5}$: factor A = 2.0, factor B = 3.0, factors AB = 4.3.

The mass of nodules per plant is a key indicator of symbiotic activity, determined by a complex of factors. At early developmental stages of soybean plants, the mass of rhizobia increases (from vegetative stage to the onset of flowering). The use of the biopreparation stimulates root system activity, activates nitrogen fixation, and ensures an increase in nodule mass. Therefore, the greatest effect of the biopreparation was observed in the variant without mineral fertilizers, where nodule mass at the three true leaf stage was 0.32 g per plant, increasing by 0.08 g compared to the control. Under N_{40} application, the mass of rhizobial bacteria was also at the level of 0.32 g, but it formed due to soil nitrogen, which suppressed bacterial activity (Fig. 3).

Ammonium nitrate has a dual effect – it stimulates plant growth but suppresses symbiosis because soybean primarily uses soil nitrogen. In our experiments without the biopreparation, the optimal rate was N_{40}, with nodule mass at 0.31 g and an increase of 0.08 g compared to the control. Increasing or decreasing the fertilizer rate led to a reduction in the mass of the soybean plants' symbiotic apparatus.

With combined use of the biopreparation and ammonium nitrate, the same trend persisted, but the negative dynamics were intensified. Under N_{60} and seed inoculation, the mass of rhizobial bacteria was the lowest in the study, at 0.20 g.

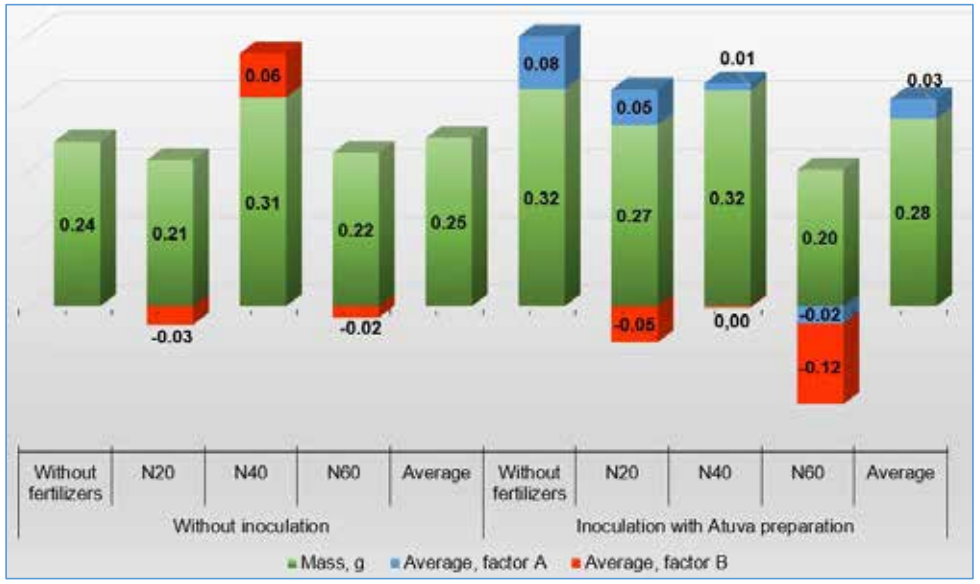


Fig. 3. Influence of the biopreparation and ammonium nitrate application rates on nodules mass at the three true leaf stage, gram from one plant (2023-2025)

$LSD_{0.05}$: A = 0.03; B = 0.05; AB = 0.07.

The mass of nodules peaked before soybean flowering. In our study, values ranged from 0.54 g to 0.81 g. Similar to early developmental stages, the greatest significant increase in rhizobial mass was observed under the influence of the biopreparation, an increase of +0.26 g compared to the absolute control, with mass reaching 0.79 g. The highest nodules mass was noted with the interaction of the biopreparation and minimal fertilizer application rate N_{20} – 0.81 g, with a significant increase of +0.09 g. It should be noted that without seed inoculation, this fertilizer variant also provided a higher nodules mass value of 0.72 g per plant (Fig. 4)

According to our research results, without seed inoculation with the biopreparation, soybean yield ranged from 33.77 to 34.90 t/ha, with the maximum value at N_{60} application. This indicates that nitrogen fertilizers alone had a moderate stimulating effect, but at the intermediate N_{40} rate, yield did not increase, possibly due to suppression of rhizobial symbiosis by NH4+ (Table 1).

The use of the Atuva biopreparation stabilized and increased yield: without fertilizers, yield was 33.66 t/ha, and with N_{60} application – 35.23 t/ha, exceeding the corresponding value without inoculation by 0.33 t/ha. This indicates that inoculation enhanced rhizobial activity, stimulating nodules formation, improving nitrogen fixation, and thus plant development even at higher nitrogen application rates.

The interaction of the biopreparation and mineral fertilizer in our study demonstrated a synergistic effect, where the optimal ratio between soil nutrition and symbiosis ensured the highest yield. The highest values were observed with seed inoculation using the biopreparation and N_{60} application, which contributed to a 4-5 % increase in soybean yield compared to the control without fertilizers and inoculation.

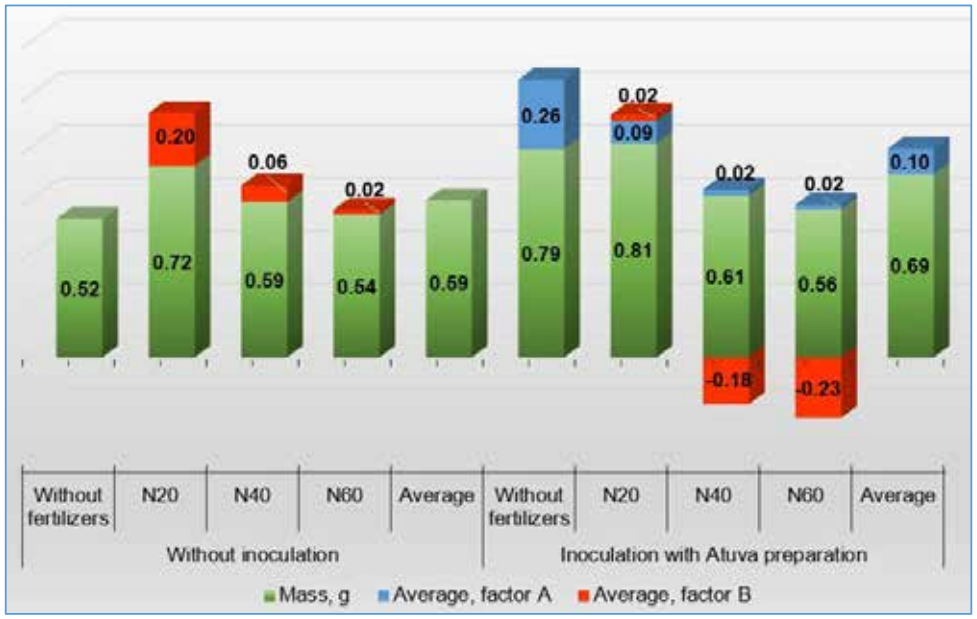


Fig. 4. Influence of the biopreparation and ammonium nitrate application rates on nodules mass at the onset of flowering. gram from one plant (2023-2025)

$LSD_{0.05}$: A = 0.05; B = 0.08; AB = 0.11.

Table 1

Influence of the biopreparation and ammonium nitrate application rates on soybean yield (2023-2025)

Seed inoculation (factor A)	Fertilizer application rate, (factor B)	Yield, t/ha	Average, factor A	Average, factor B	Difference, factor A	Difference, factor B
Without inoculation	Without fertilizers	33.77	34.18	33.72		
	N_{20}	34.27		34.27		0.50
	N_{40}	33.78		33.97		0.01
	N_{60}	34.90		35.07		1.13
Inoculation with Atuva preparation	Without fertilizers	33.66	34.33		-0.11	
	N_{20}	34.27			0.00	0.61
	N_{40}	34.15			0.37	0.49
	N_{60}	35.23			0.33	1.57
$LSD_{0.05}$: A=0.36 t/ha; B=0.54 t/ha; AB=0.79 t/ha.						

Conclusions. The results of our study allow us to draw the following conclusions:

1. At early developmental stages of soybean plants, seed inoculation before sowing with the Atuva preparation increased the average number of nodules per plant, with a maximum of 26.4 at N_{40} application; increasing the rate to N_{60} or decreasing to N_{20} reduced the number of nodules. Without inoculation, the number of nodules increased

from 19.2 (without fertilizers) to 24.2 (N_{40}) and decreased at N_{60} to 22.5, indicating stimulation of symbiosis by moderate nitrogen fertilizer rates and partial suppression by high rates.

2. Nodules mass at early developmental stages without inoculation increased from 0.21 g (N_{20}) to 0.31 g (N_{40}) and decreased to 0.22 g at N_{60} application. The use of the biopreparation contributed to an increase in nodule mass to 0.32 g, both without fertilizers and at the N_{40} rate.

3. During the growth and development of soybean plants, changes in nodules number were observed: positive dynamics in nodules number under seed inoculation in all fertilization variants except N_{40}; enhanced biopreparation activity under natural plant nutrition – the number of rhizobial bacteria was the highest at 67.5 per plant, with the greatest positive dynamics of +24.1; mineral fertilizer application, especially at N40, suppressed the activity of nitrogen-fixing bacteria.

4. The mass of nodules peaked before soybean flowering. The most significant increase in rhizobial mass was observed under the influence of the biopreparation, reaching 0.79 g, which is an increase of +0.26 g compared to the absolute control. The maximum nodules mass in the study was noted with the interaction of the biopreparation and N_{20} application – 0.81 g. With increasing ammonium nitrate rates, especially in combination with the biopreparation, nodule mass decreased. Excess mineral nitrogen suppressed the symbiosis development between the plant and rhizobial bacteria, reducing nitrogen fixation activity.

5. Without seed inoculation with the biopreparation, soybean yield ranged from 33.77 to 34.90 t/ha, with the maximum value at the N_{60} rate; under N_{40}, yield did not increase, possibly due to suppression of the rhizobial symbiosis. The use of the Atuva biopreparation contributed to increased soybean yield, with the highest yield of 35.23 t/ha obtained at the N_{60} application rate.

Thus, the use of the Atuva biopreparation in combination with moderate ammonium nitrate rates is an effective measure to enhance soybean yield, optimizing plant nitrogen nutrition, reducing stress factors, and improving economic production efficiency.

REFERENCES:

1. Shea Z., Singer W. M., Zhang B. Soybean Production, Versatility, and Improvement. *In book:* Legume Crops [Working Title]. 2020. https://doi.org/10.5772/intechopen.91778

2. Terzić D., Popovic V. M., Tatić M., Vasileva V. Soybean area, yield and production in world. *International Eco Conference*. 2018. P. 135-144. file:///C:/Users/User/Downloads/TerzicPopovicTaticetal.Soybean-Eco2018.pdf

3. FAO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2024. http://www.fao.org/3/cc8020en/cc8020en.pdf

4. Мізерник Д. В. Сучасний стан та перспективи вирощування сої в світі і україні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76(1). P. 36-47. https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-4

5. Романько А. Ю. Стан вирощування сої в Україні та Сумській області. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2017. № 9. С. 73–76. https://repo.snau.edu.ua/xmlui/handle/123456789/5776

6. Губенко Л. В., Голодна А. В., Ремез Г. Г. Вплив мінеральних добрив та бактеріальнихпрепаратів на урожайність та якість насіння сої. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. № 27, 2019: 89-96. https://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2019/27/Hubenko_27.pdf

7. Федорук І. В., Колодій В. А., Хмелянчишин Ю. В. Вплив елементів живлення на продуктивність сої. *Таврійський науковий вісник*. № 128. С. 221-228. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.30

8. Душко П. М., Шумигай І. В. Вплив систем удобрення на продуктивність рослин сої (*Glycine max* L.). *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 175-180. https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293796

9. Księżak J., Bojarszczuk J. The Effect of Mineral N Fertilization and Bradyrhizobium japonicum Seed Inoculation on Productivity of Soybean (Glycine max (L.) Merrill). *Agriculture*. 2022, 12(1), 110. https://doi.org/10.3390/agriculture12010110

10. Бараболя О. В., Найдон М. Й., Кононенко С. М., Коровніченко С. Х. Вплив мінерального живлення на продуктивність сої. *Науковий прогрес та інновації*. 2020. № 4, 35–44. https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.04

11. Nematova Feruzakhon Jamol kizi. The effect of mineral fertilizers on the yield and oil content of soybean grains of the arleta variety. *American journal of agriculture and horticulture innovations.* 2022. 02(05):19-24. https://doi.org/10.37547/ajahi/Volume02Issue05-04

12. Фурман В. Вплив мінеральних добрив та інокуляції на формування індивідуальної та насіннєвої продуктивності сої в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2021. Випуск 91. С. 82-92. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202191-07

13. Mashchenko Yu. V. Sokolovska I. M. Productivity of soybean depends on predecessors and fertilizer systems in short-rotation crop rotations of the steppe zone of Ukraine. *Аграрні інновації*. 2023. № 20. 50-55. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.8

14. Sokolovska I. M., Mashchenko Yu. V., Zharko D. A. Productivity of soybean depending on the predecessor and fertilization system in the conditions of the steppe of Ukraine. Таврійський науковий вісник. 2024. № 136. Частина 2. С. 142-151. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.18

15. Mashchenko Yu. V., Sokolovska I. M., Zvezdun O. M. Yield and economic efficiency of soybean cultivation in different models of short-rotation crop rotations. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024, № 37. С. 76-86. https://doi.org/10.36710/IOC-2024-37-08

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

17. Фіненко І. І., Білявська Л. Г., Снітко Л. О. Соя – стратегічна культура світового землеробства. Полтавська державна аграрна Академія. Полтава. 2017. 100 с. https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/3165/soya.pdf

18. Hamza M., University O. M., Basit A. W., Shehzadi I., Tufail U. Global Impact of Soybean Production: A Review. Asian Journal of Biochemistry, *Genetics and Molecular Biology*. 2024. Vol. 16, No. 2. P. 12-20. https://doi.org/10.9734/ajbgmb/2024/v16i2357

Дата першого надходження рукопису до видання: 12.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 635.21:631.523
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.16

ЕНЕРГЕТИЧНА ЦІННІСТЬ ТА БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД СОРТІВ КАРТОПЛІ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ

Дрозденко А.Ю. *– аспірант кафедри біотехнології та хімії,*
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0004-9225-3183
Христенко А.О. *– аспірант кафедри біотехнології та хімії,*
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0003-6841-8403
Поливаний А.Д. *– аспірант кафедри біотехнології та хімії,*
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-8363-7186

Історично основний акцент у селекції робився на підвищенні врожайності, в той час як якість часто залишалася на другому плані. Сьогодні актуальний підхід до селекції картоплі спрямований на розробку високопродуктивних інтенсивних сортів із пріоритетними якісними характеристиками, які чітко відповідають напрямам використання продукції.

Дослідження виконували в умовах ТОВ «Агробізнес ТСК» Роменського району Сумської області впродовж 2021-2023 років з вирощуванням сортів картоплі різних груп стиглості. Аналіз показників біохімічного складу бульб сортів та кулінарні якості визначили позитивні та негативні зв'язки. Смак бульб залежить від їх крохмалистості (r= 0,657), цукристості (r= 0,450), білковості (r= -0,390), співвідношення крохмаль/білок (r= 0,470). Показники текстури значною мірою обумовлені вмістом крохмалю, білку та їх співвідношенням. Між смаком та вмістом амінокислот ($t_ф$= 0,79) і мінеральних елементів ($t_ф$= 0,93) виявлена несуттєва залежність.

Результати досліджень показали, що середньостиглі сорти картоплі, такі як Сіфра та Джеллі, характеризуються високими споживчими властивостями та можуть бути рекомендовані для створення селекційних програм, спрямованих на отримання столових сортів з різними напрямами використання.

Розроблені математичні моделі для прогнозування основних характеристик кулінарних якостей сприятимуть підвищенню ефективності селекції картоплі. Аналіз морфологічних та господарсько значущих ознак сортів включав дослідження біохімічного складу, смакових властивостей і харчової цінності їхніх бульб. Встановлено, що ці параметри залежать від стиглості сорту та його генетичних особливостей.

На основі вивчення біохімічних особливостей, які впливають на кулінарну якість сортів, розроблено математичні моделі та рівняння регресії для передбачення рівня текстури й смакових властивостей. З урахуванням енергетичної цінності, перспектив збільшення виробництва картоплі як харчового продукту, а також відмінних або добрих кулінарних властивостей виділено сорти Сіфра, Джеллі, Берніна і Балтік Фаєр, що належать до різних груп стиглості.

Проведений розподіл сортів столової картоплі за кулінарно-споживчими типами відповідно до потреб конкретного споживача дозволить підвищити конкурентоспроможність цих сортів на сучасному ринку харчових продуктів.

Ключові слова: *картопля, крохмаль, калорійність, кулінарно-споживчі якості, біохімічна природа, сорт.*

© Дрозденко А.Ю., Христенко А.О., Поливаний А.Д., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Drozdenko A.Yu., Khristenko A.O., Polyvany A.D. Energy value and biochemical composition of potato varieties of different ripeness groups

Historically, the main emphasis in breeding was on increasing yield, while quality often remained in the background. Today, the current approach to potato breeding is aimed at developing high-yielding intensive varieties with priority quality characteristics that clearly correspond to the areas of product use.

The research was carried out in the conditions of LLC «Agrobusiness TSK» of the Romensky district of the Sumy region during 2021-2023 with the cultivation of potato varieties of different maturity groups. Analysis of the indicators of the biochemical composition of tubers of varieties and culinary qualities identified positive and negative relationships. The taste of tubers depends on their starchiness (r= 0.657), sugar content (r= 0.450), protein content (r= -0.390), starch/ protein ratio (r= 0.470). Texture indicators are largely determined by the content of starch, protein and their ratio. A non-significant relationship was found between taste and the content of amino acids (tф= 0.79) and mineral elements (tф= 0.93).

The results of the research showed that mid-ripening potato varieties, such as Sifra and Jelly, are characterized by high consumer properties and can be recommended for creating breeding programs aimed at obtaining table varieties with different areas of use.

The developed mathematical models for predicting the main characteristics of culinary qualities will contribute to increasing the efficiency of potato breeding. The analysis of morphological and economically significant traits of varieties included the study of the biochemical composition, taste properties and nutritional value of their tubers. It was established that these parameters depend on the ripeness of the variety and its genetic characteristics.

Based on the study of biochemical features that affect the culinary quality of varieties, mathematical models and regression equations were developed to predict the level of texture and taste properties. Taking into account the energy value, prospects for increasing potato production as a food product, as well as excellent or good culinary properties, the varieties Sifra, Jelly, Bernina and Baltic Fire, belonging to different ripeness groups, were selected.

The distribution of table potato varieties by culinary and consumer types in accordance with the needs of a particular consumer will allow increasing the competitiveness of these varieties in the modern food market.

Key words: *potatoes, starch, calorie content, culinary and consumer qualities, biochemical nature, variety.*

Вступ. В умовах підвищення виробництва картоплі та використання її як продукту харчування гостро постає проблема якості. Науковці постійно у пошуку зв'язків між окремими показниками якості і фізичними, анатомо-фізіологічними ознаками бульб та їх біохімічним складом. Об'єктивна оцінка різних ознак якості та їх мінливість залежно від сорту дає можливість задовільнити вимоги споживача. Хоча державний сучасний сортовий фонд класифікує картоплю лише як столову без розподілу на кулінарно-споживчі типи.

Енергетичним матеріалом картоплі є крохмаль. Середня калорійність 100 г харчової порції картоплі становить від 50 до 85 калорій, максимальна – 93 калорії і містить необхідні поживні речовини такі, як калій – 18 % від добової потреби, вітамін С – 45 % потреби і харчові волокна – 8 % [1]. Визначено основні фактори, що впливають на фізико-хімічні, реологічні та структурні властивості крохмалів, придатного для харчового використання [2, 3]. З точки зору засвоювання крохмалю найбільш корисна, як субстрат ферментації для пробіотичних бактерій, його не гідролізована волокниста фракція (PS). У сирому стані крохмаль картоплі має 75 % такої фракції, при готуванні вона зменшується на 5-10 %. Незважаючи на очевидні позитивні наслідки для здоров'я людини за норми 20 г на добу, щоденне споживання PS в країнах Європи, Індії, Новій Зеландії, Австрії та Сполучених Штатах коливається від 2 до 10 г, у Китаї – 18 г, а в країнах, що розвиваються – може досягати 40 г. Важливість харчової цінності картоплі в великій кількості каротиноїдів в бульбах з жовтим м'якушем, з іншим забарвленням – вітамінів С, B_6 і B_9. Картопля добре відома як джерело калію [4, 5, 6].

У періоди 1979–1998 років та 2002–2016 років проведено численні дослідження, присвячені кулінарним властивостям картоплі, які висвітлено як у вітчизняних [7, 8], так і в зарубіжних [9, 10] наукових публікаціях. У ході цих досліджень було встановлено деградацію фізико-хімічних, сенсорних та текстурних характеристик картоплі залежно від вибору способу її приготування. Втрати поживних фенольних сполук бульб картоплі з фіолетовим м'якушем при кип'ятінні становлять – 44 %, мікрохвильовій печі – 52 %, запікання – 53 %; смаження картоплі з червоним м'якушем супроводжується втратою цих сполук на 72 %, запікання – 40 %, приготування на пару – 12 %, відварювання у воді – 7 %, мікрохвильове приготування – 0 %. Тобто, сортам з фіолетовим м'якушем найбільших втрат фенольних сполук завдає запікання, з червоним м'якушем – смаження [11].

Останнім часом значна увага зосереджується на інноваційних нетеплових технологіях, які сприяють покращенню текстурних, хімічних і харчових властивостей продуктів, змінених у процесі смаження. [12]. Розглянуті такі засоби поліпшення якості бульб картоплі як опромінення, холодна плазма, ультразвук, імпульсні електричні поля та висока обробка тиском.

Селекціонери-картоплярі працюють над створенням нових сортів картоплі придатних до промислової переробки та столових сортів з підвищеною харчовою цінністю і високими кулінарними якостями. Створення сортів картоплі нового покоління обумовили напрям сучасних досліджень.

Мета досліджень – оцінка споживчої якості сортів картоплі. До завдань досліджень входило виділення найбільш перспективних сортів за енергетичною і харчовою цінностями, технологічними і кулінарними якостями та розподіл їх за кулінарно-споживчим типом столової картоплі.

Постановка завдання. Дослідження виконували в умовах ТОВ «Агробізнес ТСК» Роменського району Сумської області впродовж 2021-2023 років з вирощуванням сортів картоплі різних груп стиглості: ранньостиглі (Коломба, Анушка), середньоранні (Берніна, Балтік Фаєр), середньостиглі (Сіфра, Джеллі). Різні погодні умови періоду вегетації картоплі за даними Інституту сільського господарства Північного Сходу НААНУ (2021 р. – перезволоження, 2022 р. – достатнє зволоження, 2023 р. – посуха) обумовили об'єктивну оцінку отриманих результатів досліджень.

Компоненти біохімічного складу товарних бульб досліджували за допомогою інфрачервоного аналізатора; кулінарні якості (смак, розварюваність, консистенція, борошнистість, потемніння м'якуша) оцінювали органолептичним методом за 9-ти бальної шкали, де 9 – саме високе вираження ознаки, за Методичних рекомендацій Інституту картоплярства НААН України [13]. Біохімічну природу показників кулінарної якості визначали встановленням зв'язку між відібраними ознаками і кількісною оцінкою за використанням кореляційного і регресійного аналізів; калорійну цінність сортів розраховували експрес-методом [14].

Виклад основного матеріалу дослідження. Враховуючи загальноприйняте твердження про те, що основним енергетичним компонентом картоплі майже повністю (на 96%) є крохмаль, а також проаналізувавши його рівень у досліджуваних сортах, було встановлено, що середня калорійність 100 грамів свіжої картоплі становить 44 калорії. Мінімальний показник калорійності зафіксовано на рівні 30 калорій, тоді як максимальний сягає 58. Більшою калорійною цінністю характеризувалися середньостиглі сорти Сіфра, Джеллі з підвищеним (20,2-22,1%) і середньоранні Берніна, Балтік Фаєр з високим (17,9-20,0%) вмістом крохмалю. Для інших сортів в розрізі груп стиглості встановлені відхилення як від максимального

значення калорійності виділених цінних форм, так і від цього показника сортів стандартів. Крім цього, з точки зору виробництва сортів картоплі як продукту харчування, при фактичній товарній урожайності середній потенційний рівень їх енергетичної цінності у розрахунку на одиницю площі може досягати 17 тис. ккал., максимальний – 22.

Результати енергетичної цінності досліджуваних сортів різних груп стиглості у порівнянні з сортом стандартом наведені в таблиці 1. Калорійна цінність середньостиглих сортів перевищує калорійність середньоранніх і ранньостиглих у 1,2–1,6 рази.

Аналіз енергетичного потенціалу різних сортів картоплі дозволяє робити висновки щодо їхньої придатності для вживання у різних дієтичних і харчових програмах. Наприклад, сорти з підвищеним вмістом крохмалю мають вищу калорійну цінність і часто використовуються у промисловому виробництві крохмалю та інших похідних продуктів. Водночас багаті на білок сорти більше відповідають потребам харчування з підвищеними вимогами до білкової складової.

Таблиця 1

Енергетична цінність різних сортів картоплі, середнє за 2021-2023 рр.

Сорт	Вміст, кал/100 г продукта			Вихід, тис. ккал/га		
	$\overline{X}$	± до максимального значення	± до стандарту сорт Смуглянка	$\overline{X}$	± до максимального значення	± до стандарту сорт Смуглянка
Ранньостиглі						
Коломба	40,1	0	-8,2	14,5	-3,8	-4,3
Анушка	32,6	-7,5	-15,7	12,4	-5,9	-6,4
Середньоранні						
Берніна	49,6	0	+1,3	20,0	-0,2	+1,2
Балтік Фаєр	43,9	-5,4	-4,4	17,9	-4,2	-1,0
Середньостиглі						
Сіфра	58,3	0	+10,0	20,2	0	+1,4
Джеллі	55,5	-2,8	+7,2	22,1	0	+3,3

Детальне дослідження цього аспекту сприяє оптимізації процесів вирощування й селекції картоплі, забезпечуючи не лише задоволення потреб населення, а й підвищення ефективності використання земельних ресурсів. Таким чином, вивчення енергетичної цінності різноманітних сортів картоплі є важливим напрямом для забезпечення продовольчої безпеки та поліпшення якості харчування.

Порівняно з енергетичною цінністю сорту стандарту Смуглянка (48 кал) перевагу в 7,2-10,0 кал/100 г продукту мали середньостиглі сорти Сіфра та Джеллі. Що стосується енергетичної цінності окремої групи стиглості сортів у розрахунку на одиницю площі, то середньостиглі та середньоранні форми на 1,3 і 1,15 тис. ккал переважали сорт стандарт (18,8 тис. ккал/га). Крім цього, виявлена практично однакова цінність групи середньостиглих сортів (19,1 тис. ккал) і сорту Смуглянка (18,8 тис. ккал/га).

На формування смаку впливали деякі компоненти біохімічного складу бульб сортів картоплі різних груп стиглості (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив біохімічного складу картопляних бульб різних сортів на їх смакові характеристики, середнє 2021-2023 рр.

Смак		Вміст, % на суху масу					Співвідношення крохмаль/ білок
Ступень прояву	оцінка, бал	крохмаль	цукри	білок	амінокислоти	попіл	
Відмінний (Берніна, Сіфра)	9	73,1	0,12	5,9	2,3	2,5	13,9
Дуже добрий (Балтік Фаєр, Джеллі)	7	58,7	0,19	6,8	2,8	2,4	10,7
Добрий (Коломба)	6	61,7	0,13	6,5	2,5	2,4	9,7
Задовільний (Анушка)	3	55,1	0,18	6,8	2,6	2,5	8,8

Покращення смакових характеристик було зафіксовано при зростанні вмісту крохмалю з 55,1 до 73,1% та зміні співвідношення крохмаль/білок з 13,9 до 8,8. Натомість погіршення смаку пов'язується зі збільшенням вмісту білків (з 5,9 до 6,8%) та цукрів (з 0,12 до 0,18%). Загалом смак на 43,2% визначається рівнем крохмалю (tф = 3,82 > t05 = 2,09), на 20,2% – вмістом цукрів, на 15,3% – білків і на 22% – співвідношенням крохмаль/білок. (табл. 3).

Між дослідженими показниками біохімічного складу бульб сортів і кулінарними якостями встановлені позитивні та негативні зв'язки. Смак бульб залежить від їх крохмалистості (r= 0,657), цукристості (r= 0,450), білковості (r= -0,390), співвідношення крохмаль/білок (r= 0,470).

Таблиця 3

Результати аналізу регресії ознак, t_{05}=2,09

Ознака		r	sr	d_{yx}	$t_ф$	Y=a+bx
Y	x					
Смак	Крохмаль	0,657	0,172	0,432	3,82	0,171x+3,682
	Цукри	-0,450	0,201	0,202	2,21	-1,399x+6,556
	Білок	-0,391	0,211	0,153	2,06	-0,171x+7,467
	Співвідношення крохмаль/білок	0,470	0,202	0,220	2,14	0,114x+5,189

Показники текстури значною мірою обумовлені вмістом крохмалю, білку та їх співвідношенням. Між смаком та вмістом амінокислот ($t_ф$= 0,79) і мінеральних елементів ($t_ф$= 0,93) виявлена несуттєва залежність.

Висновки. Отримані результати довели, що середньостиглі сорти Сіфра та Джеллі мали високі споживчі якості та можуть бути рекомендовані для селекції високоцінних столових сортів картоплі різного напряму використання. Розроблені математичні моделі для прогнозування рівня значення основних показників кулінарних якостей підвищать ефективність селекційного процесу картоплі.

На основі визначення біохімічної природи кулінарної якості сортів розроблено математичні моделі та рівняння регресії для прогнозу рівня значення показників текстури та смаку. За сукупністю енергетичної цінності, можливості збільшення виробництва картоплі як продукту харчування та відмінними і добрими кулінарними якостями виділено сорти Сіфра, Джеллі, Берніна та Балтік Фаєр, які належать до різних груп стиглості. Проведений розподіл сортів за кулінарно-споживчим типом столової картоплі, орієнтований на вимоги конкретного споживача, забезпечить можливість конкурентоздатності цих сортів картоплі на сучасному продовольчому ринку. Подальші дослідження спрямовані на оцінку стійкості сортів до основних розповсюджених хвороб та шкідників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sastry S. Jayanty, Kalita Diganta, Bough Raven. Effects of cooking methods on nutritional content in potato tubers. *American journal of potato research*. 2018. https://doi.org/10.1007/s12230-018-09704-5

2. Şerban A.M., Mariana Trifan, Oana-ViorelaNistor, Doina Georgeta Andronoiu,G.D. Mocanu, Elisabeta Botez. Effects of boiling on chemical properties, texture and quality of potatoes. *Agriculture – Science and Practice*. 2014. Vol. 89(1-2), P. 41–48. https://doi.org/10.15835/arspa.v89i1-2.10230

3. Yali Yang, Isabel Achaerandio, Montserrat Pujola. Effect of the intensity of cooking methods on the nutritional and physical properties of potato tubers. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 19. P. 1301–1310. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.028

4. Navarre D.A., Shakya R., Hellmann H. Vitamins, Phytonutrients, and Minerals in Potato. *Advances in Potato Chemistry and Technology*. 2016. P. 117–166. https://doi.org/10.1016/B978–0–12–800002–1.00006–6

5. Wijesinha–Bettoni R., Mouillé B. The Contribution of Potatoes to Global Food Security, Nutrition and Healthy Diets. *American Journal of Potato Research*. 2019. Vol. 96(2). P. 139–149. https://doi.org/10.1007/s12230–018–09697–1

6. von Gehren, Philipp, Svenja, Bomers, Tanja, Tripolt, Josef, Söllinger, Noémie, Prat, Berta, Redondo, Romans, Vorss, Markus, Teige, Anita, Kamptner, & Alexandra, Ribarits. Farmers Feel the Climate Change: Variety Choice as an Adaptation Strategy of European Potato Farmers. *Climate.* 2023. Vol. 11(9). P. 189. https://doi.org/10.3390/cli11090189

7. Писаренко Н., Сидорчук В., Захарчук Н. Вивчення адаптивних здібностей сортів картоплі за ознакою «врожайність» в умовах Центрального Полісся. *Передгірне та гірське землеробство та скотарство*. 2022. Вип. 71(1). С. 123–140. https://doi.org/10.32636/01308521

8. Тактаєв Б.А., Фурдига М.М., Олійник Т.М., Подберезко І.М., Подгаєцький А.А., Чередниченко Л.М. Створення стійкого до хвороб селекційного матеріалу картоплі з комплексом основних господарських та цінних ознак. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія та біологія*. 2023. Вип. 53(3). С. 91–98. https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.3.13.

9. Hussain M., Qayum A., Xiuxiu Z., Liu L., Hussain K., Yue P., Yue S., Koko Y.F.M., Hussain A., Li X. Potato protein: An emerging source of high quality and allergy free protein, and its possible future based products. *Food Research International*. 2021. Vol. 148. P. 110583. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110583

10. Goffart J.P., Haverkort A., Storey M., Haase N., Martin M., Lebrun P., Ryckmans D., Florins D., Demeulemeester K. Potato Production in Northwestern Europe (Germany, France, the Netherlands, United Kingdom, Belgium): Characteristics, Issues, Challenges and Opportunities. *Potato Res*. 2022. Vol. 65. P. 503–547.

11. Duroy A. Navarre, Brown Charles R., Sathuvalli Vidyasagar R. Potato vitamins, minerals and phytonutrients from a plant biology perspective. *American journal of potato research*. 2019. https://doi.org/10.1007/s12230-018-09703-6

12. Dourado Cátia, Pinto Carlos, Barba Francisco J., Lorenzo Jose M., Delgadillo Ivonne, Saraiva Jorge A. Innovative non-thermal technologies affecting potato tuber and fried potato quality. *Trends in Food Science & Technology*. 2019. https:// doi.org/10.1016/j. tifs. 2019. 03. 015

13. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. *Немішаєве*. 2002. 214 с.

14. Glaz B., Yeator K.M. Applied Statistics in Agricultural, Biological and Environmental Science. *American Society of Agronomy, Soil Sciens Society of America, Crop Science Society of America*. 2018. 510 p.

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 632.7-047.64:631.582] (477.4)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.17

ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ БАГАТОЇДНИХ ВИДІВ КОМАХ-ФІТОФАГІВ У СУЧАСНИХ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ ПОЛЬОВИХ СІВОЗМІНАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Доля М.М. *– доцент с.-г.н.,*
професор кафедри захисту та карантину рослин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-0458-9695
Кукса С.О. *– аспірант кафедри захисту та карантину рослин,*
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0009-0008-0551-9262

У 2020-2025р.р. опрацьовано методологічні засади формування сезонної динаміки чисельності фітофагів і механізмів саморегуляції і контролю ентомокомплексів польових культур у системах No-till технологій [1 ст.33-35]. За матеріалами досліджень уточнена ентомологічна структура сучасних ланцюгів сівозмін і розроблено комплексні заходи із програмним положенням на засадах інноваційних рішень моніторингу багатоїдних видів комах фітофагів та забезпечення високої ефективності контролю шкідників на видовому і популяційному рівнях [2 ст.43-45]. Відпрацьовано у виробництво нові, концептуальні і практичні положення щодо ринкових транзакцій спеціальної біологічно спрямованої системи захисту рослин для системи No-till із збереженням механізмів саморегуляції домінуючих видів комах фітофагів за короткоротаційних сівозмін [3 ст.123]. При цьому підвищена продуктивність районованих і перспективних сортів та гібридів польових культур за ступенем шкідливості багатоїдних та вузькоспеціалізованих видів фітофагів у проектах трансферу вологозберігаючих, ресурсоощадних No-till та Mini-till із визначенням фахового супроводу формування і контролю розвитку регіонального кластерного об'єднання у сфері високоякісного захисту рослин і вирощування зернових та технічних культур.

Так, за фенологічних спостережень сформовані тестові показники для моделей і прогнозу розвитку розмноження та шкідливості домінуючих видів комах-фітофагів в умовах ринкової трансформації та змін клімату на підставі уточненої ресурсощадної концепції та за результатами проведеного аналізу окремих механізмів стійкості польових культур до комплексу видів шкідників. Зокрема, із уточненням сучасних закономірностей сезонної динаміки чисельності лучного метелика залежно від погодно-кліматичних умов, які підвищують інформативність системи фітосанітарної безпеки та науково-обґрунтованого контролю в рослинництві за новітнього дистанційного прогнозу фітосанітарного стану сучасних агроценозів України. При цьому, результати отриманих даних узагальнені за положенням як Світової Організації Торгівлі (WTO), так і Міжнародної конвенції захисту рослин (IPPC) та національних рівнів ефективності фітосанітарних заходів за глобальних змін клімату. Визначена хімічна і біологічна спрямованість у розробці та впровадженні в агроценозах екологічно безпечних систем захисту рослин із сталим управлінням сівозміною, грунтовими і селекційно-генетичними ресурсами України.

Ключові слова: *короткоротаційні сівозміни; No-till; лучний метелик; прогноз розвитку шкідників; багатоїдні комахи-фітофаги.*

Dolia M.M., Kuksa S.O. Peculiarities of Polyphagous Phytophagous Insect Control in Modern Short-Rotation Field Crop Rotations of the Forest-Steppe of Ukraine

In 2020–2025, methodological foundations were developed for shaping the seasonal population dynamics of phytophagous insects and for understanding the mechanisms of self-regulation and control within entomocomplexes of field crops under No-till technology systems

© Доля М.М., Кукса С.О., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

[1 p.33-35]. Based on the research materials, the entomological structure of modern crop rotation chains was refined, and a set of integrated measures was developed with programmatic provisions grounded in innovative solutions for monitoring polyphagous phytophagous insect species and ensuring high efficiency of pest control at both species and population levels [2 p.43-45].

New conceptual and practical provisions were introduced into production concerning market transactions within a specialized biologically oriented plant protection system for No-till, aimed at preserving mechanisms of self-regulation in dominant phytophagous insect species under short-rotation crop systems [3 p.123]. At the same time, productivity was increased for regionally adapted and promising varieties and hybrids of field crops according to the degree of harmfulness posed by polyphagous and narrowly specialized phytophagous species within projects transferring moisture-saving, resource-efficient No-till and Mini-till technologies, with professional support provided for forming and controlling the development of a regional cluster association in the field of high-quality plant protection and cultivation of grain and industrial crops.

Phenological observations made it possible to form test indicators for models and forecasts of the reproduction and harmfulness of dominant phytophagous insect species under conditions of market transformation and climate change, based on a refined resource-saving concept and the results of analyses of specific resistance mechanisms in field crops to complexes of pest species. In particular, modern patterns of the seasonal population dynamics of the meadow moth were clarified depending on weather-climatic conditions, which increased the informativeness of the phytosanitary safety system and scientifically based plant protection control within the framework of advanced remote forecasting of the phytosanitary status of Ukraine's contemporary agrocenoses.

The results obtained were summarized in accordance with the provisions of both the World Trade Organization (WTO) and the International Plant Protection Convention (IPPC), as well as national standards for phytosanitary measure effectiveness amid global climate change. The chemical and biological orientations were identified for the development and implementation of environmentally safe plant protection systems in agrocenoses, accompanied by sustainable management of crop rotation, soil, and genetic-breeding resources of Ukraine.

Key words: *short-rotation crop rotations; No-till; meadow moth; pest development forecasting; polyphagous phytophagous insects.*

Актуальність теми дослідження. У 2023-2025р.р. за результатами досліджень узагальнені показники інтегрування наземних та дистанційних методів виявлення і сезонного спостереження динаміки чисельності і шкідливості багатоїдних видів комах-фітофагів на місцевому регіональному рівні [1 ст.34]. Встановлено, що на основі даних моніторингових досліджень ентомокомплексів польових культур доцільно прогнозувати сезонну динаміку чисельності окремих видів комах-фітофагів у ланцюгах трофічних зв'язків: «ґрунт – система обробітку ґрунту – рослина – багатоїдні фітофаги» із уточненими алгоритмами при оптимізації агроценозів за No-till. Із узагальненням комплексу факторів розроблені підходи до фенологічних строків контролю досліджених ентомологічних груп членистоногих з оптимізацією строків та норм застосування сучасних інсектицидів із саморегуляцією ентомокомплексу соняшнику до їх природного стану. Регіонально узагальнене інформаційно-аналітичне, методичне та модельне системне комплексне оцінювання розвитку, розмноження і шкідливості багатоїдних видів фітофагів за різних рівнів інтенсифікації ведення короткоротаційних польових сівозмін, що за No-till сприяло оптимізації техногенного впливу землеробства як за вологих, так і посушливих років [4 ст.66-68]. При цьому, теоретично узагальнені і визначені найбільш чутливі та інформативні показники агроценозів із видовими сенсорами антропогенних змін угідь районів спостережень, що впливають на розвиток і розмноження та шкідливість багатоїдних видів комах-фітофагів у Лісостепу України.

Постановка проблеми. У сучасних короткоротаційних сівозмінах Лісостепу України, особливо за умов застосування No-till технологій, зростає потреба

у вдосконаленні системи контролю багатоїдних комах-фітофагів. Кліматичні зміни, інтенсифікація землеробства та трансформація агроценозів призводять до ускладнення прогнозування сезонної динаміки чисельності шкідників і підвищення їх шкідливості. Існуючі методи моніторингу та регуляції ентомокомплексів потребують оновлення з урахуванням дистанційних технологій спостереження, фенологічних моделей і ресурсощадних рішень. Відсутність достатньо адаптованих до умов No-till систем захисту ускладнює забезпечення стабільної продуктивності польових культур та ефективного контролю домінуючих видів фітофагів. Це зумовлює необхідність розроблення науково обґрунтованих методів прогнозування, оцінювання ризиків і оптимізації заходів захисту рослин у сучасних агроекосистемах.

Методика досліджень. Дослідження проведені на стаціонарних і тимчасових варіантах ресурсоощадних систем вирощування соняшнику в Полтавській області ПП «Великообухівське».

Виявлення та обліки багатоїдних комах-фітофагів проводили відповідно методичних рекомендацій щодо складання прогнозу розвитку та обліку багатоїдних шкідників, шкідників і хвороб зернових, зернобобових культур, багаторічних трав (для оцінки економічних результатів господарської діяльності) [Борзих О. І., Гетьман С.В., Чайка В.М та інші]. – Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, 2019 рік. – 144с.

Результати досліджень. У 2022-2025р.р. уточнена біологія і екологія багатоїдних видів комах-фітофагів і удосконалена система оцінювання ступеня їх шкідливості як за сучасних антропічних, так і абіотичних чинників [1 ст.4] із науково-обґрунтованою основою раціонального застосування засобів захисту польових культур від шкідників у Лісостепу України. При цьому розроблені системні положення моніторингу і основи механізмів контролю поширення багатоїдних видів комах-фітофагів у короткоротаційних польових сівозмінах із прогнозуванням їх чисельності за антропогенного впливу. Визначено, що у сучасних технологіях ведення рослинництва стійкість сортів і гібридів польових культур до фітофагів вагомими є коливання погоди, а також фітосанітарний стан сівозміни і якісні показники та рівні родючості ґрунтів. З урахуванням цього заходи контролю фітофагів оптимізуються за умов виконання комплексу технологічних рішень. Зокрема, новітніх методів діагностики фітосанітарного стану угідь із використанням ГІС-технологій, запровадження обґрунтованих сівозмін, використання проміжних культур із фітокультуруванням за якісної системи трансформації органічної речовини та зменшенням собівартості вирощування і підвищення стресової стійкості польових культур за No-till [5 ст.166-167].

Доведено перевагу використання новітнього методу моделювання чисельності багатоїдних видів комах-фітофагів за змін структури польових сівозмін із адаптивними заходами щодо управління органічним вуглецем та стабілізацію як механізмів саморегуляції ентомокомплексів, так і ефективності No-till у контексті низьковуглецевого стану агроценозів.

Отже, система основного обробітку ґрунту та удобрення, а також насичення сівозмін зерновими культурами впливають на сезонну і багаторічну динаміку чисельності багатоїдних видів комах-фітофагів за загальноприйнятих і No-till технологій. З урахуванням коливань кліматичних умов та закономірних змін основних параметрів біогенних елементів у сівозмінах і грунті підтверджено взаємозв’язок фітофагів і культурних рослин та продуктивність досліджених сортів і гібридів за ресурсоощадних технологій.

За матеріалами спостережень удосконалено теоретичні засади заходів щодо підвищення ефективності контролю фітофагів на видовому рівні. Так, застосування моделей прогнозу розмноження досліджених видів фітофагів в умовах недостатнього ресурсного забезпечення під час воєнного стану та повоєнного відновлення ефективно проводити за комплексом прийомів оптимізації гідротермічних умов, посилення ролі біологічного захисту рослин і агротехнічних прийомів контролю фітофагів за No-till [6 ст.26-27].

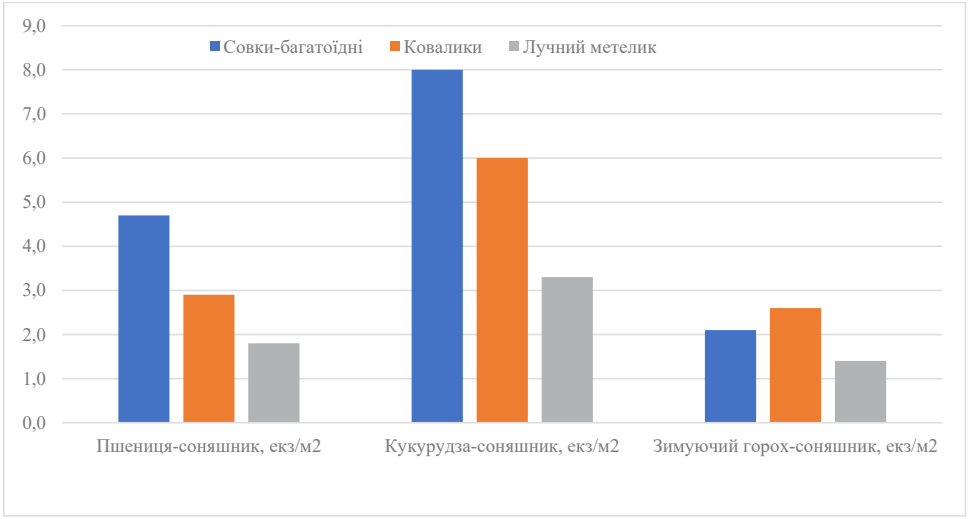


Рис. 1. Заселення посівів соняшнику домінуючими видами багатоїдних комах-фітофагів за ланками польових сівозмін та No-till у Лісостепу України (в середньому за 2023-2025р.р.)

За особливостями біології та екології, виявлених у ланках сівозмін багатоїдних комах-фітофагів, відмічені сучасні закономірності взаємовідносин членистоногих за змін формування фауни агроценозів при No-till. Основою стійкості механізмів саморегуляції ентомокомплексів соняшнику виявилась сівозміна із щорічної міграцією та накопиченням по попередниках окремих видів багатоїдних комах-фітофагів. Однак, сезонна динаміка чисельності яких щорічно формувалася на усіх варіантах систем обробітку грунту. В роки досліджень цей процес набував стійких форм за рахунок домінуючих багатоїдних видів шкідників, що зимували на обстежених полях. Міграція їх супроводжувалась у першу чергу крайовим заселенням посівів соняшнику із зростанням ступеня пошкодження рослин за стерньових попередників і кукурудзи. Характерно, що за No-till економічні пороги шкідливості домінуючих видів фітофагів практично не перевищували допустимі рівні. Однак, комплексний поріг шкідливості багатоїдних видів фітофагів виділено як фактор оптимізації за хімічного захисту соняшнику при No-till із урахуванням етапів органогенезу, що сприяють наявності та ефективності ентомофагів [7 ст. 152-153] (рис. 1).

В роки досліджень технологічну ефективність препарату Караген 20 КС, 0.1-0.15 л/га на соняшнику через 3 доби коливалась від 85,6% до 98,1% у порівнянні з контролем (табл. 1).

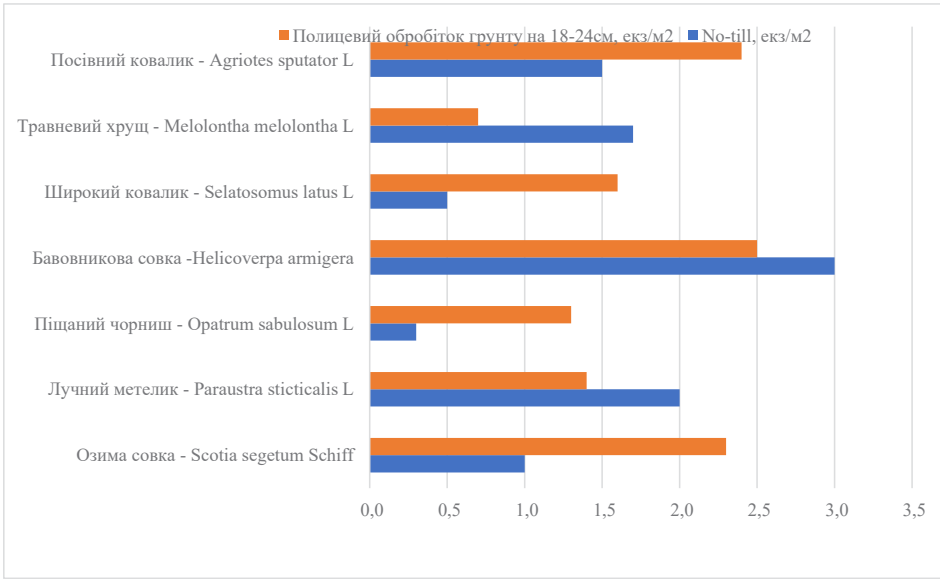


Рис. 2. Трапляння домінуючих видів комах-фітофагів у посівах соняшнику в Лісостепу України (в середгьому за 2023-2025рр.

Таблиця 1

Технічна ефективність інсектициду Караген 20 КС перед цвітінням соняшнику від лучного метелика (Полтавська область, ПП «Великообухівське», в середньому за 2023-2025 рр)

Варіант	2023 р.			2024 р.			2025 р.			Середнє за 2023-2025рр.		
	Технічна ефективність дії (%) через діб											
	3	7	14	3	7	14	3	7	14	3	7	14
1. Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Караген 20 КС (д.р. Хлорантраніліпрол 200г/л) 0.1	89,3	76,3	70,9	85,6	83,1	80,9	86,3	83	75,9	87,1	80,8	75,9
3. Караген 20 КС (д.р. Хлорантраніліпрол 200г/л) 0.15	96,1	92,3	90	98,1	95,3	92,6	96	92,3	90,1	96,7	93,3	90,9

У роки досліджень встановлені особливості розмноження і контролю багатоїдних видів комах-фітофагів із обґрунтованим передбаченням поширення шкідників за No-till вірогідно прогнозуються в межах розвитку першого покоління із узагальненими кореляційними 0.86-0.91 залежностями та підтверджені на рівнях сучасного фітосанітарного стану агроценозів районів спостережень. Ці обґрунтовані технологічні закономірності доцільно застосовувати як предиктори короткострокового прогнозу за числових значень комплексу природних регуляційних чинників із високоефективним сезонним контролем шкідливості комплексу видів

багатоїдних комах-фітофагів, регламентуючи норми і строки застосування інсектицидів у Кораген 20 КС, 0.1-0.15 л/га за No-till.

Практична цінність заходів захисту соняшнику узагальнена за оцінки сучасного стану агроценозів при No-till і екологічних ніш, -як фізичного простору, що займали виявлені види комах-фітофагів за спільного трофічного положення у сезонних абіотичних та інших факторах формування.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Досліджено зміни структури ентомокомплексу за сучасних ланцюгів короткоротаційних польових сівозмін із посівами соняшнику за ресурсоощадної No-till технології та обґрунтованими спеціальними заходами захисту рослин, зокрема, застосування інсектициду Кораген 20 КС, 0.1-0.15 л/га. з ефективністю в середньому 70.9%-96.9%.

Визначено основні напрями регіональної розробки і застосування короткострокового прогнозу розвитку розмноження і поширення лучного метелика за автоматизації аналітичного показнику результатів ентомологічного моніторингу, що дозволяє поліпшити ефективність заходів захисту соняшнику від багатоїдних комах-фітофагів у сучасних короткоротаційних польових сівозмінах за No-till у Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sabluk, V. T., Tanchyk, S. P., Hryshchenko, O. M., & Omelianovych, R. V. «Формування шкідливої і корисної ентомофауни в агроценозах за різних систем землеробства». Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків № 27 (2019): 33-35 с.

2. Мостов'як І. І., Челомбітко А. Ф., Калашніков В. Б., Бородай В. В., Дем'янюк О. С. «Аналіз чисельності популяцій та шкідливості фітофагів агроценозів зернових колосових культур Центрального Лісостепу України». Агроекологічний журнал 3 (2020). 43-45 с.

3. Левішко А. С., Гуменюк І. І. «Мікробні препарати для контролю чисельності фітофагів: механізми дії та переваги застосування». Агроекологічний журнал 3 (2024). 123 с.

4. Федоренко В. П., Мостов'як С. М., Мостов'як І. І. «Екологічно безпечні методи контролю чисельності шкідників у сучасних агротехнологіях». Агроекологічний журнал 4 (2021). 66-68 с.

5. Доля М.М., Кукса С. О. «Управління чисельності комах-фітофагів у агроценозах за No-till у Лісостепу України». ТНВ-Агро 1 (2025): 166-167 с.

6. Matiukha V., Tsyliuryk O., Semenov S. «Effectiveness of corn pest control systems under the conditions of the Ukrainian Steppe». Scientific Progress & Innovations 28, no. 2 (2025): 26-27с.

7. Щетина С. В. «Домінуючі види шкідників редиски (Raphanus sativus (L.)) у Правобережному Лісостепу України». Агроекологічний журнал 4 (2023). 152-153 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 14.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 633.111»324»:631.81:631.445.4(251.1–17:477)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.18

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ АГРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ПРИКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

Денисенко А.В. *– аспірант кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,*
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
orcid.org/0009-0003-3645-1487
Ткаліч Ю.І. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0003-2208-0163

У статті досліджено вплив різних технологій прикореневого підживлення озимої пшениці на агрофізичні властивості важко суглинкового чорнозему звичайного та формування урожайності в умовах Північного Степу України. Особливу увагу приділено порівнянню технології Культан КАС, що передбачає інжекційне локальне внесення стабілізованого карбамідно-аміачної суміші з інгібіторами нітрифікації та уреази за допомогою спеціалізованих підживлювачів низького тиску, з традиційними методами: поверхневим обприскуванням КАС самохідними обприскувачами високого кліренсу та розкиданням твердих азотних добрив методом Бузницького. Дослідження проводилися протягом 2023–2025 років у польових дослідах на чорноземі звичайному з вивченням таких показників, як твердість, щільність складання, структурно-агрегатний стан, загальна та аераційна пористість ґрунту в шарі 0–30 см, а також урожайність зерна озимої пшениці при внесенні азоту в дозі N_{60}. Встановлено, що застосування технології Культан КАС з одно- або дворазовим внесенням забезпечує значно менший рівень техногенного переущільнення ґрунту порівняно з традиційними методами. Твердість ґрунту на кінець вегетації становить 19,0–19,7 кг/см², щільність складання – 1,33–1,37 г/см³, що на 13–19% нижче, ніж при використанні поверхневих схем внесення добрив. Технологія Культан КАС сприяє збереженню високого рівня структурності: коефіцієнт структурності сягає 2,06–2,26, вміст агрономічно цінних агрегатів (10–0,25 мм) – 59,8–62,7%, загальна пористість – 51,0–51,3%, аераційна пористість – 12,2–12,8%. Ці показники значно перевищують відповідні значення для традиційних методів, де твердість зростає до 23,1–23,4 кг/см², щільність – до 1,43–1,45 г/см³, а аераційна пористість знижується до критичного рівня 5,9–6,9%. Урожайність озимої пшениці за технології Культан КАС у середньому за три роки склала 4,80 т/га, що на 45–56% перевищує показники традиційних схем внесення добрив. Особливо вираженою є перевага цієї технології в посушливі роки, коли поверхневі методи дають незначний приріст урожайності (1,85–2,20 т/га), а Культан КАС забезпечує 3,55–3,70 т/га завдяки розміщенню азоту на глибині 8–12 см у вологій зоні кореневої системи, що унеможливлює газоподібні втрати та забезпечує пролонговане живлення рослин. Технологія Культан КАС є ефективним рішенням для мінімізації механічного навантаження на ґрунт, збереження його оптимальних агрофізичних властивостей та стабільного формування урожайності озимої пшениці в умовах нестабільного зволоження Північного Степу. Вона дозволяє суттєво знизити ступінь переущільнення, покращити водно-повітряний режим ґрунту та підвищити адаптивність технології вирощування до посушливих умов.

Ключові слова: *пшениця озима, прикореневе підживлення, Культан КАС, агрофізичні властивості, твердість, щільність, структура ґрунту.*

© Денисенко А.В., Ткаліч Ю.І., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Tkalitych Yu.I., Denysenko A.V. Features of the formation of agrophysical parameters of ordinary chernozem under the influence of technical means used for root-zone fertilization of plants

The article investigates the impact of different technologies for root-zone fertilization of winter wheat on the agrophysical properties of heavy loamy ordinary chernozem and the formation of grain yield under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. Particular attention is given to a comparison between the Cultan CAS technology, which involves the localized deep injection of stabilized carbamide-ammonium mixture containing nitrification and urease inhibitors using specialized low-pressure fertilizer applicators, and traditional methods, namely surface spraying with carbamide-ammonium mixture using self-propelled high-clearance sprayers and broadcasting solid nitrogen fertilizers using the Buznytsky method.

The research was conducted during 2023–2025 in field experiments on ordinary chernozem, with measurements of key agrophysical parameters such as soil hardness, bulk density, aggregate structure, total and aeration porosity in the 0–30 cm layer, as well as winter wheat grain yield when applying nitrogen at a rate of N_{60}.

It has been established that the application of the Cultan CAS technology, involving one or two fertilizer applications, results in a substantially lower level of technogenic soil compaction compared to traditional methods. At the end of the growing season, soil hardness is 19.0–19.7 kg/cm² and bulk density is 1.33–1.37 g/cm³, which is 13–19% lower than with surface application methods of carbamide-ammonium mixture. The Cultan CAS technology maintains a high level of soil structure: the structure coefficient ranges from 2.06 to 2.26, the content of agronomically valuable aggregates (10–0.25 mm) is 59.8–62.7%, total porosity is 51.0–51.3%, and aeration porosity is 12.2–12.8%. These indicators significantly exceed the values obtained with traditional methods, where soil hardness increases to 23.1–23.4 kg/cm², bulk density reaches 1.43–1.45 g/cm³, and aeration porosity decreases to a critical level of 5.9–6.9%.

The average grain yield of winter wheat with the Cultan CAS technology over three years was 4.80 t/ha, which is 45–56% higher than that achieved with traditional fertilizer application methods. The advantage of this technology is particularly pronounced in drought years, when surface application methods result in only a marginal yield increase (1.85–2.20 t/ha), whereas Cultan CAS provides yields of 3.55–3.70 t/ha. This is due to the placement of carbamide-ammonium mixture at a depth of 8–12 cm in the moist zone of the root system, which prevents gaseous nitrogen losses and ensures prolonged nutrient availability.

The Cultan CAS technology represents an effective solution for minimizing mechanical stress on the soil, preserving its optimal agrophysical properties, and ensuring stable winter wheat productivity under conditions of variable moisture supply in the Northern Steppe. It substantially reduces the degree of soil compaction, improves the water-air regime, and enhances the adaptability of cultivation practices to drought conditions.

Key words: *winter wheat, root-zone fertilization, Cultan CAS, agrophysical properties, soil hardness, bulk density, soil structure.*

Актуальність теми дослідження. Сучасне інтенсивне землеробство України, особливо в зоні Північного Степу, характеризується систематичним зростанням механічного навантаження на ґрунт через багаторазові проходи важкої та надважкої сільськогосподарської техніки. Особливо гостро проблема переущільнення проявляється під час проведення прикореневого (локального) азотного підживлення озимої пшениці рідкими (КАС) та твердими формами добрив. Традиційні технології, що передбачають використання важких самохідних обприскувачів високого кліренсу (маса 18–26 т, тиск у шинах 180–250 кПа) або багаторазові проходи тракторів із розкидачами та обприскувачами (метод Бузницького), створюють глибокі технологічні колії та зони локального ущільнення до 35–40 см. У посушливих умовах Північного Степу, де весняно-літній період часто характеризується дефіцитом продуктивної вологи (ГТК < 0,7), таке переущільнення різко погіршує умови розвитку кореневої системи саме в той період, коли рослини найбільш чутливі до нестачі азоту – від фази весняного кущіння до виходу в трубку та колосіння [1, 2].

У цих умовах надзвичайно актуальним стає пошук та впровадження таких агротехнологічних рішень, які б одночасно вирішували дві ключові проблеми, а саме мінімізували механічне навантаження на ґрунт і зберігали його оптимальні агрофізичні параметри (щільність 1,20–1,35 г/см³, твердість 10–20 кг/см², аераційна пористість >10–12 %, коефіцієнт структурності >2,0) протягом усієї вегетації. А також забезпечували гарантоване надходження азоту в зону активного кореневого живлення навіть за гострої посухи та високих температур, виключаючи газоподібні втрати і забезпечуючи пролонговану дію добрива [3–7].

Постановка проблеми. Технологія Культан КАС (інжекційне локальне внесення стабілізованого КАС із інгібіторами нітрифікації та уреази за допомогою спеціалізованих підживлювачів низького тиску на шинах 80–100 кПа) потенційно відповідає обом вимогам: потребує лише 1–2 проходів за вегетацію, розміщує азот на глибині 8–12 см у вологій зоні та забезпечує його поступове вивільнення протягом 70–90 діб. Проте до останнього часу залишалося недостатньо вивченим, наскільки саме ця технологія здатна реально зменшити техногенне переущільнення важкосуглинкового чорнозему звичайного та який вплив вона чинить на динаміку його агрофізичних властивостей протягом вегетаційного періоду в порівнянні з традиційними способами внесення КАС та твердих азотних добрив [8–12].

Таким чином, актуальність теми дослідження зумовлена критичним рівнем переущільнення чорноземів Степової зони України, спричиненим інтенсифікацією механізованих операцій та багаторазовими проходами важкої техніки. Це призводить до погіршення агрофізичних властивостей ґрунту, що ускладнює розвиток кореневої системи та знижує ефективність засвоєння поживних речовин. У посушливих умовах, які стають все більш поширеними через кліматичні зміни, традиційні технології азотного підживлення озимої пшениці виявляють низьку ефективність через значні втрати азоту, зокрема через волатилізацію, та неможливість його засвоєння з пересохлого верхнього шару ґрунту. Тому виникає нагальна потреба в розробці та впровадженні низько навантажувальних, ресурсозберігаючих технологій локального прикореневого підживлення, які б забезпечували ефективне використання внесеного азоту та мінімізували негативний вплив техніки на агрофізичний стан ґрунту [11, 12].

Саме комплексне вирішення цих завдань і стало метою даного дослідження, результати якого мають важливе наукове та практичне значення для сталого землеробства Північного Степу України в умовах сучасних кліматичних викликів.

Постановка проблеми. Традиційні технології прикореневого внесення рідких азотних добрив (КАС) реалізуються за допомогою висококліренсних самохідних обприскувачів, спеціалізованих підживлювачів із міжрядними сошниками або шляхом застосування технології Культан. Кожен із цих технічних варіантів створює різний рівень механічного впливу на ґрунтову товщу, що може спричинювати локальне або площинне переущільнення орного та підорного горизонтів. Тому проведення досліджень забезпечує можливість комплексної оцінки впливу різних технічних засобів і схем локального азотного підживлення на зміну основних агрофізичних характеристик важкосуглинкового чорнозему звичайного та дають змогу встановити їх взаємозв'язок із формуванням продуктивності пшениці озимої сорту Новосмуглянка за умов дефіциту природного зволоження.

Мета дослідження – наукове обґрунтування та встановлення ефективності різних способів і видів прикореневих підживлень у формуванні врожаю зерна пшениці м'якої озимої на чорноземі звичайному Північного Степу України.

Методика досліджень. Дослідження виконували протягом 2023–2025 років. Польові експерименти закладали на полях ТОВ «Преображенівське», розташованого в межах с. Преображенка Павлоградського району Дніпропетровської області.

Схема досліду з вивчення ефективності технології Культан була закладена за наступною схемою

1) Контроль (без добрив).
2) Культан КАС в фазі кущіння восени (N_{30}) + навесні в фазі кущення (N_{30}).
3) Обприскування КАС в фазі кущення навесні (N_{60}).
4) Обприскування КАС восени (N_{30}) + Культан КАС навесні в фазі кущення (N_{30}).
5) Культан КАС навесні в фазі кущення (N_{60}).
6) Метод Бузницького навесні аміачна селітра (N_{60}).
7) Метод Бузницького навесні сульфат амонію (N_{60}).
8) Метод Бузницького восени аміачна селітра (N_{30}) + КАС Культан навесні в фазі кущення (N_{30}).

У межах дослідження вивчали вплив різних агротехнічних заходів на агрохімічні та агрофізичні властивості ґрунту, зокрема на поживний режим, рівень біологічної активності, структурний стан, щільність складання та твердість чорнозему звичайного. Паралельно проводили оцінку росту й розвитку рослин пшениці озимої, формування елементів структури врожаю, фактичної урожайності зерна, а також економічної ефективності впровадження досліджуваних технологій виробництва.

Дослідження проводили з використанням сучасних польових, вимірювально–вагових, лабораторно–аналітичних та математично–статистичних методів відповідно до чинних загальноприйнятих методик агрономічних експериментів [13].

Щільність складання ґрунту встановлювали класичним методом ріжучих кілець (об'єм 100 см³) у шарах 0–10, 10–20 та 20–30 см з чотирикратною повторюваністю в кожному горизонті. Відбір зразків проводили перед сівбою, після збирання врожаю, а також по чистому пару – навесні та в кінці парового періоду [14, 15].

Загальну пористість ґрунту розраховували за відомою формулою

$$П = 1 - \frac{ОМ}{ПМ} * 100$$

де П – загальна пористість, % об'єму;

ОМ – об'ємна маса ґрунту, г/см³;

ПМ – питома маса твердої фази ґрунту, г/см³ (визначали пікнометричним методом).

Пори аерації обчислювали як різницю між загальною пористістю та фактичним об'ємом вологи в ґрунті за формулою

$$Ш = П - В$$

де Ша – об'єм пор аерації, %;

В – масова вологість ґрунту, частки одиниці.

Твердість ґрунту вимірювали ручним твердоміром Рев'якіна з інтервалом 5 см у шарі 0–30 см у два строки: навесні перед початком польових робіт та восени після завершення вегетації [14, 16].

Структурно–агрегатний склад визначали методом сухого просіювання за Н. І. Савіновим з використанням стандартного набору сит. Зразки відбирали

весною з шарів 0–10, 10–20 та 20–30 см у десяти випадкових точках кожної дослідної ділянки як перед сівбою, так і після збирання культури [14, 17].

Біологічну активність ґрунту визначали в червні за методом аплікації лляного полотна, яке закладали в горизонти 0–10, 10–20 та 20–30 см з триразовою повторністю; тривалість експозиції становила 30 діб [14, 18].

Результати досліджень. Аналіз результатів трирічних досліджень (2023–2025 рр.) свідчить про чітку залежність зміни твердості важкосуглинкового чорнозему звичайного від кількості та типу механічних проходів сільськогосподарської техніки під час прикореневого підживлення пшениці озимої рідкими формами азоту (КАС). У всіх досліджуваних варіантах від фази весняного кущіння (ВВСН 25–29) до збирання врожаю (ВВСН 89–92) спостерігалося зростання твердості ґрунту в шарі 0–25 см на 4,1–6,9 кг/см². Це зумовлено природним висиханням орного горизонту, характерним для умов Північного Степу, а також накопичувальним ущільнюючим ефектом від проходів колісної техніки. Водночас ступінь цього зростання значно варіював залежно від застосовуваної технології внесення добрив.

Таблиця 1

Вплив технологій внесення КАС при прикореневому підживленні на показники твердості чорнозему кг/см² (2023–2025 рр.)

Технологія внесення КАС	Твердість ґрунту, (кг/см²) в шарі							
	5 см		15 см		25 см		середня (0–25 см)	
	фаза кущення	збирання врожаю	фаза кущення	збирання врожаю	фаза кущення	збирання врожаю	фаза кущення	збирання врожаю
1. Контроль (без добрив)	11,4	14,8	14,2	18,6	17,8	22,4	14,5	18,6
2. Культан КАС в фазі кущіння восени (N_{30}) + навесні в фазі кущення (N_{30})	12,1	16,3	14,9	19,8	18,4	23,1	15,1	19,7
3. Обприскування КАС в фазі кущення навесні (N_{60})	12,6	18,4	15,6	21,7	19,3	25,6	15,8	21,9
4. Обприскування КАС восени (N_{30}) + Культан КАС навесні в фазі кущення (N_{30})	11,9	15,9	14,7	19,4	18,1	22,8	14,9	19,4
5. Культан КАС навесні в фазі кущення (N_{60})	11,7	15,4	14,5	19,1	18,0	22,6	14,7	19,0
6. Метод Бузницького навесні аміачна селітра (N_{60})	13,4	19,8	16,3	23,2	20,4	27,1	16,7	23,4
7. Метод Бузницького навесні сульфат амонію (N_{60})	13,2	19,5	16,1	22,9	20,1	26,8	16,5	23,1
8. Метод Бузницького восени аміачна селітра (N_{30}) + КАС Культан навесні в фазі кущення (N_{30})	12,3	16,8	15,2	20,4	18,8	23,9	15,4	20,4
$НІР_{05}$, кг/см², (0–30 см)	0,8	1,2	0,9	1,4	1,1	1,6	–	–

Найнижчі значення твердості ґрунту на момент збирання врожаю, що становили 18,6 кг/см² у середньому по шару 0–25 см, були зафіксовані в контрольному варіанті, де не проводилося азотне підживлення і, відповідно, не здійснювалися додаткові проходи техніки. Цей результат чітко свідчить про те, що саме механічний вплив техніки є основним чинником, який визначає ступінь переущільнення ґрунту. Однак у реальних виробничих умовах відмова від азотного підживлення є неприйнятною, оскільки воно є необхідним елементом формування продуктивності озимої пшениці. Тому основне практичне значення має порівняння різних технологій внесення азотних добрив у дозі N_{60}, що дозволяє оцінити вплив застосовуваних методів підживлення на агрофізичний стан ґрунту.

Серед варіантів із внесенням азоту найсприятливіший агрофізичний стан ґрунту, що характеризується найнижчими значеннями твердості на момент збирання врожаю (19,0–19,7 кг/см²), сформувався при застосуванні технології Культан КАС. Ця технологія передбачає проведення лише одного або двох проходів спеціалізованим підживлювачем низького тиску (Horsch Leeb) з міжрядними інжекторами та тиском у шинах 80–100 кПа. Найкращий результат – значення твердості 19,0 кг/см² – було отримано за одноразового весняного внесення Культан КАС у дозі N_{60} у фазі кущіння. Цей показник перевищував значення контрольного варіанту лише на 0,4 кг/см² і був на 2,9–4,4 кг/см² нижчим порівняно з традиційними схемами внесення добрив. Такий незначний приріст твердості пояснюється низьким питомим тиском на ґрунт (менше 0,8 кг/см²), використанням широкопрофільних шин низького тиску, а також відсутністю потреби в додаткових проходах техніки для внесення другої чи третьої порції азоту, що зумовлено пролонгованою дією добрива в технології Культан КАС.

Найвищі значення твердості (23,1–23,4 кг/см²) зареєстровано за розкиданням твердих азотних добрив методом Бузницького (варіанти 6 і 7), де загальна кількість проходів досягала трьох (трактор + розкидач + обприскувач для ЗЗР). Додаткові проходи трактора МТЗ–892 із тиском у шинах понад 150 кПа призвели до зростання середньої твердості на 4,1–4,8 кг/см² порівняно з найкращими варіантами Культан.

Щодо щільності складання чорнозему звичайного важкосуглинкового в шарі 0–30 см, слід зазначити, що цей показник суттєво залежить від кількості проходів сільськогосподарської техніки та питомого тиску на ґрунт під час прикореневого азотного підживлення озимої пшениці. Негативний вплив механічного навантаження накопичується до кінця вегетаційного періоду внаслідок поєднання природного висихання ґрунту та додаткового ущільнення, спричиненого проходами техніки. Таким чином, ступінь зростання щільності ґрунту визначається не лише кількістю технологічних операцій, а й їхнім кумулятивним ефектом, що посилюється внаслідок сезонних змін вологості та механічного впливу на структуру ґрунтової товщі (табл. 2).

У контрольному варіанті без азотного підживлення, де не здійснювалися додаткові проходи техніки, щільність орного шару на кінець вегетації становила 1,32 г/см³, що відповідає оптимальним значенням для озимої пшениці (1,30–1,35 г/см³) і відображає лише природне сезонне ущільнення ґрунту. Усі варіанти з внесенням азоту призводили до збільшення щільності, при цьому ступінь цього зростання варіювався в 1,5–2 рази залежно від застосовуваної технології.

Таблиця 2

Вплив технологій внесення КАС при прикореневому підживленні на показники щільності чорнозему, г/см3 (2023–2025 рр)

Технологія внесення КАС	Шари ґрунту, см	Весною, фаза кущення	На кінець вегетації
1. Контроль (без добрив)	0–10	1,15	1,22
	10–20	1,25	1,32
	20–30	1,35	1,42
	0–30	1,25	1,32
2. Культан КАС в фазі кущіння восени (N_{30}) + навесні в фазі кущення (N_{30})	0–10	1,18	1,25
	10–20	1,28	1,35
	20–30	1,38	1,45
	0–30	1,28	1,35
3. Обприскування КАС в фазі кущення навесні (N_{60})	0–10	1,22	1,30
	10–20	1,32	1,40
	20–30	1,42	1,50
	0–30	1,32	1,40
4. Обприскування КАС восени (N_{30}) + Культан КАС навесні в фазі кущення (N_{30})	0–10	1,17	1,24
	10–20	1,27	1,34
	20–30	1,37	1,44
	0–30	1,27	1,34
5. Культан КАС навесні в фазі кущення (N_{60})	0–10	1,16	1,23
	10–20	1,26	1,33
	20–30	1,36	1,43
	0–30	1,26	1,33
6. Метод Бузницького навесні аміачна селітра (N_{60})	0–10	1,28	1,35
	10–20	1,38	1,45
	20–30	1,48	1,55
	0–30	1,38	1,45
7. Метод Бузницького навесні сульфат амонію (N_{60})	0–10	1,26	1,33
	10–20	1,36	1,43
	20–30	1,46	1,53
	0–30	1,36	1,43
8. Метод Бузницького восени аміачна селітра (N_{30}) + КАС Культан навесні в фазі кущення (N_{30})	0–10	1,20	1,27
	10–20	1,30	1,37
	20–30	1,40	1,47
	0–30	1,30	1,37
$НІР_{05}$, г/см³, (0–30 см)		0,05	0,06

Найменше ущільнення (середня щільність у шарі 0–30 см на кінець вегетації 1,33–1,37 г/см³) спостерігалося за застосування технології Культан КАС з мінімальною кількістю проходів низько навантажувальної техніки. Найкращий

результат – щільність 1,33 г/см³ – було отримано при одноразовому весняному внесенні Культан КАС у дозі N60. Цей показник перевищував значення контрольного варіанту лише на 0,01 г/см³ і був на 0,07–0,12 г/см³ нижчим, ніж у традиційних схемах. Такий ефект пояснюється використанням спеціалізованого підживлювача з тиском у шинах 80–90 кПа та міжрядними інжекторами, що зменшувало глибину технологічних колій і сприяло збереженню природної пористості ґрунту.

Натомість традиційне одноразове обприскування КАС самохідним обприскувачем високого кліренсу призводило до значно більшого ущільнення – щільність сягала 1,40 г/см³, що на 0,07 г/см³ (5,3 %) перевищувало показник найкращого варіанту Культан КАС. Найвищі значення щільності (1,43–1,45 г/см³) формувалися при розкиданні твердих азотних добрив методом Бузницького, коли кількість проходів важкої техніки досягала трьох, а тиск у шинах перевищував 150 кПа. У цих умовах щільність зростала на 0,10–0,12 г/см³ (7,5–9,0 %) порівняно з контролем і на 0,08–0,12 г/см³ перевищувала показники за технологією Культан КАС.

Агрегатно–структурний стан ґрунту є одним із найважливіших показників його родючості, оскільки саме від частки водостійких макроагрегатів (10–0,25 мм) та коефіцієнта структурності (К = Σ(>0,25 мм) / Σ(<0,25 мм)) залежить водо– та повітропроникність, стійкість до ерозії, інтенсивність біологічних процесів і, в кінцевому підсумку, умови для розвитку кореневої системи озимої пшениці в посушливих умовах Північного Степу. Трирічні польові дослідження чітко показали, що від фази весняного кущіння до кінця вегетації в усіх варіантах відбувається природне та техногенне погіршення структурного стану, однак інтенсивність цього процесу різниться в 1,5–2 рази залежно від застосовуваної технології азотного підживлення.

У контрольному варіанті, де не проводилися додаткові проходи техніки, середній коефіцієнт структурності ґрунту в шарі 0–30 см на кінець вегетації становив 1,97, а частка агрономічно цінних агрегатів розміром 10–0,25 мм складала 58,8 %, що відповідає задовільному структурному стану чорнозему звичайного важко суглинкового і відображає лише природні сезонні процеси ущільнення та висихання ґрунту без додаткового механічного впливу.

Найвищий рівень збереження структури, з коефіцієнтом структурності 2,06–2,26 та вмістом агрегатів 10–0,25 мм на рівні 59,8–62,7 %, спостерігався за застосування технології Культан КАС, причому найкращі показники було отримано при одноразовому весняному внесенні Культан КАС у дозі N_{60}, де коефіцієнт структурності склав 2,06, частка макроагрегатів розміром понад 10 мм – 16,0 %, агрономічно цінних агрегатів 10–0,25 мм – 59,8 %, а пилуватої фракції менше 0,25 мм – лише 24,2 %. Такий високий рівень збереження структури пояснюється мінімальною кількістю проходів техніки, використанням спеціалізованого підживлювача з тиском у шинах 80–90 кПа та міжрядними інжекторами, що не створює суцільних технологічних колій і не порушує поверхневий шар ґрунту, а також відсутністю додаткового розпорошення ґрунту, характерного для розкидання твердих добрив.

Натомість традиційне одноразове обприскування КАС самохідним обприскувачем високого кліренсу призводило до значно більшого руйнування структури: коефіцієнт структурності знижувався до 1,68, частка агрегатів 10–0,25 мм зменшувалася до 54,2 %, а вміст пилуватої фракції зростав до 32,6 %, що зумовлено високим тиском у шинах і значною масою агрегату, які спричиняють утворення глибоких колій та локальне переущільнення, що прискорює розпад макроагрегатів у посушливих умовах.

Найгірший структурний стан формувався при розкиданні твердих азотних добрив методом Бузницького, де коефіцієнт структурності знижувався до 1,61–1,63, вміст агрегатів 10–0,25 мм становив лише 53,0–53,6 %, а частка пилуватої фракції зростала до 33,5–34,4 %, оскільки додаткові проходи трактора та розкидача з високим тиском у шинах спричиняли значне механічне руйнування макроагрегатів, що призводило до утворення щільної поверхневої кірки та погіршення водно-повітряного режиму.

Згідно із агрофізичними показниками формувалися і показники загальної пористості чорнозему звичайного, що від фази весняного кущіння і до кінця вегетації пшениці озимої в шарі 0–30 см зменшувалися в середньому на 2,2–2,5 %, а аераційна пористість – на 3,5–5,5 %, що зумовлено природним висиханням ґрунту та кумулятивним механічним навантаженням від проходів техніки. Проте величина та швидкість цього зниження суттєво залежали від застосовуваної технології азотного підживлення.

У контрольному варіанті без додаткових проходів техніки загальна пористість на кінець вегетації становила 50,2 %, а аераційна – 10,7 %, що відповідає задовільному водно–повітряному режиму чорнозему звичайного і відображає лише сезонні природні зміни.

Максимальні показники пористості на кінець вегетації (загальна пористість 51,0–51,3 %, аераційна 12,2–12,8 %) зафіксовано в варіантах із застосуванням технології Культан КАС. Абсолютно найкращий результат отримано за одноразового весняного внесення Культан КАС у дозі N_{60} (варіант 5): загальна пористість – 51,3 % (лише на 1,1 % нижче, ніж у фазі кущіння), аераційна пористість – 12,8 % (на 2,2 % вище контролю). Такий високий рівень збереження пористості пояснюється мінімальною кількістю проходів (лише один) спеціалізованим підживлювачем низького тиску (80–90 кПа) з широкопрофільними шинами та інжекційним внесенням, що практично не порушує капілярно–поровий простір і не створює зон локального переущільнення.

Найнижчі значення пористості (заг дослідженнями 47,1–47,6 % загальної та 5,9–6,9 % аераційної) сформувалися за розкидання твердих азотних добрив методом Бузницького (варіанти 6 і 7), де загальна кількість проходів важкої техніки сягала трьох, а тиск у шинах перевищував 150 кПа. Це призвело до зменшення аераційної пористості на 5,9–6,9 % порівняно з найкращим варіантом Культан, що вже перебуває нижче критичного рівня 8–10 % і суттєво обмежує аерацію кореневої зони в посушливий період.

Експерименти, проведені протягом 2023–2025 років, здійснювалися за контрастних гідротермічних умов, що мало суттєвий вплив на показники урожайності озимої пшениці. Зокрема, у 2023 році весняно-літній період характеризувався близькими до оптимальних умовами зволоження: сума опадів за березень–червень становила 186 мм, гідротермічний коефіцієнт дорівнював 1,18, а тривалі суховії не спостерігалися. Натомість 2024 і 2025 роки були типовими прикладами гострої посухи, коли кількість опадів за той самий період не перевищувала 62–78 мм, температура повітря в травні–червні регулярно досягала +35…+39 °С, а верхній шар ґрунту (0–10 см) пересихав до повітряно-сухого стану вже з другої декади квітня.

У 2023 році, коли гідротермічні умови були близькими до оптимальних, усі технології прикореневого підживлення забезпечували чіткий приріст урожайності пшениці озимої. У контрольному варіанті без внесення азоту було отримано 4,90 т/га, традиційні поверхневі методи, такі як обприскування КАС та розкидання гранульованих добрив, дали 5,35–5,60 т/га, комбіновані схеми з частковим

застосуванням технології Культан КАС забезпечили 6,60–6,90 т/га, а найвищу продуктивність – 7,15 т/га – сформувало одноразове внесення КультанК АС у фазу кущіння. У цих умовах наявність вологи дозволяла рослинам засвоювати азот навіть із поверхневого шару, тому різниця між технологіями була помітною, але не критичною.

Таблиця 3

Урожайність пшениці м'якої озимої залежно від способу та виду прикореневого підживлення азотними добривами (N_{60}), в середньому за 2023–2025 рр.

№ п/п	Технологія підживлення	Урожайність, т/га				Приріст до контролю (середнє), т/га
		2023	2024	2025	середнє	
1	Контроль (без добрив)	4,90	1,65	1,75	2,77	–
2	Культан КАС восени (N_{30}) + навесні в фазі кущіння (N_{30})	6,75	3,10	3,25	4,37	1,60
3	Обприскування КАС навесні в фазі кущіння (N_{60})	5,35	1,92	2,00	3,09	0,32
4	Обприскування КАС восени (N30) + Культан КАС навесні (N_{30})	6,90	3,25	3,35	4,50	1,73
5	Культан КАС навесні в фазі кущіння (N_{60}) – найкращий	7,15	3,55	3,70	4,80	2,03
6	Метод Бузницького навесні аміачна селітра (N_{60})	5,60	2,10	2,20	3,30	0,53
7	Метод Бузницького навесні сульфат амонію (N_{60})	5,40	1,85	1,95	3,07	0,30
8	Метод Бузницького восени аміачна селітра (N_{30}) + Культан КАС навесні (N_{30})	6,60	3,00	3,15	4,25	1,48
$НІР_{0,05}$		0,42	0,31	0,33	0,35	–

Проте в посушливі 2024 та 2025 роки ефективність традиційних схем різко знизилася. Обприскування КАС та розкидання аміачної селітри чи сульфату амонію дали лише 1,85–2,20 т/га, що перевищувало контрольний варіант (1,65–1,75 т/га) незначно – на 0,10–0,55 т/га. Значні втрати азоту через волатилізацію аміаку, які сягали 75–85 %, а також неможливість для кореневої системи досягти добрив у пересохлому верхньому шарі ґрунту призвели до того, що урожайність формувалася переважно за рахунок осінньо-зимових запасів вологи та мінерального азоту ґрунту, а весняне підживлення практично не вплинуло на результат.

Технологія Культан КАС продемонструвала значно вищу адаптивність до посушливих умов. Одноразове інжекційне внесення в фазу кущіння забезпечило урожайність 3,55 т/га у 2024 році та 3,70 т/га у 2005 році, що в середньому вдвічі перевищувало показники традиційних схем і було на 2,0–2,1 т/га вищим за контроль. Падіння продуктивності порівняно з 2023 роком склало 49–51 %, тоді як у традиційних варіантах цей показник становив 64–67 %, а в контролі – 66 %. Така

стабільність пояснюється розміщенням азоту на глибині 8–10 см у вологій зоні кореневої системи, повною відсутністю газоподібних втрат і пролонгованою дією добрива, що забезпечує постачання азоту протягом усього критичного періоду від кущіння до наливу зерна.

Комбіновані схеми, в яких Культан КАС застосовувався лише частково, забезпечували проміжні результати з урожайністю 4,25–4,50 т/га, що перевищувало традиційні поверхневі методи на 1,1–1,4 т/га, але було нижчим за показники одноразового внесення Культан КАС на 0,3–0,55 т/га.

У середньому за три роки з різними гідротермічними умовами одноразове внесення КультанКАС у фазу кущіння сформувало урожайність 4,80 т/га, що на 1,73 т/га або 73 % перевищує контроль і на 1,50–1,73 т/га (45–56 %) перевищує традиційні схеми. Тобто, лише глибоке локальне одноразове внесення пролонгованого азоту в фазу кущіння забезпечує стабільно високу урожайність пшениці озимої в умовах Північного Степу незалежно від рівня зволоження сезону, тоді як традиційні методи в посушливі роки виявляються неефективними та не забезпечують суттєвого приросту продуктивності.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Застосування технології Культан КАС з одноразовим або дворазовим внесенням за допомогою спеціалізованих підживлювачів низького тиску дозволяє зберегти твердість ґрунту на рівні 19,0–19,7 кг/см² та щільність 1,33–1,37 г/см³, що на 13–19% нижче показників традиційних схем при однаковій дозі азоту.

2. Щільність складання чорнозему в шарі 0–30 см на кінець вегетації коливалася від 1,32 до 1,45 г/см³ і залежала від кількості проходів техніки. Технологія Культан КАС забезпечує найнижчі значення щільності (1,33–1,37 г/см³), що на 0,08–0,12 г/см³ нижче традиційних схем і відповідає оптимальному діапазону 1,30–1,35 г/см³.

3. Структурний стан ґрунту суттєво погіршується при традиційних методах внесення добрив, тоді як технологія Культан КАС забезпечує збереження коефіцієнта структурності на рівні 2,06–2,26 та вмісту агрегатів 10–0,25 мм 59,8–62,7%, що на 26–40% перевищує показники традиційних схем.

4. Загальна пористість шару 0–30 см коливалася від 47,1 до 51,3%, аераційна – від 5,9 до 12,8%. Технологія Культан КАС забезпечує найвищі показники пористості (загальна 51,3%, аераційна 12,8%), що на 5,9–6,9% перевищує традиційні схеми і відповідає оптимальним значенням.

5. У посушливі роки традиційні поверхневі схеми забезпечують урожайність лише 1,85–2,20 т/га з незначним приростом до контролю, тоді як одноразове внесення Культан КАС у фазу кущіння формує 3,55–3,70 т/га в посушливі роки та в середньому 4,80 т/га за три роки, що на 45–56% перевищує традиційні схеми.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення довготривалого впливу технології Культан КАС на агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту, зокрема в умовах багатопільної сівозміни, а також на оцінку економічної ефективності та екологічних наслідків її застосування. Необхідним є дослідження впливу різних доз і строків внесення Культан КАС у поєднанні з іншими елементами інтенсивної технології вирощування, зокрема різними системами основного обробітку ґрунту та способами передпосівного внесення добрив. Також є доцільним вивчення впливу цієї технології на мікробіологічну активність ґрунту та динаміку вмісту органічної речовини в умовах тривалого застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Skrynnyk Ya. T. Technological methods of application of complex liquid fertilizers in the system of corn plant nutrition. Cereals. 2011. C. 136–140.
2. Vasilchenko V. Solid and liquid mineral fertilizers: liquid have advantages. Agronomist. 2011. № 4. C. 150–153.
3. Матвійчук Б. В., Матвійчук Н. Г., Корево Н. І. Щільність будови і твердість ґрунту за вирощування пшениці озимої. Український журнал природничих наук. 2023. № 3. С. 167–175.
4. Центило Л. В., Цюк О. А. Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку. Scientific Progress & Innovations. 2019. № 1. С. 147–153.
5. Цюк О. А., Центило Л. В., Мельник В. І. Зміни агрофізичних властивостей чорнозему типового під впливом застосування добрив і обробітку ґрунту. Наукові доповіді НУБіП України. 2021. № 5. С. 93.
6. Медведєв В. В. Нормативи утворення і збереження структури ґрунту. Вісник аграрної науки. 2010. № 3. С. 9–13.
7. Khan T., Hameed Sultan M. T. B., Ariffin A. H. The challenges of natural fiber in manufacturing, material selection, and technology application: A review. Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2018. Vol. 37, № 11. P. 770–779.
8. Voinovsky V. CULTAN technology and machines for applying liquid mineral fertilizers. Proposition. 2020. № 4 (20). C. 139–141.
9. Dilci B., Rühl G., Bramm A., Höppner F. Resistance inducing agent BION® and plant nutrition method CULTAN as alternative agricultural practice for stabilized yield in central Europe in high oleic sunflower (Helianthus annuus L.). In: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress 2004. Vol. 26. P. 903–910.
10. Kozlovský O., Balík J., Černý J., Kulhánek M., Kos M., Prášilová M. Influence of nitrogen fertilizer injection (CULTAN) on yield, yield components formation and quality of winter wheat grain. Plant, Soil and Environment. 2009. Vol. 55, № 12. P. 536–543.
11. Войновський В., Пономаренко О. Ефективність застосування технології внесення добрив Культан. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2021. Вип. 28 (42). С. 249–258.
12. Voinovsky V., Panchenko S. Comparison of the efficiency of UAM application by the CULTAN method with injection feeder MAXIMARIN SP 1230. AgroElite. All Ukrainian agrarian magazine. 2020. № 1–2. C. 96–97.
13. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А. Методика польового досліду : навч. посіб. Одеса : Олді Плюс+, 2024. 448 с.
14. Гаськевич В. Г., Папіш І. Я., Телегуз О. Г. Фізика ґрунтів. Лабораторний практикум : навч. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 170 с.
15. ДСТУ ISO 11272:2001. Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT). Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 15 с.
16. Якість ґрунту. Визначення твердості ґрунту твердоміром Рев'якіна : проект ДСТУ 5096:2008. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 12 с.
17. ДСТУ 4744:2007. Якість ґрунту. Визначання структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 11 с.
18. Методичні рекомендації і програма досліджень з обробітку ґрунту / А. М. Малієнко, Н. М. Тараріко, С. О. Гаврилов, Ф. Й. Брухаль та ін. Київ–Чабани : ВД «ЕКМО», 2008. 86 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 05.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 662.63:633.584.3–021.465:631.526.3]:631.535+631.8
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.19

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВЕГЕТАТИВНОЇ МАСИ ВЕРБИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ

Данюк В.О. *– аспірантка,*
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0004-0985-4480
Дрига В.В. *– д.с.-г.н.,*
головний науковий співробітник лабораторії насінництва та насіннєзнавства буряків і біоенергетичних культур,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-8085-5313

Мета – з'ясувати особливості формування вегетативної маси різних сортів верби залежно від удобрення та строку заготівлі живців. Методи. Польовий – закладання дослідів, облік висоти рослин, кількості пагонів та їх діаметру, аналізування, статистичний.

Експериментально підтверджено достовірне збільшення лінійних розмірів (висоти та діаметра) пагонів обох досліджуваних сортів енергетичної верби внаслідок внесення аміачної селітри як мінерального добрива. Ця позитивна динаміка простежується протягом усього вегетаційного періоду, починаючи від старту вегетації і до її завершення, та не залежить від терміну заготівлі садивного матеріалу (живців). На початкових етапах розвитку інтенсивність ростових процесів за висотою була статистично значущо вищою у сорту Збруч порівняно із сортом Панфильська. Зокрема, в умовах контролю (без підживлення) середні показники висоти становили 7,13 см та 7,99 см відповідно, тоді як при застосуванні аміачної селітри вони зросли до 3,56 см і 12,18 см. Проте до кінця вегетації диференціація за цим показником між сортами була нівельована.

Встановлено кореляцію між підживленням добривами та збільшенням товщини (діаметра) пагонів обох сортів. Наприклад, для сорту Панфильська (заготівля живців осіння) початковий діаметр у контролі становив 2,64 см. Після застосування добрив цей показник збільшився на 0,51 см (при НІР добрива = 0,18 см). Наприкінці вегетації приріст діаметра становив 0,81 см (НІР добрива = 0,48 см). Аналогічні закономірності спостерігалися і при використанні живців весняної заготівлі. Внесення аміачної селітри на початку вегетації стимулювало збільшення кущистості, а саме кількості стебел на рослину. Приріст склав 1,2–1,4 рази для сорту Панфильська та 1,5–1,6 рази для сорту Збруч відносно контролю, незалежно від терміну заготівлі живців.

Термін заготівлі живців (осінь/весна) не чинить достовірного впливу на кінцеві морфометричні показники пагонів ($p > 0,05$). Критичним чинником, що забезпечує достовірне збільшення висоти пагонів, їх товщини та кількості стебел, є внесення аміачної селітри на початковому етапі вегетації для обох сортів верби.

Ключові слова: *удобрення, висота пагонів, кількість пагонів, діаметр пагонів, строк заготівлі живців.*

Daniuk V.O., Dryga V.V. Features of the formation of vegetative mass of willow depending on the elements of technology

The aim is to find out the features of the formation of vegetative mass of different varieties of willow depending on fertilization and the time of harvesting cuttings. Methods. Field – setting up experiments, recording plant height, number of shoots and their diameter, analysis, statistical.

© Данюк В.О., Дрига В.В., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

A significant increase in the linear dimensions (height and diameter) of shoots of both studied varieties of energy willow due to the application of ammonium nitrate as a mineral fertilizer was experimentally confirmed. This positive dynamics is observed throughout the entire growing season, from the start of the growing season to its completion, and does not depend on the time of harvesting planting material (cuttings). At the initial stages of development, the intensity of growth processes in height was statistically significantly higher in the Zbruch variety compared to the Panfilska variety. In particular, under control conditions (without fertilization), the average height indicators were 7.13 cm and 7.99 cm, respectively, while when ammonium nitrate was applied, they increased to 3.56 cm and 12.18 cm. However, by the end of the growing season, the differentiation in this indicator between the varieties was leveled.

A correlation was established between fertilization with fertilizers and an increase in the thickness (diameter) of the shoots of both varieties. For example, for the Panfilskaya variety (autumn cuttings harvesting), the initial diameter in the control was 2.64 cm. After the application of fertilizers, this indicator increased by 0.51 cm (with LSD fertilizer = 0.18 cm). At the end of the growing season, the increase in diameter was 0.81 cm (LSD fertilizer = 0.48 cm). Similar patterns were observed when using spring cuttings. The application of ammonium nitrate at the beginning of the growing season stimulated an increase in bushiness, namely the number of stems per plant. The increase was 1.2–1.4 times for the Panfilska variety and 1.5–1.6 times for the Zbruch variety relative to the control, regardless of the time of cuttings harvesting.

The time of cuttings harvesting (autumn/spring) did not have a significant effect on the final morphometric indicators of shoots ($p > 0.05$). The critical factor that ensures a significant increase in the height of shoots, their thickness and the number of stems is the application of ammonium nitrate at the initial stage of the growing season for both willow varieties.

Key words: *fertilizer, shoot height, number of shoots, shoot diameter, cuttings harvesting time.*

Актуальність теми дослідження. У відповідь на зростання населення світу та занепокоєння щодо зміни клімату залишаються актуальними питання щодо адаптації виробничих систем для задоволення зростаючого попиту на продукти харчування та енергію, а також визначення ефективніших і стійкіших технологій виробництва біопалива [1]. Тому інтерес до біоекономіки зріс завдяки узгодженню політики, що стосується центральних і взаємозалежних секторів, включаючи сільське та лісове господарство, харчову промисловість, корми, біоенергетику й біохімію [2].

Постановка проблеми. Оскільки зростаючий пріоритет ЄС щодо відновлюваних джерел енергії зумовлений підвищеною енергетичною залежністю, зростанням цін на викопне паливо та бажанням захистити навколишнє середовище, попит на енергію з біомаси, головним чином деревини, зростає. Відходи деревини від лісового господарства та муніципального управління енергетикою в майбутньому можуть бути доповнені деревиною, отриманою з сільськогосподарських угідь, як паливо для електростанцій або теплоелектростанцій [3].

Хоча основною роллю сільського господарства є виробництво продуктів харчування, частина сільськогосподарських угідь зазвичай відводилася під нехарчові продукти, головним чином у рамках нових технологій. Таке використання включає виробництво біоенергії та різних біоматеріалів [4].

Швидкостучі дерева для виробництва біомаси пропонуються як економічне та екологічне рішення для задоволення зростаючого попиту на енергію, а також для очікуваного дефіциту сировини для деревообробної промисловості [5].

Однією з деревних порід, що швидко росте, є верба, яка отримала широке визнання як відновлюване джерело енергії. Біомасу верби можна перетворити за допомогою широкого спектру технологій, таких як комбіноване виробництво тепла та електроенергії за допомогою гідротермальної модернізації, на різноманітні форми та носії енергії [6].

Верба має ряд переваг, включаючи широкий спектр генетичного різноманіття, легке розмноження, стійкість до широкого спектру умов місцевості, здатність швидко відновлюватися після збору врожаю, можливість збору врожаю в різних сівозмінах та стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища, наприклад, ранкових заморозків, мокрого снігу та сильних вітрів [7].

Вербу можна враховувати в концепції екстенсивного сільського господарства, особливо на маргінальних ґрунтах, які мало використовуються або непридатні для вирощування продовольчих культур, ґрунтах, які періодично виключаються з використання та деяких перелогових землях [6]. При цьому розмноження верби є важливою складовою в технології біовиробництва деревини.

Наукові дані свідчать про позитивну кореляцію між збільшенням розміру живців (як довжини, так і діаметра) та показниками їхнього виживання та приросту біомаси [7].

У польових умовах на покинутих сільськогосподарських угіддях кращу виживаність та ріст демонстрували довші живці (30–50 см). Експеримент у теплиці з *Salix nigra* Marshall показав, що живці діаметром 1 см мали 100% виживання за різних умов вологості (контроль, посуха, періодичне затоплення) [8]. Хоча живці діаметром 10 см також мали високе виживання при затопленні, вони демонстрували кращі морфометричні показники (маса листя, площа, ріст у висоту, маса коренів) в умовах періодичного затоплення [9]. Це вказує на доцільність використання живців різного розміру залежно від специфічних умов посадки [10].

Загальне збільшення розміру живців пов'язане зі збільшенням біомаси пагонів [10], що, ймовірно, пояснюється більшими запасами доступних вуглеводів, які зберігаються у більшому садивному матеріалі [11].

Виживання живців також критично залежить від виду та генотипу рослини [12]. Особливе значення має здатність прибережних видів верб утворювати додаткове (адвентивне) коріння, що є ключовою адаптацією до умов повеней та вологого середовища [13].

Прибережні види (*Salix alaxensis* та *Salix myrtillifolia*) легко вкорінювалися по всій довжині зануреної частини стебла. Натомість, не прибережні види (*Salix bebbiana, Salix scouleriana, Salix glauca*) формували коріння рідко і лише на базальному кінці живця [14]. Ця особливість прибережних видів є важливою адаптацією, яка дозволяє їм вкорінюватися з обламаних або сплющених стебел у затоплених екосистемах, забезпечуючи виживання та поширення популяції [14].

Мета статті – з'ясувати особливості формування вегетативної маси різних сортів верби залежно від удобрення та строку заготівлі живців.

Методика досліджень. Дослідження проводили з двома видами енергетичної верби української селекції: тритичинкова (*Salix triandra* L.) сорту Панфильська і прутовидна (*Salix viminalis* L.) сорту Збруч. Оригінаторами сорту Збруч є Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків і Панфильська дослідна станція Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». Польові досліди проводили на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (с. Ксаверівка 2 Київської області) упродовж 2023–2025 рр. яке розміщене в центральній частині Правобережного Лісостепу України, в зоні нестійкого зволоження. Дослідження проводили з рослинами верби другого циклу росту і розвитку (4–5 роки вегетації). Для садіння заготівлю живців проводили восени та навесні, які були висаджені в квітні 2020 р. Після 3-х років вегетації було здійснено скошування енергетичної верби та проведено підживлення рослин аміачною селітрою з нормою витрати N_{105} перед початком нового вегетаційного

періоду. Приріст біометричних показників енергетичної верби проводити шляхом вимірюванням висоти та діаметру пагонів на одну і ту ж дату кожного місяця починаючи з травня до закінчення вегетаційного періоду.

Загальна площа ділянок: 990,88 м^2, повторність чотирикратна. Розміщення варіантів та повторень – рандомізоване.

Зона нестійкого зволоження, де проводили дослідження, характеризується помірноконтинентальним кліматом. Рельєф дослідного поля слабохвилястий рівнина з невеликим нахилом поверхні. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий вилугуваний, середньоглибокий, малогумусний, грубопилувато-легкосуглинковий на карбонатному лесі. Вміст гумусу 2,64 % (за методом Тюріна) рухомих форм фосфору та обмінного калію (за Чириковим) становить відповідно – 180 та 160 мг/кг, вміст азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом) – 280 мг/кг. Кислотність ґрунту (pH) – 6,6. Глибина гумусового горизонту 100–120 см.

Погодні умови вегетаційного періоду в 2023–2025 років за температурним режимом був спекотним середня добова температура повітря становила 15,34–16,45 °С та перевищувала середнє багаторічне значення на 2,74–3,85 °С, а за вологозабезпеченістю ці роки були засушливими, дефіцит вологи становив 150,8–154,81 мм. Дефіцит вологи негативно вплинув на ріст та розвиток рослин.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу за методом Фішера з використанням методичних рекомендацій.

Результати досліджень. Встановлено, що достовірне збільшення висоти пагонів залежно від застосування підживлення аміачною селітрою обох сортів енергетичної верби було як на початку, так і по завершенню вегетації незалежно від строку заготівлі живців (табл. 1).

Таблиця 1

Висота пагонів різних сортів верби залежно від удобрення та строку заготівлі живців, см

Варіант			Дата обліку	
Сорт	Строк заготівлі живців	Підживлення	01.05.	01.09.
Панфильська	Восени	Без підживлення	75,51	142,85
	Навесні		70,19	149,08
	Восени	Підживлення селітрою	83,81	169,65
	Навесні		87,60	165,71
Збруч	Восени	Без підживлення	83,50	146,21
	Навесні		77,32	135,46
	Восени	Підживлення селітрою	95,99	183,87
	Навесні		91,16	165,63
НІР $_{0,05\ заг.}$			7,13	13,93
НІР $_{0,05\ сорт,\ строк\ заготівлі}$			3,57	6,96
НІР $_{0,05\ добрива}$			3,70	6,96

Для сорту Панфильська спостерігається зміна інтенсивності приросту висоти залежно від терміну заготівлі живців протягом вегетації: приріст у рослин із осінньої заготівлі склав 8,3 см, тоді як у рослин із весняної заготівлі – 17,41 см (НІР

добрива = 3,70 см). Це свідчить про значно швидший старт росту живців, заготовлених навесні.

Загальне збільшення висоти для осінньої заготівлі досягло 26,8 см, а для весняної – 16,63 см. Отже, до кінця сезону рослини з осінніх живців демонструють кращий сумарний результат.

Аналогічна динаміка спостерігалася і для сорту Збруч (НІР добрива = 6,96 см). На початку вегетації інтенсивність приросту висоти пагонів була вищою у сорту Збруч порівняно з Панфильська. Контрольні показники становили 7,13 см та 7,99 см, а за підживлення добривами – 3,56 см і 12,18 см відповідно. На кінець вегетації статистично значущої різниці між сортами за висотою пагонів виявлено не було.

Важливо зазначити, що не було виявлено закономірного або статистично значущого впливу самого лише терміну заготівлі живців (без урахування підживлення) на кінцеву висоту пагонів як у контролі, так і за умов застосування азотних добрив. Основний вплив має саме взаємодія фактора підживлення та терміну заготівлі.

Аналогічне збільшення товщини (діаметру) пагонів обох сортів верби виявлено залежно від підживлення добривами (табл. 2).

Таблиця 2

Діаметр пагонів верби залежно від сортових особливостей, удобрення та строку заготівлі живців, см.

Варіант			Дата обліку	
Сорт	Строк заготівлі живців	Підживлення	01.05.	01.09.
Панфильська	Восени	Без підживлення	2,64	4,21
	Навесні		2,33	3,46
	Восени	Підживлення селітрою	3,15	5,02
	Навесні		2,96	4,34
Збруч	Восени	Без підживлення	2,51	4,00
	Навесні		2,43	3,97
	Восени	Підживлення селітрою	2,95	5,65
	Навесні		3,06	5,07
$НІР_{0,05}$			0,36	0,96

Дослідження демонструють, що внесення добрив позитивно впливає на потовщення пагонів обох сортів верби, хоча сортові відмінності стають очевидними лише наприкінці вегетаційного періоду.

У контрольних умовах діаметр пагонів становив 2,64 см. Застосування підживлення збільшило цей показник на 0,51 см на початку вегетації (НІР добрива = 0,18 см) та на 0,81 см наприкінці вегетації (НІР добрива = 0,48 см).

Аналогічні результати збільшення товщини пагонів були отримані і для живців, заготовлених навесні, що підтверджує стабільний ефект добрива незалежно від початкового терміну заготівлі.

На початку вегетаційного періоду достовірної різниці у прирості товщини пагонів залежно від сортових особливостей чи строку заготівлі живців виявлено не було. Однак, до кінця вегетації сорт Збруч демонстрував інтенсивніший

приріст товщини пагонів порівняно із сортом Панфильська, як у контрольних групах, так і при підживленні добривами, незалежно від терміну заготівлі садивного матеріалу.

Встановлено, що за підживлення рослин верби аміачною селітрою на початку вегетації забезпечило збільшення кількості стебел сорту Панфильська в 1,2–1,4, а сорту Збруч в 1,5–1,6 разів більше порівняно з контролем не залежно від строку заготівлі живців (табл. 3).

Таблиця 3

Кількість пагонів різних сортів верби залежно від удобрення та строку заготівлі живців, шт.

Варіант			Дата обліку	
Сорт	Строк заготівлі живців	Підживлення	01.05.	01.09.
Панфильська	Восени	Без підживлення	6,56	7,61
	Навесні		6,41	7,11
	Восени	Підживлення селітрою	8,12	9,56
	Навесні		8,82	9,97
Збруч	Восени	Без підживлення	11,27	12,34
	Навесні		9,52	10,77
	Восени	Підживлення селітрою	17,81	18,55
	Навесні		14,63	15,38
$НІР_{0,05}$			3,27	3,11

Інтенсивніше приріст кількості стебел був у сорту Збруч, ніж сорту Панфильська як у контролі, так і за підживлення рослин добривами. Залежно від строку заготівлі живців не виявлено закономірного збільшення чи зменшення кількості стебел обох сортів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Не виявлено закономірного збільшення або зменшення висоти пагонів, їх товщини та кількості стебел залежно від строку заготівлі живців як на початку, так і в кінці вегетації верби. Достовірне збільшення висоти пагонів, їх товщини та кількості стебел забезпечило підживлення рослин верби обох сортів на початку вегетації аміачною селітрою. В подальших дослідженнях перспективним буде вивчення формування продуктивності насаджень верби залежно від основних елементів технології вирощування, оскільки важливе значення у підтриманні високої продуктивності і стійкості вербових плантацій мають також способи і терміни проведення їх рубок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сторожик Л. І., Войтовська В. І., Любич В. В., Рогальский С. В. Посівні властивості зерна сорго цукрового залежно від тривалості його зберігання та оброблення препаратами. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. Вип. 28. С. 129–139.

2. Любич В. В., Сторожик Л. І., Войтовська В. І., Терещенко І. С., Лосєва А. І. Агробіологічні параметри різних сортів і гібридів сорго цукрового. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 3. С. 193–198.

3. Caslin B., Finnan J., McCracken A. (eds). Willow Varietal Identification Guide. Crops Research Centre, Carlow & Agri-Food Bioscience Institute. Carlow,

Ireland: Teagasc, 2012. 64 p. URL: https://www.afbini.gov.uk/sites/afbini.gov.uk/files/publications/Willow%20variety%20guide_0.pdf.

4. Сінченко В. М., Мельничук Г. А. Економічна ефективність вирощування енергетичної верби в Україні. *Біоенергетика*. 2021. № 1. С. 41–45. doi: 10.47414/be.1.2018.229204

5. Фучило Я. Д., Зелінський Б. В., Іванюк І. Д., Зелінська Л. Г. Вирощування енергетичних плантацій верби на маргінальних землях Київського Полісся. Житомир : НОВОград, 2023. 144 с. URL: https://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/9890

6. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Гументик М. Я. Особливості вирощування енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2016. № 1(7). С. 11–13. URL: http://be.bio.gov.ua/issue/view/15250

7. Burgess D., Hendricksona O. O., Roya L. The Importanc e of Initial Cutting Size for I mprovin g the Growth Performanc e of Salix alba L. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 1990. Vol. 5. P. 215–224.

8. Rossi P. Length of Cuttings in Establishment and Production of Short- Rotation Plantations of Salix 'Aquatica'. *New Forests*. 1999. Vol. 18. P. 161–177.

9. Greger M., Landberg T. Use of Willow in Phytoextraction. *International Journal of Phytoremediation*. 1999. Vol. 1. P. 115–123.

10. Verwijst T., Lundkvist A., Edelfeldt S., Forkman J., Nordh N.- E. Effects of Clone and Cutting Traits on Shoot Emergence and Early Growth of Willow. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 37. P. 257–264.

11. Carpenter L. T., Pezeshki S. R., Shields F. D. Responses of Nonstructural Carbohydrates to Shoot Removal and Soil Moisture Treatments in Salix nigra. *Trees*. 2008. Vol. 22, no. 5. P. 737–748.

12. Mosseler A., Major J. E. Coppice Growth Responses of Two North American Willows in Acidic Clay Soils on Coal Mine Overburden. *Canadian Journal of Plant Science*. 2014. Vol. 94, no. 7. P. 1269–1279.

13. Labrecque M., Teodorescu T. I., Cogliastro A., Daigle S. Growth patterns and biomass productivity of two Salix species grown under short-rotation intensive culture in southern Quebec. *Biomass and Bioenergy*. 1993. Vol. 4, Iss. 6. P. 419–425.

14. Amichev B. Y., Hangs R. D., Bélanger N. et al. First-Rotation Yields of 30 Short-Rotation Willow Cultivars in Central Saskatchewan, Canada. *BioEnergy Research*. 2015. Vol. 8. P. 292–306.

Дата першого надходження рукопису до видання: 07.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 633.11:631.53
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.20

ДИНАМІКА ВЕГЕТАТИВНОГО ТА ГЕНЕРАТИВНОГО РОЗВИТКУ КОРІАНДРУ ПОСІВНОГО (CORIANDRUM SATIVUM L.) ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ

Грабовецька О.А. *– к.б.н.,*
завідувач відділу інтродукції та селекції малопоширених плодових, декоративних та ароматичних рослин,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-0010-3320
Петренко С.О. *– к.с.-г.н., доцентка,*
провідний науковий співробітник відділу інтродукції та селекції малопоширених плодових, декоративних та ароматичних рослин,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-1334-6313
Поздняков В.Ю. *– аспірант відділу інтродукції та селекції малопоширених плодових, декоративних та ароматичних рослин,*
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0003-1416-1833

У статті наведено результати дослідження динаміки вегетативного та генеративного розвитку коріандру посівного залежно від строків сівби в умовах Південного Степу України. Метою роботи було встановлення закономірностей проходження фенологічних фаз, інтенсивності росту рослин, формування надземної маси та продуктивності культури за різних строків сівби.

Дослідження проводили в польових умовах за загальноприйнятою методикою. Вивчали строки настання основних фенологічних фаз (поява сходів, повні сходи, бутонізація, цвітіння, плодоношення), тривалість міжфазних періодів, динаміку наростання надземної маси, співвідношення вегетативних і генеративних органів, а також показники врожайності.

Встановлено, що строки сівби істотно впливали на темпи росту та розвиток рослин коріандру. Період «сівба – поява сходів» тривав від 9 до 14 діб залежно від строку сівби, а період «сходи – бутонізація» – від 28 до 36 діб. За оптимальних строків сівби спостерігалося більш рівномірне проходження фенологічних фаз та скорочення тривалості міжфазних періодів на 2-4 доби порівняно з пізнішими строками.

Динаміка наростання надземної маси характеризувалася поступовим зростанням у фазах гілкування та бутонізації з максимальними значеннями у фазі цвітіння та плодоношення. Маса надземних органів у фазі плодоношення становила 280-360 г/м², при цьому частка генеративних органів досягала 42-48 % загальної біомаси. За пізніх строків сівби відмічалося зниження інтенсивності росту та частки генеративних органів на 6–9 %.

Урожайність коріандру залежно від строків сівби коливалася в межах 1,4-2,1 т/га. Оптимальні строки сівби забезпечували формування вищої продуктивності за рахунок кращого розвитку генеративних органів і подовження періоду наливу насіння.

© Грабовецька О.А., Петренко С.О., Поздняков В.Ю., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Отримані результати свідчать про визначальну роль строків сівби у формуванні ростових процесів і врожайності коріандру посівного та можуть бути використані для вдосконалення елементів технології його вирощування в умовах посушливого клімату.

Ключові слова: *коріандр посівний, строки сівби, фенологічні фази, вегетативний розвиток, генеративний розвиток, надземна маса, врожайність.*

Hrabovetska O.A., Petrenko, S.O., Pozdniakov, V.Yu. Dynamics of Vegetative and Generative Development of Coriander (Coriandrum sativum L.) Depending on Sowing Dates

The article presents the results of a study on the dynamics of vegetative and generative development of coriander (Coriandrum sativum L.) depending on sowing dates under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. The aim of the research was to identify regularities in phenological development, growth intensity, aboveground biomass accumulation, and yield formation of coriander under different sowing dates.

Field experiments were conducted using generally accepted agronomic research methods. The timing of main phenological stages (seedling emergence, full emergence, budding, flowering, and fruit formation), duration of interphase periods, dynamics of aboveground biomass accumulation, ratio of vegetative and generative organs, and crop productivity were assessed.

It was found that sowing dates had a significant effect on growth rate and development of coriander plants. The period from sowing to seedling emergence ranged from 9 to 14 days, while the period from emergence to budding lasted 28-36 days depending on the sowing date. Optimal sowing dates ensured more uniform phenological development and shortened interphase periods by 2-4 days compared to later sowing.

The dynamics of aboveground biomass accumulation showed a gradual increase during branching and budding stages, reaching maximum values at flowering and fruiting. In the fruiting stage, aboveground biomass amounted to 280-360 g/m², with the proportion of generative organs accounting for 42-48% of total biomass. Later sowing dates resulted in a decrease in biomass accumulation intensity and a reduction in the proportion of generative organs by 6-9%.

Coriander yield varied from 1.4 to 2.1 t/ha depending on sowing dates. Optimal sowing dates provided higher productivity due to improved development of generative organs and an extended seed-filling period.

The obtained results confirm the crucial role of sowing dates in regulating growth processes and yield formation of coriander and can be used to optimize cultivation technology in arid climate conditions.

Key words: *coriander, sowing dates, phenological stages, vegetative development, generative development, aboveground biomass, yield.*

Постановка проблеми. В умовах сучасних кліматичних змін, що супроводжуються підвищенням температури повітря, нерівномірним розподілом опадів та збільшенням частоти посушливих періодів, особливої актуальності набуває оптимізація елементів технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема ефіроолійних. Коріандр посівний (Coriandrum sativum L.) є перспективною культурою для вирощування в умовах Південного Степу України завдяки відносній посухостійкості та високій господарській цінності, однак його продуктивність значною мірою залежить від строків сівби.

Строки сівби є одним із ключових агротехнічних чинників, що визначають умови проростання насіння, формування густоти стояння рослин, тривалість та ритмічність проходження фенологічних фаз, а також співвідношення вегетативних і генеративних органів. Порушення оптимальних строків сівби може призводити до затримки появи сходів, скорочення міжфазних періодів, ослаблення ростових процесів та зниження врожайності культури.

Незважаючи на наявність наукових досліджень щодо агротехніки вирощування коріандру, питання динаміки вегетативного та генеративного розвитку рослин залежно від строків сівби в умовах посушливого клімату залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, потребують уточнення закономірності накопичення

надземної маси, перерозподілу асимілятів між вегетативними та генеративними органами, а також їхній вплив на формування структури врожаю.

У зв'язку з цим виникає необхідність проведення комплексних досліджень, спрямованих на встановлення оптимальних строків сівби коріандру, які забезпечують узгоджений перебіг ростових і генеративних процесів та формування стабільної високої врожайності в умовах Південного Степу України.

Коріандр посівний характеризується тривалим періодом проростання насіння і посівним ростом на початку вегетації. Тому необхідно провести дослідження щодо впливу строків сівби на дружність сходів, енергію проростання насіння та виживання рослин цієї культури, тривалість фенологічних фаз росту і розвитку, формування продуктивності сортів в конкретних умовах вирощування [2].

Строк сівби є одним із ключових чинників, що визначає реалізацію біологічного потенціалу культури. Для умов Південного Степу України оптимальними є ранні строки сівби, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогрівається до 5-6 °С.

Рання сівба забезпечує: краще використання ґрунтової вологи осінньо-зимового періоду; дружні сходи та рівномірний розвиток рослин; зменшення негативного впливу весняних і літніх посух; формування повноцінного генеративного апарату. Запізнення зі строками сівби призводить до скорочення вегетаційного періоду, зниження маси 1000 насінин та загальної врожайності, особливо за умов високих температур у фазі цвітіння.

Вирощування коріандру посівного в нестабільних температурних умовах весняного періоду призводить до тривалого періоду проростання насіння (15-20 днів) та нерівномірності сходів. Тому є важливим визначити оптимальні строки його сівби, спрямовані на зростання енергії проростання насіння і дружності сходів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В сучасних умовах розвитку сільського господарства особливого значення набуває технологія вирощування. Коріандр посівний (Coriandrum sativum L.) є перспективною олійною та пряно-ароматичною культурою, яка здатна забезпечувати високі показники продуктивності та ефективно використовуватися в умовах зміни клімату Півдня України. Висока цінність насіння коріандру визначається як вмістом ефірної олії, так і харчовими властивостями, що робить його важливим компонентом сівозмін у сучасному аграрному виробництві [2].

Водночас ефективна реалізація потенціалу культури потребує оптимізації сортової належності та строків сівби, що безпосередньо впливає на тривалість вегетаційних фаз, наростання вегетативної та генеративної маси, формування врожайності насіння. Недостатньо досліджено динаміку розвитку наземних органів коріандру та їх взаємозв'язок із продуктивністю за різних агротехнічних умов, особливо з урахуванням впливу сортів і строків сівби у південному Степу України.

Оскільки інтерес споживачів зростає до натуральної продукції [2], постає потреба широкого впровадження коріандру посівного, власне як і інших ефіроолійних культур у виробництво. Таким чином, існує наукова та практична необхідність визначити вплив сортів та строків сівби на фенологічний розвиток, морфометричні показники та продуктивність коріандру, що дозволить розробити рекомендації для підвищення врожайності та якості насіння в регіоні.

Дослідження факторів, що впливають на ріст та продуктивність коріандру посівного (Coriandrum sativum L.), є актуальною темою в сучасній аграрній науці. У світовій агрономічній літературі увага приділяється в першу чергу вивченню впливу строків сівби, густоти стояння, режимів живлення та обробітку ґрунту на біологічні та продуктивні показники ефіроолійних культур.

Зокрема, у роботах Козелець Г., Іщенко В. (2013) та Конопльова В. (2008) показано, що строки сівби істотно впливають на початок фенологічних фаз і продуктивність ароматичних рослин, причому оптимальні строки сприяють збільшенню маси генеративних органів і якості насіння. Аналогічні закономірності спостерігалися і в дослідженнях по інших пряно-ароматичних культурах, таких як кріп та фенхель, де зміщення строків сівби призводило до зміни тривалості вегетаційного періоду та врожайності [3,4,5,6].

У вітчизняних дослідженнях особливу увагу приділяють адаптації агротехнічних прийомів до умов конкретних агрокліматичних зон. Наприклад, Конопльов В. й співавт. (2008) визначили, що оптимальні строки сівби коріандру для Південного Степу України забезпечують більш ранній початок цвітіння і сприятливу структуру врожаю у порівнянні з пізніми строками. Вони також відзначили значний вплив строків сівби на співвідношення вегетативної та генеративної маси рослин, що узгоджується з результатами сучасних польових дослідів [4,5,6].

Дослідження закордонних учених щодо строків сівби коріандру посівного та інших технічних культур в умовах змін клімату. Упродовж останніх десятиліть у наукових дослідженнях закордонних учених значна увага приділяється оптимізації строків сівби сільськогосподарських культур у контексті глобальних та регіональних змін клімату. Підвищення середньодобових температур повітря, зростання частоти посушливих періодів, нерівномірний розподіл опадів та збільшення ризику весняних і літніх теплових стресів зумовлюють необхідність перегляду традиційних агротехнологічних підходів, зокрема строків сівби технічних і ефіроолійних культур [1,33].

За даними досліджень учених країн Середземноморського регіону, Близького Сходу та Південної Азії [15] коріандр посівний (Coriandrum sativum L.) характеризується підвищеною чутливістю до температурного режиму на початкових етапах органогенезу. Встановлено, що ранні строки сівби за умов достатнього зволоження сприяють кращому формуванню кореневої системи, подовженню вегетаційного періоду та підвищенню насіннєвої продуктивності. Водночас надмірно пізні строки сівби часто призводять до скорочення фаз розвитку, прискореного цвітіння та зниження врожайності внаслідок дії високих температур і дефіциту вологи.

Аналогічні тенденції зафіксовано і для інших технічних культур, зокрема соняшнику, сафлору, ріпаку, льону та сої. Закордонні дослідники відзначають, що зміщення строків сівби на більш ранні дати дає змогу ефективніше використовувати запаси ґрунтової вологи весняного періоду та зменшити негативний вплив літніх температурних екстремумів. Для посухостійких культур, таких як коріандр, оптимізація строків сівби розглядається як один із ключових елементів адаптації до аридизації клімату [1,13,16,19].

У працях учених США, Канади та країн ЄС наголошується, що адаптивне управління строками сівби повинно базуватися не лише на календарних показниках, а й на ґрунтово-кліматичних умовах конкретного регіону, температурі ґрунту, вологості посівного шару та прогнозах погодних умов. Такий підхід розглядається як ефективний інструмент підвищення стабільності врожайності в умовах кліматичних змін [19,20,21,22].

Отже, аналіз результатів закордонних досліджень свідчить, що коригування строків сівби коріандру посівного та інших технічних культур є важливим адаптаційним заходом в умовах глобальних змін клімату, а поєднання цього чинника

з інноваційними технологіями передпосівної обробки насіння розглядається як перспективний напрям сучасного аграрного виробництва.

Аналіз літератури свідчить, що поряд із строками сівби великого значення набувають також методи передпосівної обробки насіння і застосування біологічних препаратів. Так, Манушкіна Т. (2018) та Хоміна В. (2019) показали, що передпосівна обробка природними стимуляторами росту активізує метаболічні процеси у насінні, сприяє підвищенню польової схожості та прискоренню фенологічних фаз рослин. Окремі дослідження в ІКОСГ НААН довели, що застосування біопрепаратів на основі мікроводоростей підсилює розвиток вегетативних органів, підвищує стресостійкість рослин і може позитивно впливати на врожайність ефіроолійних культур [7,9,10,11,14,15].

Незважаючи на зазначені досягнення, у науковій літературі відсутні комплексні дослідження, які б одночасно аналізували фенологію, динаміку росту, структуру надземної біомаси та продуктивність коріандру в межах однієї роботи. Це особливо стосується вивчення зв'язку між фенологічними показниками і структурою врожаю за різних строків сівби. Більшість існуючих публікацій фокусуються або на окремих фазах розвитку, або на врожайності без достатнього врахування морфофізіологічних процесів. Таким чином, існує наукова прогалина щодо системного підходу до оцінювання впливу строків сівби на весь комплекс показників розвитку коріандру – від ранніх фаз росту до формування продуктивності. Саме це обґрунтовує доцільність і своєчасність проведеного дослідження.

Постановка завдання. Мета досліджень – вивчення строків сівби сортів коріандру посівного, які забезпечують максимальний збір насіння в умовах Південного Степу України. Для досягнення поставленої мети дослідження в роботі передбачалося розв'язання таких основних завдань: визначити вплив строків сівби на польову схожість насіння та виживання рослин коріандру протягом вегетаційного періоду; дослідити особливості проходження фенологічних фаз коріандру залежно від строків сівби та встановити тривалість основних міжфазних періодів; оцінити динаміку вегетативного росту рослин, зокрема інтенсивність середньодобового приросту та накопичення надземної маси в різні фази розвитку; встановити співвідношення вегетативних і генеративних органів у структурі надземної біомаси коріандру залежно від строків сівби; проаналізувати формування структури врожаю, зокрема масу надземних органів, частку генеративних елементів і вихід насіння; визначити рівень урожайності коріандру за різних строків сівби з перерахунком у г/м² та т/га; обґрунтувати оптимальні строки сівби, які забезпечують узгоджений перебіг ростових і генеративних процесів та формування стабільної високої врожайності культури в умовах Південного Степу України.

Методика досліджень. У дослідженнях використовували польові загальноприйняті польові та лабораторні методи досліджень [8]. Дослідження проводили в польових умовах Південного Степу України на дослідних ділянках аграрного підприємства Селянського господарства «В.В. Плакущенко» Роздільнянського району Одеської області в рамках завдання 05.00.01.16П Удосконалення технології вирощування технічних культур у кліматично орієнтованому землеробстві № ДР 0124U0001638 протягом вегетаційного періоду коріандру посівного (Coriandrum sativum L.). Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем південний середньосуглинковий, з вмістом гумусу в орному шарі 2,8–3,2 %, реакція ґрунтового розчину – нейтральна.

Схема досліду передбачала вивчення впливу різних строків сівби на ріст, розвиток і продуктивність коріандру. Сівбу проводили у три строки: ранній (за

фізичної стиглості ґрунту), оптимальний та пізній (із запізненням на 10–14 діб від оптимального строку). Повторність досліду – триразова, розміщення варіантів – систематичне (або рендомізоване). Площа облікової ділянки становила 25 м².

Агротехніка вирощування коріандру була загальноприйнятою для зони досліджень. Сівбу здійснювали рядковим способом з міжряддями 45 см та нормою висіву 10–12 кг/га. Догляд за посівами включав боронування до сходів, міжрядні обробітки та захист рослин відповідно до рекомендованих технологій.

Упродовж вегетації проводили фенологічні спостереження з фіксацією строків настання основних фаз розвитку: поява сходів, повні сходи, гілкування, бутонізація, цвітіння та плодоношення. Визначали тривалість міжфазних періодів і загальної вегетації. Біометричні обліки включали вимірювання висоти рослин, визначення середньодобового приросту, накопичення надземної маси та співвідношення вегетативних і генеративних органів у різні фази розвитку. Надземну масу визначали шляхом відбору модельних рослин із наступним зважуванням у свіжому стані. Урожайність визначали суцільним обмолотом облікових ділянок із перерахунком у г/м² та т/га. Структуру врожаю оцінювали за показниками маси надземної біомаси, частки генеративних органів і виходу насіння. Отримані експериментальні дані обробляли методом дисперсійного аналізу з визначенням середніх значень та показників варіації. Достовірність різниці між варіантами оцінювали за критерієм НІР.

Виклад основного матеріалу дослідження. В роботі представлені результати польових та лабораторних експериментів, проведених у 2023-2025 р.р. Результати досліджень свідчать, що строки сівби впливали на схожість насіння коріандру посівного (табл. 1). Найвища схожість насіння відмічена за оптимального строку сівби – 96,8 % у сорту Оксаніт та 95,4 % у сорту Нектар. Ранні строки забезпечували дещо нижчі показники (90,2-91,5 %), тоді як пізні строки призводили до зниження схожості до 87,1-88,6 %. Оптимальні строки сівби забезпечили найвище виживання рослин упродовж вегетації – 92,5 % у сорту Оксаніт та 91,0 % у сорту Нектар. Ранні строки знижували виживання до 84,9-86,2 %, а пізні – до 79,6-80,8 %, що негативно позначалося на густоті посівів та подальшій продуктивності.

Таблиця 1

Вплив строків сівби на схожість насіння та виживання рослин коріандру посівного протягом вегетації, (середнє за 2023-2025 рр.)

Фактор В – строк сівби	Фактор А – сорт			
	Оксаніт		Нектар	
	схожість, %	виживання, %	схожість, %	виживання, %
Ранній	91,5±1,2	86,2±1,4	90,2±1,1	84,9±1,3
Оптимальний	96,8±1,0	92,5±1,2	95,4±0,9	91,0±1,1
Пізній	88,6±1,3	80,8±1,5	87,1±1,2	79,6±1,4

Аналіз отриманих даних свідчить про тісний взаємозв'язок між показниками схожості насіння, виживання рослин упродовж вегетації та формуванням урожайності коріандру. Найвищі показники схожості насіння зафіксовано при оптимальному строку сівби – 96,8 % у сорту Оксаніт та 95,4 % у сорту Нектар, що забезпечило максимальне виживання рослин на рівні 92,5 % та 91,0 % відповідно. За таких умов сформувалася найбільша врожайність – 21,2 ц/га (Оксаніт) та 20,5

ц/га (Нектар). Ранні строки сівби характеризувалися нижчою схожістю насіння (90,2-91,5 %) та зменшеним виживанням рослин (84,9-86,2 %), що призводило до зниження густоти стояння посівів і, як наслідок, до зменшення врожайності на 11-13 % порівняно з оптимальним строком. Пізні строки сівби мали найбільш негативний вплив: схожість знижувалася до 87,1-88,6 %, виживання – до 79,6-80,8 %, а врожайність зменшувалася на 16-19 %. Отримані результати підтверджують, що оптимальні строки сівби створюють сприятливі умови для реалізації потенціалу насіння, формування стабільної густоти рослин та досягнення високої продуктивності коріандру. Схожість і виживання рослин виступають базовими елементами структури врожаю, через які реалізується вплив строків сівби на кінцеву врожайність культури.

Проведений кореляційний аналіз підтвердив наявність тісного прямого зв'язку між схожістю насіння, виживанням рослин упродовж вегетації та врожайністю коріандру. Між показниками схожості насіння та виживання рослин встановлено високий позитивний кореляційний зв'язок (r = 0,88-0,91), що свідчить про визначальну роль якості та реалізації потенціалу насіння у формуванні густоти посівів. Кореляція між виживанням рослин та врожайністю була ще вищою і становила r = 0,90-0,94, що вказує на безпосередній вплив збереженої густоти стояння рослин на формування елементів структури врожаю. Зв'язок між схожістю насіння та врожайністю оцінювався як сильний (r = 0,85-0,89), що підтверджує опосередкований вплив цього показника через виживання та подальший розвиток рослин.

Оптимальні строки сівби забезпечували максимальні значення всіх трьох взаємопов'язаних показників: схожість 95,4-96,8 %, виживання 91,0-92,5 % та врожайність 20,5-21,2 ц/га. За ранніх строків кореляційний зв'язок зберігався, проте реалізація потенціалу насіння знижувалася, що призводило до втрати 11-13 % урожаю. Пізні строки сівби супроводжувалися зменшенням схожості до 87,1-88,6 % і виживання до 79,6-80,8 %, що обумовлювало найбільше зниження врожайності – на 16-19 %. Отримані результати свідчать, що схожість і виживання рослин є ключовими регуляторами продуктивності коріандру, а строки сівби виступають інтегруючим агротехнічним фактором, який визначає ефективність реалізації продуктивного потенціалу культури.

В період вегетації коріандру посівного проводили фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин (табл. 2.).

Таблиця 2

Строки настання основних фенофаз розвитку коріандру посівного залежно від строків сівби (діб від сівби), (середнє за 2023-2025 рр.)

Фактор В – строк сівби	Поява сходів	Повні сходи	Бутонізація	Початок цвітіння
Фактор А – сорт Оксаніт				
Ранній	14	18	52	64
Оптимальний	10	14	48	59
Пізній	8	12	44	55
Сорт Нектар				
Ранній	15	19	54	66
Оптимальний	11	15	50	61
Пізній	9	13	46	57

Оптимальні строки сівби забезпечували більш рівномірний і синхронний розвиток рослин коріандру. Поява сходів відбувалася через 10-11 діб, повні сходи – через 14-15 діб після сівби. Ранні строки сівби подовжували період проростання насіння до 14-15 діб, тоді як пізні строки прискорювали настання фенофаз, скорочуючи період до початку цвітіння на 4-9 діб порівняно з оптимальним строком.

Таблиця 3

Тривалість між основними фенофазами розвитку коріандру залежно від строків сівби, (діб)

Фактор В – строк сівби	Сівба → поява сходів	Поява сходів → повні сходи	Повні сходи → бутонізація	Бутонізація → цвітіння
Фактор А – сорт Оксаніт				
Ранній	14	4	34	12
Оптимальний	10	4	34	11
Пізній	8	4	32	11
Сорт Нектар				
Ранній	15	4	35	12
Оптимальний	11	4	35	11
Пізній	9	4	33	11

Тривалість періоду «сівба – поява сходів» істотно залежала від строків сівби і змінювалася від 8-9 діб за пізнього строку до 14-15 діб за раннього (табл. 3). Інтервал між появою та повними сходами був стабільним і становив 4 доби для обох сортів. Найдовшим був період «повні сходи – бутонізація» (32-35 діб), який дещо скорочувався за пізніх строків сівби. Період «бутонізація – цвітіння» коливався в межах 11-12 діб і був найменш залежним від строків сівби.

Інтенсивність росту рослин коріандру до фази гілкування повільна (2-3 см за декаду), але значно збільшується в період від гілкування до бутонізації (6-8см) і особливо до цвітіння (8-10 см за декаду) (табл. 4). Максимальний літній ріст рослин коріандру спостерігався при оптимальному строку сівби. У фазі гілкування висота рослин становила 26,8 см у сорту Оксаніт та 26,1 см у сорту Нектар. У фазі бутонізації показники зростали до 34,0 та 33,2 см, а у фазі цвітіння досягали 53,5 і 51,9 см відповідно. Ранні строки сівби забезпечували дещо нижчі значення росту, тоді як пізні строки істотно обмежували інтенсивність ростових процесів, що негативно впливало на формування продуктивності.

Найвищий середньодобовий літній приріст рослин коріандру відзначено у період «бутонізація – цвітіння», де він досягав 1,77 см/добу у сорту Оксаніт та 1,70 см/добу у сорту Нектар за оптимального строку сівби. У період «гілкування – бутонізація» приріст був значно нижчим і становив 0,19-0,22 см/добу незалежно від сорту. Середній приріст за вегетацію був максимальним при оптимальному строку сівби (0,69-0,67 см/добу), що узгоджується з найвищими показниками росту та врожайності.

Таблиця 4

Літній ріст рослин сортів коріандру посівного за основними фазами розвитку залежно від строків сівби (середнє за 2023-2025 рр.)

Фактор В – строк сівби	Фаза росту і розвитку		
	гілкування, см	бутонізація, см	цвітіння, см
Фактор А – сорт Оксаніт			
Ранній	24,6±0,9	32,1±1,0	48,5±1,2
Оптимальний	26,8±1,0	34,0±1,1	53,5±1,6
Пізній	22,3±0,8	28,5±0,9	44,8±1,2
Сорт Нектар			
Ранній	23,9±0,8	31,5±0,9	47,8±1,1
Оптимальний	26,1±0,9	33,2±1,0	51,9±1,4
Пізній	21,7±0,7	27,9±0,8	43,6±1,0

Таблиця 5

Середньодобовий літній приріст рослин сортів коріандру посівного за фазами розвитку залежно від строків сівби, см/добу та до % оптимального, (середнє за 2023-2025 рр.)

Фактор В – строк сівби	Фаза росту і розвитку				Середній за вегетацію	% до оптимального
	гілкування → бутонізація	% до оптимального	бутонізація → цвітіння	% до оптимального		
Фактор А – сорт Оксаніт						
Ранній	0,22	105	1,37	77	0,61	88
Оптимальний	0,21	100	1,77	100	0,69	100
Пізній	0,19	90	1,48	84	0,58	84
Сорт Нектар						
Ранній	0,22	105	1,36	80	0,60	90
Оптимальний	0,21	100	1,70	100	0,67	100
Пізній	0,19	90	1,43	84	0,56	84

Відсотковий аналіз показує, що за раннього строку сівби середньодобовий приріст у фазі «гілкування – бутонізація» перевищував оптимальний рівень на 5 %, однак у критичний період «бутонізація – цвітіння» знижувався до 77-80 %, що негативно позначалося на формуванні генеративних органів. За пізнього строку сівби зменшення приросту спостерігалося в усіх фазах і становило 84-90 % від оптимального. Максимальні та найбільш збалансовані показники середньодобового росту протягом вегетації забезпечував оптимальний строк сівби, що узгоджується з найвищими показниками врожайності.

Після фази цвітіння ріст коріандру сповільнюється, що забезпечує рівномірний перерозподіл поживних речовин з вегетативної частини до генеративної. В процесі росту і розвитку коріандру посівного спостерігається тенденція щодо росту маси рослин та окремих її частин (стебел, листків, суцвіть, плодів), зміна співвідношення надземних органів. Протилежна тенденція спостерігалась в зміні приросту маси стебел, які несуть генеративні органи.

Динаміка наростання співвідношення частин наземних органів коріандру за фазами розвитку. Аналіз показав, що динаміка наростання маси різних частин наземних органів коріандру (стебла, листки, зонтики) значною мірою залежала від сорту та строків сівби. У сорту Оксаніт спостерігалося поступове наростання вегетативної маси від фази гілкування до бутонізації, при цьому стебла формували 45-48 % від загальної маси наземних органів, листки – 35-38 %, а формуючі зонтики – лише 12-15 %. У фазі цвітіння частка генеративних органів різко зростала до 28-32 %, при цьому співвідношення листки : стебла : зонтики змінювалося до 32 : 40 : 28 %.

У сорту Нектар спостерігалася схожа тенденція, але з дещо більшою часткою генеративних органів у фазі цвітіння (30-33 %) та трохи меншою масою листків (30-34 %), що свідчить про відмінності у розподілі продуктивності між сортами. Ранні строки сівби забезпечували більшу масу листкової поверхні на ранніх фазах (до 39-40 % загальної маси), але знижували частку зонтиків на фазі цвітіння (25-27 %), а пізні строки сівби скорочували вегетативний приріст і прискорювали наростання генеративних органів у коротший період.

Отримані дані свідчать, що співвідношення частин наземних органів змінюється динамічно у процесі розвитку рослин, і оптимальні строки сівби забезпечують збалансоване формування вегетативних та генеративних органів, що безпосередньо впливає на врожайність та якість насіння. Динаміка розвитку стебел, листків і зонтиків відображає здатність рослин ефективно перерозподіляти ресурси між вегетативними і генеративними органами залежно від фаз розвитку та умов вирощування.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Оптимізація строків сівби є ключовим фактором для забезпечення високої врожайності та якісного формування насіння коріандру. Використання сорту Нектар у поєднанні з оптимальним строком сівби забезпечує найбільш ефективний перерозподіл вегетативної та генеративної маси, максимальний вихід насіння та високу масу 1000 насінин. Ранні та пізні строки сівби обмежують генеративний розвиток рослин і знижують потенційну продуктивність, що підкреслює важливість агротехнічного регулювання строків посіву для підвищення врожайності коріандру в умовах Південного Степу України.

Оптимальний строк сівби забезпечує максимальну схожість насіння (98-99 %) та виживання рослин (95-97 %). Ранні та пізні строки сівби знижують виживання до 90-92 %, що обмежує густоту стояння та потенційну врожайність. Оптимальний строк сівби забезпечує збалансовану тривалість вегетативних і генеративних фаз, сприяючи ефективному перерозподілу асимілятів. Пізній строк сівби скорочує тривалість вегетативного росту та прискорює генеративні фази, що може знижувати продуктивність насіння. Літній ріст рослин та середньодобовий приріст Максимальний середньодобовий приріст спостерігається у фазі «бутонізація → цвітіння» (1,70-1,77 см/добу). Середній приріст за весь період найбільший при оптимальному строку сівби (0,67-0,69 см/добу), що забезпечує гарний розвиток надземної маси.

Динаміка маси наземних органів та частка генеративної маси у фазі гілкування вегетативна маса складає 78-83 %, генеративна – 17-22 %. У фазах бутонізації та цвітіння частка генеративних органів зростає до 28-36 %, а у фазі плодоношення досягає 35–36 %. Сорт Нектар формує трохи більшу частку генеративної маси на фазах цвітіння та плодоношення, тоді як Оксаніт – більшу вегетативну масу.

Оптимальний строк сівби забезпечує максимальну продуктивність рослин (262 г/м²), вихід насіння (120-123 г/м²) та масу 1000 насінин (4,5-4,6 г), що відповідає 12-12,3 ц/га. Ранні та пізні строки сівби знижують врожайність на 15-20 %, а частка генеративної маси зменшується до 36-39 %. Сорт Нектар демонструє більшу генеративну продуктивність та вихід насіння порівняно з Оксанітом, що робить його більш перспективним для високопродуктивного вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бараболя О.В., Пащенко І.В. Вплив строків сівби та мікродобрив на продуктивність сої в умовах лісостепу України. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2023. Вип. 132. С. 10-20.

2. Добровольський П.А., Андрійченко Л.В., Коваленко О.А. Ефіроолійні рослини та їх значення у сучасному світі. *Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових розробок у виробництво* : зб. матеріалів доп. учасн. V Міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв : МНАУ, 2022. С. 75-78.

3. Конопльов О.В. Вплив мінерального живлення на продуктивність коріандру сортів Янтар та Нектар. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2004. № 1. С. 53-55.

4. Конопльов О.В. Вплив способів сівби та норми висіву на врожайність коріандру сорту Янтар в умовах північної підзони Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства.* 2008. № 34-35. С. 278-281.

5. Конопльов О.В. Агроекологічні основи вирощування коріандру в північній підзоні Степу України. *Проблеми сучасного землекористування:* 2008 рік : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 2008 р. Київ : Чабани, 2008. С. 85-86.

6. Козелець Г. М., Іщенко В. А. Сортові та агротехнічні особливості підвищення продуктивності коріандру в умовах Північного степу України. Наукові доповіді НУБіП, 2013-1 (37). URL: http://nd.nubip.edu.ua/2013_1/13kgm.pdf. (дата звернення: 15.12.2022).

7. Манушкіна Т. М., Леонова Т. М., Кібко Т. В. Вплив біопрепаратів на ріст і розвиток рослин, урожайність та якість коріандра посівного в умовах зміни клімату. Вплив змін клімату на онтогенез рослин: матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (Миколаїв, 3-5 жовтня 2018 року). Миколаїв, 2018. С. 22-24.

8. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні (ПСП). 2-ге вид., випр. і доп. / за ред. С.О. Ткачик. Вінниця : ТОВ «Ніланд-ЛТД», 2015. 130 с.

9. Поздняков В.Ю., Петренко С.О. Агротехнологічні заходи підвищення коріандру посівного в Південному Степу України. *Сільське господарство і зміни клімату: наукові підходи та інновації для стійкого майбутнього* : зб. матеріалів доп. учасн. Міжнар. наук.-практ. конф. Одеса : Олді+, 2025. С. 68-72.

10. Поздняков В.Ю., Грабовецька О.А., Петренко С.О. Вплив біопрепаратів на стресостійкість та підвищення врожайності і якості ефіроолійної сировини коріандру. *Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети* : зб. матеріалів доп. учасн. IV Міжнар. наук.-практ. конф. Одеса : Одеса. 2025. С. 122-125. DOI : https://www.doi.org/10.32782/12092025

11. Поздняков В.Ю., Петренко С.О. Інноваційні елементи сучасної технології вирощування коріандру посівного за різних строків сівби. *Наукові основи реалізації принципів кліматично орієнтованого сільського господарства в агросфері України* : зб. матеріалів доп. учасн. Міжнар. наук.-практ. конф. Одеса : Олді+, 2024. С. 80-82.

12. Петренко С., Поздняков В. Як вирощувати коріандр: технологія і досвід *Овочі та фрукти : Всеукраїнський журнал.* № 9 (159) 2024. С. 10-16. URL : https://

www.proof.com.ua/wpcontent/uploads/2023/09/OF_%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%81%D0%B5%D0%BD%D1%8C_2023.pdf

13. Поліщук І.С., Поліщук М.І., Мазур О.В., Юрченко Н. А. Польова схожість насіння сортів сої залежно від строків сівби за температурним режимом ґрунту. *Сільське господарство та лісівництво.* 2018. № 11. С. 45-52.

14. Свиденко Л.В., Єжов В.М. Перспективи вирощування деяких ефіроолійних культур у Степу Південному. *Вісник аграрної науки.* 2015. № 6. С. 20-24.

15. Строяновський В. С., Хоміна В. Я., Гаврилюк В. Б. Продуктивність ефіроолійних культур родини Apiaceae залежно від технологічних факторів. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: зб. тез доп. Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Тернопіль, 20 листопада 2019 р.). Тернопіль: ТНЕУ, 2019. С. 187-188.

16. Svyrydovskyi V., Svydenko L., Hrabovetska O., Valentiuk N., Petrenko S., Svydenko A. Features of growth and development of Hyssopus Officinalis L. in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. Scientific Papers. Series A. Agronomy, Bucharest, Romania. 2024, Vol. LXVII, No. 2. P. 406-410. DOI : https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2024/issue_2/vol2024_2.pdf

17. Турак О.Ю., Козлов М.Ю. Вплив строків посіву на продуктивність ранніх сортів сої в умовах Івано-Франківської області. *Український журнал природничих наук.* 2024. № 7. С. 182-189.

18. Уляніч О.І., Філонова О.М. Інноваційні елементи технології вирощування коріандру посівного. *Наукові доповіді НУБіП*. 2011. № 3 (25). URL. : http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2011_3/11uoi.pdf7.

19. Уляніч О.І., Філонова О.М. Роль сорту в технології вирощування коріандру посівного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.* Сер.: Агрономія. 2013. С. 186-191.

20. Шевніков М.Я. Кулібаба М.Ю. Урожайність та якість насіння сої залежно від строків сівби і використання біопрепаратів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2013. № 3. С. 41-44.

21. Хоміна В. Я. Обґрунтування елементів технології вирощування коріандру посівного (coriander savitum) в умовах Лісостепу Західного. Техніка і технології АПК. № 3. С. 16-19.

22. Фролова Н. Е. Ресурсозберігаючі підходи при переробці ефіроолійної сировини. Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції основні засади її конкурентоздатності матеріали V Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції (Київ, 14 вересня 2016 р.). Київ, 2016. С. 47-49.

23. Nadeem M. Anjum FM, Khan MI, Tehseen S. El-Ghorab A. Sultan JL Nutritional and medicinal aspects of coriander (Coriandrum sativum L.). 2013; 115: 743-55.

Дата першого надходження рукопису до видання: 07.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 631.5:631.1
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.21

АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТРОКІВ СІВБИ

Вакуленко В.В. *– аспірант кафедри захисту, генетики і селекції рослин,*
Одеський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-8460-4148
Кривенко А.І. – *д.с.-г.н., професор,*
завідувач кафедри захисту, генетики і селекції рослин,
Одеський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-2133-3010
Кононенко Ю.М. – *к.б.н.,*
асистент кафедри захисту, генетики і селекції рослин,
Одеський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-5724-9101

Мета. Дослідження спрямовано на оцінку впливу строків сівби на урожайність і якість насіння сортів пшениці озимої різних типів інтенсивності в умовах в умовах правобережної частини Лісостепу України. Методи. Дослідження проводили у 2022–2025 рр. на полях дослідного господарства ІФРГ НАН України, правобережний Лісостеп України. Вивчали шість сортів пшениці озимої: інтенсивні (Богдана, Даринка Київська, Подолянка) та високоінтенсивні (Астарта, Борія, Перлина Поділля). Експеримент виконано за трьома строками сівби (1.09, 15.09, 30.09) у триразовому повторенні з рандомізованим розміщенням ділянок. Встановлено, що строки сівби істотно впливають на урожайність та якість насіння пшениці озимої у правобережному Лісостепу України. Сорти високоінтенсивного типу (Астарта, Борія, Перлина Поділля) проявили кращу адаптивність до гідротермічних коливань та стабільно перевищували за урожайністю універсальні сорти (Подолянка, Богдана, Даринка Київська) у середньому на 1,1–1,7 т/га. Найбільш урожайним серед універсальних сортів за пізнього строку сівби був сорт Богдана – 5,97 т/га, тоді як серед високоінтенсивних сортів найвищі показники мав Астарта – 7,53 т/га. Пізній строк сівби забезпечив збільшення маси 1000 насінин до 46–47 г, підвищення виходу кондиційного насіння до 84–85 % і зростання частки крупної фракції зерна (до 65–68 %). Отримані результати свідчать, що поєднання оптимального строку сівби з добором високоінтенсивних сортів є ефективним шляхом підвищення урожайності, покращення посівних якостей насіння та стабілізації фітосанітарного стану посівів пшениці озимої в умовах кліматичних змін. Висновки. Оптимізація строків сівби з урахуванням сортових особливостей є дієвим засобом підвищення врожайності та поліпшення фітосанітарного стану посівів пшениці озимої. Найефективнішим визначено пізній строк сівби (30 вересня) у поєднанні з використанням високоінтенсивних сортів, що забезпечує стабільну урожайність та формування якісного насіння у кліматичних умовах правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: *пшениця озима, строки сівби, урожайність, якість насіння, адаптивність сортів.*

Kryvenko A.I., Vakulenko V.V., Kononenko Yu.M. Analysis of the productivity of winter wheat varieties depending on the sowing dates

Purpose. The study is aimed at assessing the influence of sowing dates on the yield and quality of seeds of winter wheat varieties of different types of intensity in the conditions of the right-bank part of the Forest-Steppe of Ukraine. Methods. The study was conducted in 2022–2025. in the

© Вакуленко В.В., Кривенко А.І., Кононенко Ю.М., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

fields of the experimental farm of the Institute of Agricultural Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. Six varieties of winter wheat were studied: intensive (Bogdana, Darynka Kyivska, Podolyanka) and high-intensity (Astarta, Boriya, Perlyna Podillya). The experiment was carried out at three sowing dates (1.09, 15.09, 30.09) in three replications with randomized placement of plots. Results. It was found that sowing dates significantly affect the yield and quality of winter wheat seeds in the right-bank forest-steppe of Ukraine. Varieties of the high-intensity type (Astarta, Boriya, Perlyna Podillya) showed better adaptability to hydrothermal fluctuations and consistently exceeded the yield of universal varieties (Podolyanka, Bogdana, Darynka Kyivska) by an average of 1.1–1.7 t/ha. The most productive among universal varieties at a late sowing date was the Bogdana variety – 5.97 t/ha, while among high-intensity varieties the highest indicators were Astarta – 7.53 t/ha. Late sowing date provided an increase in the mass of 1000 seeds to 46–47 g, an increase in the yield of conditioned seeds to 84–85% and an increase in the share of the large grain fraction (up to 65–68%). The results obtained indicate that the combination of the optimal sowing date with the selection of high-intensity varieties is an effective way to increase yield, improve seed quality and stabilize the phytosanitary condition of winter wheat crops in conditions of climate change. Conclusions. Optimization of sowing dates taking into account varietal characteristics is an effective means of increasing yield and improving the phytosanitary condition of winter wheat crops. The most effective was determined to be the late sowing date (September 30) in combination with the use of high-intensity varieties, which ensures stable yield and the formation of high-quality seeds in the climatic conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: *winter wheat, sowing dates, yield, seed quality, adaptability of varieties.*

Постановка проблеми. Сучасні кліматичні зміни, що інтенсифікувалися в останні роки, зумовлюють необхідність упровадження комплексу адаптаційних заходів, спрямованих на зниження їхнього негативного впливу на продуктивність сільськогосподарських культур. Підвищення температурного режиму, зміна режиму зволоження, зростання частоти екстремальних погодних явищ потребують перегляду традиційних технологій вирощування культур та внесення коректив до їх окремих елементів. Одним із пріоритетних напрямів сучасного агровиробництва є індивідуалізація технологічних підходів до кожного поля з урахуванням біологічних особливостей сорту, стану ґрунту, кліматичних умов зони вирощування та фітосанітарної ситуації.

З огляду на стрімке зростання кількості несприятливих природних явищ у сучасному світі, головним завданням сучасної селекції пшениці є створення сортів із високим адаптаційним потенціалом. Такі сорти повинні відзначатися екологічною пластичністю, що проявляється у здатності ефективно пристосовуватись до мінливих умов середовища. Водночас, відповідно до пріоритетних напрямів розвитку зерновиробництва, перед селекційними центрами та науковими установами постає необхідність забезпечення створення екологічно пластичних сортів озимої пшениці, адаптованих до конкретних природно-кліматичних умов регіонів вирощування. Крім того, важливим завданням є розроблення нових біоадаптивних технологій вирощування зернових культур, які дозволять максимально реалізувати їхній генетичний потенціал продуктивності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх десятиліть урожайність зернових культур значно зросла. Збільшення урожайності відбувалось переважно за допомогою селекційно-генетичних поліпшень сортів, підвищення потенціалу продуктивності генотипів та адаптивності до мінливості агроекологічних чинників, толерантності до стресових факторів біотичного та абіотичного походження. Фундаментальним напрямом підвищення урожайності зернових культур є впровадження сортів інтенсивного та високоінтенсивного типів. Хоча не всі зареєстровані сорти, зокрема озимої пшениці, мають генетичну здатність до

високої продуктивності, тільки окремі можуть гарантувати за належної технології отримання високих урожаїв – 100 ц/га і більше [1].

Основною вимогою виробництва до сорту є його висока продуктивність в широкому ареалі екологічних умов. Нерозривно пов'язаними факторами у підвищенні й стабілізації урожайності є «генотип сорту – насіння – технологія вирощування».

Пластичність сорту є складною генетично зумовленою властивістю, що визначається спадковою нормою реакції та різноманіттям генів, які відповідають за адаптацію до умов зовнішнього середовища. Завдяки процесам акліматизації сорти можуть формувати нові адаптивні ознаки, тому особливого значення набуває кількісна оцінка взаємодії «генотип – середовище». В умовах сучасних кліматичних змін, що супроводжуються різкими гідротермічними коливаннями, посухами та загальним потеплінням, спостерігається значна різниця між потенційною та фактичною врожайністю сортів озимої пшениці різних типів інтенсивності, а також відмінності у їхній реакції на рівень агротехнічного забезпечення [2-4].

Останні тенденції розвитку землеробства засвідчують зростання ролі технологій, спрямованих на зменшення енерго- та ресурсомісткості виробництва**,** підвищення біологізації агротехнологій, оптимізацію строків виконання операцій і забезпечення екологічної безпеки агровиробництва. Особливого значення набувають інноваційні технологічні рішення, що інтегрують новітні досягнення науки і техніки, забезпечують раціональне використання природних ресурсів та сприяють реалізації потенційної продуктивності сортів відповідно до умов середовища. Це створює передумови для формування екологічно збалансованого, стабільного та високоефективного зернового виробництва в умовах змінного клімату.

Мета. У межах проведених досліджень було здійснено оцінку районованих сортів пшениці озимої залежно від строків сівби**,** що дозволило визначити найоптимальніші терміни, які забезпечують формування посівів із високим потенціалом урожайності.

Матеріали та методика досліджень. Матеріалом для дослідження слугували сучасні сорти пшениці озимої селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України двох груп: інтенсивні сорти універсального використання та сорти високоінтенсивного типу. Сорти першої групи: Богдана, Даринка Київська і Подолянка, другої – Астарта, Борія та Перлина Поділля. Площа облікової ділянки – 10 м^2. Розміщення варіантів – рандомізоване, повторення – триразове. Норма висіву насіння – 5,5 млн схожих насінин/га. Посівні якості висіяного насіння сортів пшениці озимої відповідали ДСТУ 4138-2002. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин проводили за методикою [5, 6].

Дослідження виконані упродовж 2022-2025 років на полях наукової сівозміни Дослідного сільськогосподарського виробництва Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, з типовим для зони правобережного Лісостепу чергуванням культур та загальноприйнятими методиками і агротехнікою [7].

Виклад основного матеріалу дослідження. За умови науково обґрунтованого добору сортів, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов регіону, навіть за пізніх строків сівби можливе формування високопродуктивних посівів озимої пшениці. Це пояснюється не лише реалізацією генетичного потенціалу культури, а й покращенням фітосанітарного стану агроценозу, оскільки оптимально підібрані сорти характеризуються підвищеною стійкістю до комплексу шкідливих організмів та меншою ураженістю збудниками хвороб за умов скороченого вегетаційного періоду.

У процесі акліматизації сорти пшениці озимої формують нові адаптивні ознаки, що зумовлює необхідність кількісного аналізу взаємодії між генотипом і умовами вирощування. В умовах кліматичної нестабільності, характерної для останніх років, особливо на фоні глобального потепління, посух та нерівномірного розподілу опадів, між потенційною та реальною врожайністю сортів різних груп інтенсивності спостерігається істотна різниця. Такі зміни посилюють значення екологічної пластичності та адаптивності сортів до мінливого середовища, а також вимагають оптимізації агротехнологій для забезпечення стабільного рівня продуктивності.

За результатами наших спостережень встановлено, що сорти високоінтенсивного типу за базових технологічних умов забезпечували урожайність, яка переважала або була на рівні з показниками сортів інтенсивного типу (табл. 1). Зокрема, середня врожайність сортів інтенсивного типу за раннього строку сівби становила близько 4,64 т/га, тоді як високоінтенсивні формували 5,85 т/га, а за пізнього строку цей показник в інтенсивних сортів зростав у середньому на 1,21 т/га, а у високоінтенсивних на 1,71 т/га.

Незважаючи на відмінності у генетичному потенціалі, для всіх досліджуваних сортів простежувалася схожа тенденція зміни врожайності залежно від строків сівби. У середньому за 4 роки досліджень серед універсальних сортів за пізнього строку сівби найвищу врожайність забезпечив сорт Богдана – 5,97 т/га (прибавка урожаю становила за пізнього строку посіву +1,29 т/га), тоді як серед високоінтенсивних сортів найвищі показники мав Астарта – 7,53 т/га (прибавка урожаю становила за пізнього строку посіву +1,68 т/га).

Таблиця 1

Урожайність насіння сортів пшениці озимої за різних строків сівби, т/га, 2022-2025 рр.

№ п/п	Сорт	Строки сівби		
		Раній (01.09)	**Оптимальний (15.09)**	**Пізній (30.09)**
сорти інтенсивного універсального типу використання				
1.	Подолянка (стандарт)	4,25	4,92	5,83
2.	Богдана	4,68	5,25	5,97
3.	Даринка Київська	4,98	5,16	5,75
середнє		4,64	5,11	5,85
сорти високоінтенсивного типу використання				
4.	Астарта	5,85	6,82	7,53
5.	Перлина Поділля	4,83	6,28	7,42
6.	Борія	5,97	6,23	6,84
середнє		5,55	6,44	7,26

Результати досліджень свідчать, що сучасні високоінтенсивні сорти мають здатність ефективно і повною мірою реалізовувати свій генетичний потенціал у виробничих умовах зони правобережного Лісостепу України. Така ефективність пояснюється їх підвищеною екологічною стабільністю, здатністю зберігати високі показники продуктивності за різних рівнів агротехнічного навантаження та стійкістю до змін кліматичних умов.

Встановлені відмінності у врожайності між сортами різних типів інтенсивності вказують на їх різну реакцію на умови та технологічні параметри вирощування. Одним із ключових критеріїв адаптивності генотипів є стабільність урожайності протягом років, адже у процесі росту й розвитку рослини перебувають під комплексним впливом абіотичних і біотичних чинників, інтенсивність дії яких змінюється з часом.

Завданням технологічного процесу є створення максимально сприятливих умов для повного виявлення цінних біологічних і господарських ознак сорту, що забезпечує формування високоякісного насіння та реалізацію потенціалу продуктивності. Реалізація цього потенціалу визначається поєднанням спадкових властивостей сорту з конкретними погодними умовами вегетаційного періоду та рівнем ресурсного забезпечення технології вирощування.

Агрометеорологічні умови періоду формування та достигання зерна істотно впливають не лише на рівень урожайності пшениці озимої, але й на морфометричні та якісні показники насіння, зокрема на масу 1000 зернин. Сформовані показники значною мірою залежать від забезпеченості вологою, температурного режиму, фотосинтетичної активності та ступеня ураженості рослин хворобами у період наливу зерна.

У сортів інтенсивного типу універсального використання найвищі показники маси 1000 насінин за базової технології протягом 2022–2025 рр. спостерігалися за пізнього строку сівби. Так, сорт Богдана характеризувався середнім показником 46,5 г, а сорт Подолянка – 46,9 г, що на 3–4 % перевищувало результати за раннього строку. Така тенденція пояснюється більш сприятливими умовами розвитку рослин на початку осені, що забезпечили оптимальне кущення та краще визрівання зерна.

Серед сортів високоінтенсивного типу максимальні показники маси 1000 насінин також зафіксовано за пізнього строку сівби – від 47,0 г у сорту Борія до 48,1 г у сорту Астарта. Це свідчить про здатність високоінтенсивних генотипів ефективніше реалізовувати свій потенціал у відносно помірних температурах та за достатнього забезпечення вологою в осінній період (табл. 2).

Загальна закономірність для більшості досліджуваних сортів полягала у збільшенні маси 1000 насінин при зміщенні строку сівби у бік пізнішого, що зумовлено зниженням інфекційного навантаження та зменшенням пошкодженості зерна патогенами у фазі наливу. У середньому показник варіював у межах 45,0–46,8 г у сортів універсального типу та 46,1–48,1 г у високоінтенсивних форм.

Проведений аналіз дає підстави стверджувати, що поєднання сортової специфіки з оптимальним строком сівби забезпечує формування повноцінного насіння із підвищеними показниками маси та якості. Водночас виявлені коливання маси 1000 насінин підтверджують залежність цього показника від реакції сортів на агрометеорологічні умови та фітосанітарний стан посівів у період вегетації, що має враховуватися при розробці адаптивних технологій вирощування пшениці озимої.

Враховуючи істотну варіабельність показника маси 1000 насінин, закономірно змінювався і вихід кондиційного насіння, який є важливою характеристикою якості посівного матеріалу та впливає на економічну ефективність насінництва (табл. 3).

За результатами досліджень встановлено, що вихід кондиційного насіння змінювався в межах від 78,7 % у сорту Даринка Київська до 85,7 % у сорту Астарта, що свідчить про різну реакцію сортів на строки сівби та агротехнічні умови.

Таблиця 2

Маса 1000 насінин сортів пшениці озимої залежно від строку сівби, г, (2022-2025 рр.)

№ п/п	Сорт	Строки сівби		
		Ранній (01.09)	Оптимальний (15.09)	Пізній (30.09)
1.	Подолянка (стандарт)	44,6	45,1	46,9
2.	Богдана	45,4	46,2	46,5
3.	Даринка Київська	45,2	44,5	45,9
4.	Астарта	46,1	47,0	48,1
5.	Перлина Поділля	45,0	46,2	46,8
6.	Борія	44,3	45,5	47,0

Таблиця 3

Вихід кондиційного насіння сортів пшениці озимої залежно від строку сівби, %, (2022–2025 рр.)

№ п/п	Сорт	Строки сівби		
		Ранній (01.09)	Оптимальний (15.09)	Пізній (30.09)
1.	Подолянка (стандарт)	80,2	83,1	82,4
2.	Богдана	81,0	84,2	83,3
3.	Даринка Київська	78,7	80,5	81,2
4.	Астарта	82,1	85,0	85,7
5.	Перлина Поділля	79,3	81,0	81,8
6.	Борія	77,8	79,6	80,1

Сорти інтенсивного типу (Подолянка, Богдана) формували стабільно високий вихід насіння – у межах 82–84 %, тоді як високоінтенсивні (Астарта, Перлина Поділля) забезпечували максимальні значення показника за пізнього строку сівби.

Застосування енергонасичених технологій вирощування сприяло підвищенню вирівняності насіння та зниженню відсотку травмованих зернин, що позитивно впливало на кондиційність партій. Різниця між строками сівби у межах 1–2 % свідчить про високу адаптивність сортів до умов осіннього періоду вегетації.

Отримані результати підтверджують, що якість насіння визначається не лише генетичними особливостями сорту, а й сукупною дією абіотичних і біотичних факторів середовища. Коливання температури, надмірне зволоження ґрунту або ураження рослин хворобами можуть спричиняти зниження життєздатності насіння, що відображається у зменшенні вмісту білкового азоту та погіршенні обмінних процесів у зародку.

Особливе значення для оцінки якості має фракційний склад насіння, який відображає однорідність партії за розмірами та масою. Під час дослідження крупність насіння визначали шляхом просіювання через набір сит із отворами різного діаметра (2,8 × 20 мм; 2,5 × 20 мм; 2,2 × 20 мм; 2,0 × 20 мм) на класифікаторі ВІМ із частотою 110–120 рухів за хвилину протягом 3 хвилин. Відокремлення домішок проводили за допомогою лабораторних решіт із розмірами 1,5 × 20 мм.

Встановлено, що фракційний склад насіння істотно залежить від технології вирощування, погодних умов у період достигання та біологічних особливостей сорту. Результати цих досліджень узагальнено у таблиці 4.

Таблиця 4

Фракційний склад насіння сортів пшениці озимої залежно від строків сівби, %, (2022-2025 рр.)

№ п/п	Сорт	Строки сівби					
		Ранній (01.09)			Пізній (30.09)		
		2,5–2,8	2,2–2,5	2,0–2,2	2,5–2,8	2,2–2,5	2,0–2,2
Інтенсивні сорти універсального використання							
1	Подолянка (контроль)	59,7	24,1	16,2	64,5	28,0	7,5
2	Богдана	58,9	22,8	18,3	63,1	26,5	10,4
3	Даринка Київська	56,8	21,9	21,3	62,7	29,2	8,1
Середнє		60,3	58,47	22,93	18,60	63,43	27,90
Високоінтенсивного типу сорти							
4	Астарта	62,1	26,8	11,1	68,3	28,7	3,0
5	Перлина Поділля	61,4	27,5	11,1	66,8	29,4	3,8
6	Борія	60,2	24,9	14,9	65,9	27,1	7,0
Середнє		61,23	26,40	12,37	67,00	28,40	4,60

Результати досліджень свідчать, що фракційний склад насіння пшениці озимої істотно залежав як від генетичних особливостей сорту, так і від строків сівби та технології вирощування. За раннього строку сівби (01.09) у середньому для сортів інтенсивного типу частка крупної фракції (2,5–2,8 мм) становила 58,5 %, тоді як у високоінтенсивних сортів – 61,2 %. За пізнього строку сівби цей показник підвищувався відповідно до 63,4 і 67,0 %, що свідчить про покращення виповненості насіння за більш сприятливих умов осіннього періоду вегетації.

Частка середньої фракції (2,2–2,5 мм) коливалася в межах 22,9–27,9 % у сортів інтенсивного типу та 26,4–28,4 % – у високоінтенсивних сортів, тоді як частка дрібного насіння (2,0–2,2 мм) за пізнього строку сівби істотно зменшувалася – у 2–3 рази порівняно з раннім.

Найвищий вихід крупної фракції стабільно забезпечували сорти Астарта та Перлина Поділля, що характеризуються високою енергією росту й інтенсивним накопиченням пластичних речовин у період наливу зерна. Сорти інтенсивного універсального типу (Подолянка, Богдана) також формували вирівняне за розміром насіння, однак частка дрібної фракції у них залишалася вищою, що, ймовірно, пов’язано з більшою чутливістю до стресових умов у фазі молочно-воскової стиглості.

Отже, можна зробити висновок, що строки сівби та тип сорту є вирішальними факторами у формуванні фракційного складу насіння. Оптимізація агротехнічних заходів сприяє підвищенню частки кондиційного насіння крупної фракції, що безпосередньо впливає на посівні якості та потенціал урожайності в наступному сезоні.

Висновки. Встановлено, що строки сівби істотно впливають на урожайність та якість насіння пшениці озимої у зоні правобережного Лісостепу України.

Сорти високоінтенсивного типу (Астарта, Борія, Перлина Поділля) проявили кращу адаптивність до гідротермічних коливань та стабільно перевищували за урожайністю універсальні сорти (Подолянка, Богдана, Даринка Київська)

у середньому на 1,1–1,7 т/га. Найбільш урожайним серед універсальних сортів за пізнього строку сівби був сорт Богдана – 5,97 т/га, тоді як серед високоінтенсивних сортів найвищі показники мав Астарта – 7,53 т/га.

Пізній строк сівби забезпечив збільшення маси 1000 насінин до 46–47 г, підвищення виходу кондиційного насіння до 84–85 % і зростання частки крупної фракції зерна (до 65–68 %).

Отримані результати свідчать, що поєднання оптимального строку сівби з добором високоінтенсивних сортів є ефективним шляхом підвищення урожайності, покращення посівних якостей насіння та стабілізації фітосанітарного стану посівів пшениці озимої в умовах кліматичних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Моргун В. В., Санін Є. В., Швартау В. В. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та системи живлення і захисту озимої пшениці. ІФРГ НАН України, компанія «Сингента» (Швейцарія). Київ: Логос, 2014. 150 с.
2. Собко М.Г. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від строків сівби в умовах північної частини лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної академії*. 2014. № 1. С. 6–9.
3. Власюк О.С. Кирилюк Д.П., Войтов О.Д., Нараєвська О.О. Урожайність та фітосанітарний стан пшениці озимої залежно від строків сівби і норм висіву. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету.* 2013. №. 21. С. 48–52 Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZnpPdatu_2013_21_13
4. Желдубовський М.С., Ярощук С.В., Дубовик І.І. Вплив строків сівби на формування показників структур врожаю пшениці озимої. Аграрні інновації. 2024. Вип. 24 с. 67–72.
5. Ушкаренко В. О., Коковіхін С. В., Вожегова Р. А., Голобородько С. П. Методика польового досліду (зрошуване землеробство): навч. посіб. Херсон: Грінь Д. С., 2014. 448 с.
6. ДСТУ 4138-2002. Київ, Держспоживстандарт України. 2003, 170 с.
7. Трибель С. О. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб / С. О. Трибель, М. В. Гетьман, О. О. Стригун, Г. М. Ковалишина, А. В. Андрющенко. За редакцією С. О. Трибеля. К.: Колобіг, 2010. 392 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 03.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

УДК 628.86.89
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.22

ЗАСТОСУВАННЯ КОРМОВИХ СТАНЦІЙ У ГОДІВЛІ СВИНЕЙ

Іванов В.О. *– д.с.-г.н., професор,*
головний співробітник лабораторії інноваційних технологій
та експериментальних тваринницьких об'єктів,
Інститут свинарства і агропромислового виробництва Національної академії
аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-8653-7092
Соловйов А.М. *– аспірант кафедри товарознавства, біотехнології, експертизи*
та митної служби,
Полтавський університет економіки і торгівлі
orcid.org/0009-0007-5274-975X

В статті наводяться результати утримання ремонтних свинок і поросних свиноматок в умовах промислової технології з використанням електронних кормових станцій. Метою досліджень було визначення особливостей групового утримання ремонтних свинок і поросних свиноматок за різних способів годівлі в умовах промислового комплексу ТОВ « Агропрайм Холдинг» Одеської області. Дослідження проводили у два етапи. На першому у етапі визначали ефективність групового утримання поросних свиноматок в станках обладнаних електронною кормовою станцією, яка розрахована на годівлю 45 поросних свиноматок. На другому етапі досліджували ефективність вирощування ремонтних помісних (Лн х Вб) свинок в умовах традиційного утримання і годівлі і при застосуванні електронних кормових станцій. На основі досліджень першого етапу встановлено, що утримання поросних свиноматок в станках з кормовою станцією виявило ряд позитивних і негативних сторін. Позитивною стороною є те, більше часу витрачували споживання корму і менше часу проявляли агресивних дій. В результаті збільшилась великоплідність свиноматок, маса гнізда та зменшилась частка мертвонароджених поросят. Негативна сторона проявилась з труднощами при привчанні тварин до користування кормовою станцією та голодом свиноматок, що мало місце аборту та травм. Встановлено, що порівняно із свинками контрольної групи, які утримувалися в групових станках по 25-30 голів в кожному, вирощування ремонтних свинок з використанням електронної кормової

© Іванов В.О., Соловйов А.М., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

станції сприяє створенню комфортніших умов для відпочинку і споживання їжі в умовах групового утримання і створюють оптимальніші умови для послідуючого перебування в період поросності та підвищують відтворювальні властивості. Встановлено, що застосування кормової станції в період вирощування ремонтних свинок і послідуючої їх вагітності доцільніше ніж використання для поросних свиноматок

***Ключові слова**. Ремонтні свинки, поросні свиноматки, продуктивність, кормова станція, поведінка, відтворювальні властивості, технологія.*

Ivanov V.O., Solovyov A.M. Application of feeding stations in pig feeding

The article presents the results of keeping gilts and farrowing sows in industrial technology using electronic feeding stations. The aim of the research was to determine the features of group keeping of gilts and farrowing sows using different feeding methods in an industrial complex. LLC «Agroprime Holding» of Odessa region. The research was conducted in two stages. In the first stage, the effectiveness of group housing of sows in farrowing pens equipped with an electronic feeding station, designed for feeding 45 sows in farrowing,. The second stage investigated the efficiency of rearing crossbred (Ln x Vb) gilts under traditional housing and feeding conditions and the use of electronic feeding stations. Based on the first stage of the study, it was established that keeping farrowing sows in stalls with a feeding station revealed a number of positive and negative aspects. On the positive side, more time was spent consuming feed and less time was spent showing aggressive behavior. As a result, sows' fertility, litter weight and the proportion of stillborn piglets increased. The negative side was manifested by difficulties in accustoming animals to use the feeding station and starvation of sows, which led to abortion and injuries. It was found that compared to the control group pigs, which were kept in group stalls of 25-30 heads. In each case, raising replacement pigs using an electronic feeding station helps create more comfortable conditions for rest and food consumption in group housing and creates more optimal conditions for subsequent stay during the breeding season and increases reproductive properties. It has been established that the use of a feeding station during the period of rearing gilts and their subsequent pregnancy is more appropriate than its use for farrowing sows.

***Key words:** farrowing gilts, farrowing sows, productivity, feeding station, behavior, reproductive properties, technology.*

Актуальність теми дослідження. Підвищення ефективності виробництва свинини потребує постійного пошуку нових стратегій, спрямованих на розробку інноваційних підходів в області годівлі свиней. Впровадження промислових методів виробництва свинини вимагає більш глибоких процесів автоматизаціїі комп'ютеризації виробництва. В цьому аспекті вельми актуальним є підвищення ефективності використання поживних речовин корму тваринами застосувавши інноваційне обладнання, а саме – комп'ютеризовані кормові станції [1]. Індивідуальна годівля свиней за допомогою електронних кормових станцій (ЕКС) порівняно з роботизованими та іншими кормовими автоматами, є найсучаснішою технологією на промислових свинофермах і свинокомплексах [2]. Основне призначення ЕКС – на основі програмного проведення моніторингу за схемами годівлі, споживанням комбікорму, за живою масою, за протіканням статевого циклу. поросності, показниками здоров'я, проведення сепарації тварин та надання відповідних даних у реальному часі керуючому персоналу і технічній підтримці. У зв'язку з вище наведеними матеріалами вважається актуальним узагальнити існуючий практичний досвід застосування електронних кормових станцій у свинарстві та розробити нові підходи для удосконалення їх роботи. Зокрема для вирішення цієї проблеми доцільним є проведення досліджень щодо утримувати в групових станках з кормовими станціями ремонтних свинок.

Постановка проблеми. Одним із найскладніших технологічних досягнень галузі став розвиток електронних систем годівлі свиноматок (ESF) у період поросності. Системи ESF дозволяють годувати індивідуально, що означає, що кожній свиноматці можна забезпечити необхідний раціон [3, 4]. Ці системи також

збирають дані про споживання корму та поведінку тварин, які можуть бути використані для подальшого покращення стратегій годівлі та загального управління стадом.

З метою зменшення конкуренції між тваринами при споживанні корму, нерівномірного розподілу добової норми та ліквідації стрес-конфліктів між свиноматками, зменшення потреб у робочій силі, задовольнення попиту на свинину і одночасного зниження екологічного впливу виробництва, науковцями разом з практиками на початку 1980-х років, була винайдена електронна фід-станція (EFS), яка постійно вдосконалювалася майже до 2020 року [5, 6].

Великогрупове утримання поросних свиноматок (по 50-80 голів) у кормових станціях набуло широкого поширення по всьому світу. Особливістю кормових станцій є те, що завдяки сучасному електронному обладнанню, та застосуванню транспондерів вдалося поєднанати великогрупове утримання свиноматок з індивідуальною кашоподібною годівлею завдяки точній ідентифікації (впізнанню) тварин. На всіх свиноматках прикріпляються RFID-системи (радіочастотна ідентифікація), що дозволяє кормової станції ідентифікувати окремих тварин і роздавати певну кількість корму. Кормові станції оснащаються програмним забезпеченням, що відстежує схеми годівлі, споживання корму, статус вагітності та показники здоров'я, надаючи дані в реальному часі операторам [6].

За даними [6] електронні станції годівлі (ЕСГ) «забезпечують індивідуальний підхід до годівлі тварини і збір точних даних про витрати корму». На вухо свиноматки прикріпляється вушна бірка через яку станція дає стільки корму, скільки їй потрібно для забезпечення фізіологічних потреб. Комп'ютер є контролює рівень споживання комбікорм, сигналізує про стан кормової активності, веде точний облік витрат кормів. Автор наголошує, що «застосування станції ЕСГ, порівняно зі звичайними годівницями, дозволяє заощадити до 20% корму». В кормовій станції без участі оператора відбуваються виявлення свиноматок в охоті [8].

Для виявлення свиноматок в охоті до їх групового станка примикає загон, у якому утримують кнура, який виділяє феромони. Свиноматки в стані охоти прваблюється запахом і шукають спілкування з кнуром. Загон обладнаний автоматичним спреєм, який мітить свиноматок як тільки вони наблизяться до кнура. Транспордер, закріплений у вусі передає інформацію за призначенням і таким чином оператор підраховує, кількість статевих реакцій і тривалість часу статевої поведінки кожної свиноматки, які вони демонструваиа перед кнуром.

Групове утримання свиноматок із застосуванням кормових станцій, на думку [9], значно зменшує негативні наслідки, які мали місце за традиційною системою. Одна станція може обслуговувати близько 70 свиноматок. Інколи їх в одному станку встановлюють дві або три, відповідно, в такому разі кількість свиноматок та станкова площа збільшується. Таким чином, збільшується продуктивність праці персоналу, зменшується ризик впливу на свиноматок технологічного стресу, оскільки тварини поводяться цілком природно для їх виду: у них відсутня конкуренція за корми та воду, які вони вживають за потреби.

Набутий досвід утримання поросних свиноматок виявив ряд недоліків. Зокрема, свиноматки два рази попадають під дію стрес-факторів. Перший раз – під час встановлення ієрархії, другий раз – під час привчання тварин до кормового апарату. Не всі свиноматки охоче заходять у апарат, в результаті частина свиноматок остається голодною, що призводить до абортів.

Тому, одним із найважливіших кроків для успішної системи ESF є правильне навчання свинок. Загальна мета навчання свинок полягає в тому, щоб високий

відсоток свинок навчився користуватися станцією ESF, перш ніж їх переведуть до періоду поросності. Існує три критичні кроки в правильному навчанні свинок. До них належать: попереднє навчання; навчання після того, як свинок перемістили до тренувального загону з ESF; та період після навчання. Адаптація до ESF-одиниць може проводитися різними способами. Після надходження на ферму тварини розподіляються по загонах з тренувальними воротами. Загони для вирощування ділиться на ділянки з кормовою зоною, що забезпечує повний доступ до корму. Між цими підрозділами розташовані прості односторонні ворота, через які тварини можуть переміщатися. Конструкція тренувального загону дає можливість підготувати тварин до годівлі на станціях ESF [10].

Але для вирішення цього процесу необхідно мати добре підготовлений персонал для проведення контролю системи годівлі та навчання тварин користуватися станціями. Призначений персонал для навчання повинен вміти спостерігати за поведінкою тварин і встановлювати зв'язок із ними [10, 11]. Тренування зазвичай триває від двох до трьох тижнів. Не піддатних для тренування тварин (3%) до станції не залучають [12].

Підсумовуючи вищенаведений матеріал слід зазначити, що одним із найскладніших технологічних досягнень у свинарстві став розвиток електронних систем годівлі поросних свиноматок (ESF- системи). Ці системи дозволяють годувати індивідуально, що означає, що кожній свиноматці можна забезпечити раціон, адаптований до її специфічних потреб, що підвищує добробут та продуктивність тварин. ESF системи також збирають дані про споживання корму та поведінку корму, які можуть бути використані для подальшого покращення стратегій годівлі та загального управління стадом [13].

Багаторічні спостереження за функцією кормових станцій виявили ряд проблемних моментів це стосується зниження фіксації точної живої маси підчас переміщення переміщенням свиноматок, споживання кількості спожитого корму протягом терміну поросності, недостатнього дресирування тварин напередодні користування станцією, не синхронністю поведінки молодих і дорослих свиноматок, агресивної поведінки тварин перед заходом у станцію, що супроводжувалася пошкодженням вульви і других частин тіла [14].

Статистика з електронних кормових станцій показала, що близько 20% відвідувань без годівлі, які спостерігав оператор, ніколи не реєструвалися, бо свиноматки проходили через годівницю надто швидко [15, 16]. Фахівці університету штату Айова проаналізували роботу електронних кормових станцій на предмет наявності помилок, спричинених несправністю годівниць та взаємодією між тваринами. Вони встановили, що частота помилок у даних електронних годівницях є значною, але відвідування з помилками можна виявити, а їх частоту можна знизити за умови належного управління процесом годівлі [17]. Поряд з позитивними характеристиками електронних кормових станцій на основі досліджень відмічаються ряд основних недоліків:

– відносно висока вартість встановлення систем ККС, що потребує значних початкових вкладень у технології та інфраструктуру;

– складність управління системою ККС вимагає вищого рівня кваліфікації операторів;

при груповому утриманні домінуючі свиноматки можуть залякувати підлеглих, обмежуючи їхній доступ до корму

Підсумовуючи вищенаведений матеріал слід зазначити, що одним із найскладніших технологічних досягнень у свинарстві став розвиток електронних систем

годівлі поросних свиноматок. Ці системи дозволяють годувати індивідуально, що означає, що кожній свиноматці можна забезпечити раціон, адаптований до її специфічних потреб, що підвищує добробут та продуктивність тварин. Електронні системи годівлі також збирають дані про споживання корму та поведінку корму, які можуть бути використані для подальшого покращення стратегій годівлі та загального управління стадом [13].

Метою досліджень було визначити особливості групового утримання ремонтних свинок і поросних свиноматок за різних способів годівлі в умовах промислового комплексу ТОВ «Агропрайм Холдинг» Одеської області.

Методика досліжень. Для вирішення поставленої задачі у 2025 році провели два етапи досліджень. На першому у етапі визначали ефективність групового утримання поросних свиноматок в станках обладнаних електронною кормовою станцією фірми «Фреда», яка розрахований на годівлю 45 поросних свиноматок.

Рис. 1. Електронна кормова станція

Для досліду сформували дві групи поросних помісних (Лн х Вб) свиноматок -контрольну і дослідну французького походження. Свиноматки контрольної групи по 10 голів, утримувалися в 4-х групових станках з частково решітчастою підлогою, обладнаних груповими металевими годівницями, вакуумними автонапувалками. Свиноматки дослідної групи (45 голів) утримувалися в груповому станку, який був обладнаний кормовою станцією. Свині споживали комбікорм, виготовлений на комбікормовому заводі ТОВ «Агропрайм Холдинг».

На другому етапі досліджували ефективність вирощування ремонтних помісних (Лн х Вб) свинок французького походження в умовах традиційного утримання і годівлі при застосуванні електронних кормових станцій. Для досліду сформували дві групи ремонтних свинок у 6-місячному віці. Тварини контрольної групи утримувалися в групових станках по 25-30 голів в кожному, дослідної – у станку обладнаним кормовою станцією, розрахованою на 45 голів. Свині споживали комбікорм, виготовлений на комбікормовому у заводі ТОВ «Агропрайм Холдинг».

Поведінку та продуктивність тварин визначали за [18, 19]. Годівлю свиней проводили згідно [20]. Економічну ефективність результатів досліджень визначали за [21]. Результати досліджень оброблені за допомогою методів варіаційної статистики [22].

Результати досліджень. Об'єктивним методом оцінки різних способів утримання і годівлі є візуальні та хронометражні спостереження за поведінкою тварин (табл. 1).

Таблиця 1

Показник агресивної поведінки свиноматок біля кормової станції

Доба	Час доби											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Кількість агресивних дій											
Перша	11,7	15,5	18,1	9,5	6,7	2,2	1,3	1,01	0,7	-	-	-
Друга	8,7	12, 3	13,8	7,2	4,1	2,0	1,1	0.8	0,5	-	-	-
Третя	4, 5	8,6	10,3	4,5	2,2	1,6	0,7	0,4	0,1	-	-	-
Четверта	3,1	6,4	8,4	3,6	1,8	1,2	0,4	0,1	-	-	-	-

Як видно із таблиці 1 у перший день постановки тварин агресивність між свиноматками поступово зростає і максимального значення набуває на дев'яту годину ранку, потім поступово зменшується і після 15-ї години взагалі припиняється. Аналогічна картина спостерігалася на другу, третю і четверту добу, але інтенсивність агресивної поведінки значно зменшувалася. А після 14-ї години агресивних дій не спостерігалося.

Загальна поведінка свиноматок протягом доби має свої особливості (табл. 2).

Таблиця 2

Хронометраж поведінки поросних свиноматок за різних умов, годівлі і утримання, хв. (1-й етап)

Показник	Група			
	контрольна, n=40		дослідна, n=45	
День поросності	30	90	30	90
Лежання	1022, 4 ±31,6	1143,6 ±32,7	1054,5 ±28,6	1161,2 ±35,7
Стояння	110, 5 ±4,1	120,6 ±5,1	121, 4 ±4,4	140,8 ±5,7
Рух	232,3 ±9,6	109,8 ±11,2	191,4 ±9,6	79,3 ±8,9
Бійки	47,2 ±2,9	34,2 ±4,3	38,4* ±3,2	20,6** ±4,1
Споживання корму і води	28,2 ±1,5	32, 3 ±1,7	34,3** ±1,6	38, 1* ±1,8

*Примітка: *P<0,01; **P<0,01*

Дані таблиці 2 вказують про те деякі відмінності у поведінці поросних свиноматок. Так на 30-й день поросності свинки дослідної групи більше часу витрачували на стояння, споживання корму і менше часу проявляли на рух та агресивні

дії. На 90-й день поросності картина відносно не змінилася. Свиноматки дослідної групи також більше часу витрачували на стояння, споживання корму і менше часу проявляли на рух та агресивні дії.

Спостереження за кормовою поведінкою показали, що у груповій годівниці, якою користувалися свиноматки контрольної групи домінуючі особини відганяли субдомінуючих і з'їдали більше за свою норму, а субдомінантні недотримували потрібну кількість. В груповій годівниці тварини часто риються в кормі і вигрібають його на підлогу. В електронній станції корм видається дозовано прямо в годівницю. Свиноматка стоїть в замкнутому просторі і фізично не може розкидувати корм, а тому він повністю споживається.

У середньому коливання індивідуального споживання норми у контрольній групі становило 18%. Для того, щоб слабкіші особини отримали свій мінімум корму, норму завищують для всіх тварин. Свиноматки дослідної групи, користуючись станцією, отримували строго свою норму, що запобігає переїданню корму. В результаті економія кормів у дослідній групі склала 420 г на голову за добу. При вартості комбікорму 12 грн/кг економія склала 5,04 грн на 1 голову за добу. За 90 днів перебування в станції економія склала 453,6 грн на голову. Набутий досвід утримання поросних свиноматок виявив ряд недоліків. Зокрема, свиноматки два рази попадають під дію стрес-факторів. Перший раз – під час встановлення ієрархії, другий раз – під час привчання тварин до кормового апарату. Не всі свиноматки охоче заходять у кормовий апарат, в результаті частина свиноматок остається голодною протягом 1-2-х діб. Процес привчання відбувається протягом 4-5 днів. За такої ситуації оператор вимушений свиноматку заштовхувати у кормову станцію. В результаті мало місце аборти (2 голови) і травми тварин. Тільки на п'яту добу свиноматки стовідсотково користувалися станцією самостійно. За 5-7 днів до опоросу важкопоросних свиноматок піддослідних груп перевели в маточні станки. Результати наведено у таблиці 3. Як видно із таблиці 3 у свиноматок дослідної групи зменшилась кількість мертвонароджених поросят (на 0,5 голів), збільшилась великоплідність (на 18,5%).

Таблиця 3

Відтворювальні ознаки піддослідних тварин (1-й етап)

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Опоросилося, голів	40	43
Народжено поросят на свиноматку, всього, голів	14,3±0,18	14,6±0,19
Багатоплідність, гол.	13,8±0,15	14,4±0,21
Кількість мертвонароджених, голів	0,7±0,02	0,2±0,02***
Великоплідність, кг	1,13±0,03	1,34±0,02***
Вибраковано нетехнологічних» свиноматок, гол.	3	1
Маса поросяти при відлучені у 28 днів, кг	8,1±0,11	8,5±0,10
Маса гнізда при відлученні у 28 днів, кг	100,6±1,21	107,1±1,25***

*Примітка:***P<0,001*

Крім того, у дослідній групі значно зменшилась кількість браковки «нетехнологічних» свиноматок (малоплідні, екстер'єрні вади молочної залози, незадовільні материнські властивості), а також збільшилася жива поросят при відлученні у 28 днів (на 0,4 кг) та маса гнізда (5,5 кг). Вартість додаткової основної продукції на свиноматку склала 1126,72 грн.

Таким чином, проведені дослідження першого етапу дають підставу зробити наступний висновок. Утримання поросних свиноматок в станках з кормовою станцією виявило ряд позитивних і негативних сторін. Позитивною стороною є те, більше часу витрачували споживання корму і менше часу проявляли агресивних дій. В результаті збільшилась великоплідність свиноматок і жива маса при відлученні, маса гнізда та зменшилась частка мертвонароджених поросят. Негативна сторона проявилась з труднощами при привчанні тварин до користування кормовою станцією та голодом свиноматок, що призвело до абортів і травм.

Враховуючі проблеми, які мале місце на першому етапі було прийняте рішення – на другому етапі ремонтних свинок утримувати в групових станках з електронними кормовими станціями. Такий прийом прискорив привчання свинок до користування кормовою станцією. На четверту добу свинки стовідсотково користувалися станцією самостійно.

Дані таблиці 4 свідчать, що у перший день постановки тварин кількість агресивних реакцій між свинками поступово зростає і максимального значення набуває на дев'яту годину ранку, потім поступово зменшується і після 15 години взагалі припиняється.

Таблиця 4

Показник агресивної поведінки свинок біля кормової станції у першу добу користування

Доба	Час доби											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Кількість агресивних дій											
Перша	8,6	13,4	15,2	7,6	5,8	2,1	1,1	0, 9	0,5	0,3	0,1	-
Друга	5,3	11,4	13,5	6,3	5,3	1,9	1,2	0,8	0,4	-	-	-
Третя	3,2	6,8	8,8	3,7	1,9	1,4	0,7	0,3	0,2	-	-	-
Четверта	2,1	4,3	6,2	3,1	1,6	1,3	0,5	0,2	0,1	-	-	-

На другу, третю і четверту добу, спостерігалася аналогічна картина але інтенсивність агресивних дій між свинками значно зменшувалася. Різні умови утримання і годівлі свинок відбилися на особливостях їх поведінки (табл. 5).

Дані таблиці 5 свідчать про те, що тривалість лежання та приймання корму і води у свинок дослідної групи порівняно з контрольними аналогами була вірогідно більшою (на 16,68% і 15,21%) відповідно. Крім того, вони менша тратили часу на стояння (на 65,31%). Свинки контрольної групи проявляли вірогідно більшу часу на агресивні дії (на 22,79%) під час споживання їжі.

На наш погляд, особливості поведінки свинок вплинули на їх продуктивність. Нова технологія забезпечила комфортніші умови утримання і годівлі ремонтних свинок, що дало можливість збільшити продуктивність свинок дослідної групи (табл. 6).

Таблиця 5

Поведінка ремонтних свинок у віці 8 місяців за різних умов годівлі і утримання (2-й етап)

Показник	Група	
	контрольна, n=50	дослідна, n=45
Лежання	687, 1 ±16,5	702, 3 ±21,3***
Стояння	158, 9 ±7,6	103, 4 ±8,5***
Рух	270, 2 ±14,3	204, 1 ±19,2***
Бійки	60, 6 ±3,3	27, 2 ±4,2***
Прийом корму і води	264, 8±6,7	305, 1 ±9,3**

*Примітка: ** p<0,01; ***p<0,001.*

Дані таблиці 6 свідчать про те, що вирощування свинок у станку з кормовою станцією порівняно з тваринами контрольної групи сприяло збільшенню живої маси у віці 8 місяців на 6,09% та зменшення браку на 2 голови.

Середньодобовий приріст живої маси також збільшився на 37,14%. На перший погляд, показники середньодобового приросту були невеликі, але цьому є логічне пояснення. Згідно програми селекційно-племінною роботи при вирощуванні ремонтних свинок було поставлене завдання – для проявлення їх генетичного потенціалу необхідно максимально підвищувати енергію росту до досягнення живої маси 100 кг. Такий підхід дає можливість точно оцінити відгодівельні і м'ясні якості генотипів. Далі необхідно створити умови для підготовки статевої системи до репродукції. Для цього зменшують норму годівлі, щоб запобігти значному розвитку жирової тканини і сприяти максимальному розвитку статевих органів протягом 7 і 8 місяців

Таблиця 6

Показники вирощування піддослідного молодняку свиней, кг (2-й етап)

Показник	Група	
	контрольна,	**дослідна,**
Поставлено на вирощування, голів	50	45
Жива маса у 6 міс., кг	115,3±1,98	115,6±1,82
Жива маса у 8 міс., кг	136,1±1,72	144,7±1,44***
Середньодобовий приріст за два місяці, кг	0,350±0,03	0,480±0,04**
Брак, голів	3	1

*Примітка:***P<0,001*

При досягненні свинками живої маси 140 кг піддослідних свинок перевели в індивідуальні станки для проведення осіменіння. Через 3-4 тижні провели

тестування поросності апаратом УЗІ. Після виявлення поросності свинок дослідної групи знову відправили в групові станки з кормовою станцією, а контрольних аналогів – у групові станки.

За 5-7 днів до опоросу важкопоросних свиноматок піддослідних груп перевели у маточні станки. Отриманні дані наведено у таблиці 7.

Таблиця 7

Відтворювальні ознаки піддослідних тварин (2-й етап)

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Поставлено свинок на вирощування, гол.	50	45
Прийшло в охоту, %	89,2±1,13	94,6±1,14
Запліднилось, %	86,4±1,12	90,5±1,14**
Брак, голів	3	1
Опоросилося свиноматок, голів	37	37
Народжено поросят на свиноматку, голів	13,8±0,15	14,0±0,16
Багатоплідність, гол.	13,1±0,27	13,8±0,24
Великоплідність, кг	1,10±0,02	1,33±0,04***
Вибраковано свиноматок, голів	2	-
Маса поросяти при відлучені у 28 днів, кг	8,0±0,11	8,3±0,10**
Маса гнізда при відлученні у 28 днів, кг	94,32±0,28	103,08±0,23

*Примітка: ** P<0,01; ***P<0,001*

Із даних таблиці 7 видно, що у дослідній групі прийшло в охоту свинок на 5,4% більше ніж у контрольній. Також у свинок дослідної групи була вища запліднюваність (на 4, 1%) та менша кількість браку (на 2 голови). Різниця між піддослідними свиноматками за багатоплідністю була несуттєвою.

Встановлено, що у свиноматок дослідної групи зменшилась кількість мертвонароджених поросят (на 0,5 голів), збільшилась великоплідність (на 12,03%), жива маси поросяти у віці 28 днів (0,3 кг) і маса гнізда (на 8,76 кг). У контрольній групі було вибраковано 2 голови «нетехнологічних» свиноматок. Вартість додаткової основної продукції на свиноматку склало 1658,85 грн.

Таким чином, проведені дослідження показали перевагу утримання ремонтних свинок в електронних кормових станціях в порівнянні з традиційною технологією за показниками продуктивності та гршовою виручкою.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Вирощування ремонтних свинок з використанням електронної кормової станції сприяє створенню комфортніших умов для відпочинку і споживання їжі в умовах групового утримання і створюють оптимальніші умови для послідуючого перебування в період поросності, що позитивно відбилося на їх відтворювальних ознаках, економії кормів та грошової виручки.

2. Застосування електронної кормової станції в період вирощування ремонтних свинок і послідуючої їх вагітності доцільніше ніж використання для поросних свиноматок.

3. Перспектива подальших досліджень нового способу утримання і годівлі буде спрямована на удосконалення технології привчання свинок до умов електронної кормової станції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Gaillard C, Brossard L, Dourmad J.Y. Improvement of feed and nutrient efficiency in pig production through precision feeding. *Animal Feed Science and Technology.* 2020. Vol. 268, 114611. DOI.org/10.1016/j.anifeedsci. 2020. 114611.

2. Dambaulova G. K., Madin V. A, Utebayeva Z.A. et. al. Benefits of automated pig feeding system: A simplified cost–benefit analysis in the context of Kazakhstan. *Veterinary World.* 2023. Vol. 16 (11). P. 2205–2209; DOI: 10.14202/vetworld.2023.2205-2209.

3. Tsanidakis, K.; Simitsis, P.; Arvanitis, K.; Panagakis, P. A review of current trends in precision pig farming technologies. *Livestoc Science.* 202. Vol. 240 (1). DOI. org/10.1016/j.livsci.2021.104530.

4. Marić K., Gvozdanović K., Kušec I.D. et. al. Smart pig farms: integration and application of digital Technologies in pig production. *Agriculture*. 2025. Vol. 15 (9). P. 937. DOI.org/10.3390/agriculture15090937.

5. Ittersum K.A. Brief history of Nedap electronic sow feeding, 2017. URL: https://info.newstandard-group.com/blog/a-brief-history-of-electronic-sow-feeding-in-hog-barns (Last accessed: 12.03.2025).

6. Gerrits M. The advantages of electronic feed stations in swine production and breeding. URL: https://www.hypor.com/en/articles/the-advantages-of-electronic-feed-stations-in-swine-production-and-breeding/ (Last accessed: 02.03.2025).

7. Салата І. Технології годівлі поросних свиноматок при груповому утриманні. HogSlat. 2021. URL: https://pigua.info/uk/post/technologies/tehnologii-godivli-porosnih-svinomatok-pri-grupovomu-utrimanni---hog-sla (дата звернення 12.04.2025).

8. Технологія виробництва і переробки продукції свинарства. Електронний посібник. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/twarunnuztvo/texnologia_vurobnuctva_i_pererobku_prodykcii_svunarstva/4/4. Htm (дата звернення 13.07.2025).

9. Попсуй В. Індивідуальний підхід. URL: https://agrotimes.ua/article/indyvidualnyj-pidhid/(дата звернення: 04.08.2025).

10. Vier C., Gonçalves M. A. D., Thomas L. L. Gilt training for electronic sow feeding systems in gestation. *Research Reports*. 2016. Vol. 2, №. 8. P. 13. DOI. org/10.4148/2378-5977.1283

11. Banrie. Electronic sow feeders: URL: https://www.thepigsite.com/articles/electronic-sow-feeder (Last accessed: 16.06.2025).

12. Training gilts for electronic sow feeding: the fundamentals of success and pitfalls to avoid. The Pig Site. URL: https://www.thepigsite.com/articles/training-gilts-for-electronic-sow-feeding-the-fundamentals-of-success-and-pitfalls-to-avoid (дата звернення 03.05.2025).

13. The evolution of pig feeders: A historical perspective. URL: https://www.barnworld.com/feeders/the-evolution-of-pig-feeders-a-historical-perspective/(Last accessed: 06.06.2025).

14. Thomas L.L., Dritz S.S., Tokach M.D. Lessons learned from managing electronic sow feeders and sow body weight data. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports.* 2016. Vol. 2(8). DOI:10.4148/2378-5977.1284.

15. Olsson A.C., Andersson M., Botermans J. et. al. Animal interaction and response to electronic sow feeding (ESF) in 3 different herds and effects of function settings to increase capacity. *Livestock Science.* 2011. Vol. 137, № 1–3. 268-272. DOI. org/10.1016/j.livsci.2010.10.014.

16. Hoy S., Schamun S., Weirich C. Investigations on feed intake and social behaviour of fattening pigs fed at an electronic feeding station. *Applied Animal Behaviour Science*. 2012. Vol. 139, № 1–2. P. 58–64. DOI.org/10.4148/2378-5977.1284.

17. Casey D.S., Stern H.S., Dekkers J.C.M. Identification of errors and factors associated with errors in data from electronic swine feeders. *Journal of Animal Science*. 2005. Vol. 83, № 5. P. 969-982. DOI: 10.2527/2005.835969x.

18. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві / за ред. І. І. Ібатуліна і О. М. Жукорського. Київ, 2017. 328 с.

19. Сучасні методики досліджень у свинарстві. Інститут свинарства УААН. Полтава, 2005. 228 с.

20. Рекомендації з нормованої годівлі свиней / За ред. Є.В. Руденка, Г.О. Богданова, В.М. Кандиби. Київ: Аграрна наука, 2012. 112 с.

21. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств: підручник. Київ: КНЕУ, 2002. 624 с.

22. Калінін М.І. Єлісєєв М.І. Біометрія. Підручник для студентів вузів біологічних і екологічних напрямків. Миколаїв: вид-во МФ на УКМА, 2000. 204 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 07.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 636.034:004.9(477)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.23

СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В МОЛОЧНОМУ СКОТАРСТВІ УКРАЇНИ

***Зброй М.Л.** – аспірант кафедри прикладної біології, розведення та генетики тварин, Національний університет біоресурсів і природокористування України*
orcid.org/0009-0006-6078-7513
***Рубан С.Ю.** – д.с.-г.н., професор,*
завідувач кафедри прикладної біології, розведення та генетики тварин, Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-8114-3665

У статті розглянуто теоретичні, організаційні та технологічні засади формування національної бази даних молочного скотарства України. Показано, що зростання обсягів цифрових даних, розвиток геноміки та поява систем прецизійного тваринництва зумовлюють потребу в централізованих інформаційних системах, здатних інтегрувати генотипові, фенотипові та управлінські дані (програми оцінки та відбору племінних тварин, менеджмент на рівні господарства). На основі аналізу міжнародних практик, ідентифіковано спільні риси національних баз даних таких країн як США, Ірландія, Канада, що застосовують автоматизований обмін, хмарні технології, можливості штучного інтелекту.

Дослідження поєднують системний аналіз, порівняльне моделювання, аналіз певного інституційного середовища, структуру цифрових даних, існуючі технологічної бази на прикладі молочного скотарства. Для оцінки наявності цифрових даних був проведений аналіз 120 господарств з розведення молочної худоби 15 областей України. Виявлено, що 76 % ферм уже використовують цифрові системи управління стадом, при відсутності національної інтегрованої платформа, що унеможливлює комплексну племінну оцінку й участь у міжнародних грантових програмах та програмах обміну даними (Horizon, Interbull, Euro Genomics). Програмні комплекси управління стадом з часом знищують накопичену,,не актуальну для оперативних дій" інформацію, що призводить до втрат необхідних даних в системі оцінки племінної цінності тварин за схемою,,Animal model" коли інформація накопичується за ряд поколінь.

Розроблено концептуальну архітектуру української національної біоінформаційної системи, що включає декілька модулів для збору, накопичення, аналізу даних та доступу до них. На основі проведеного аналізу з урахуванням наявної інфраструктури, запропоновано комплекс програм та засобів для побудови робочої моделі функціонування системи на основі трьох серверів. Очікується, що впровадження такої платформи сприятиме уніфікації даних, підвищенню точності племінної оцінки, залученню українських дослідників до глобальної наукової інфраструктури й посиленню конкурентоспроможності вітчизняного молочного скотарства.

***Ключові слова:** племінні ресурси, біоінформаційні технології, молочне скотарство, централізовані бази, прогнозування.*

Zbroj M.L., Ruban S.Yu. World experience and prospects for the use of bioinformatics systems in dairy farming in Ukraine

The article examines the theoretical, organizational and technological foundations of the formation of a national database of dairy cattle breeding in Ukraine. It is shown that the growth of digital data volumes, the development of genomics and the emergence of precision livestock

© Зброй М.Л., Рубан С.Ю., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

systems determine the need for centralized information systems capable of integrating genotypic, phenotypic and management data (programs for the assessment and selection of breeding animals, management at the farm level). Based on the analysis of international practices, common features of national databases of countries such as the USA, Ireland, Canada, which use automated exchange, cloud technologies, and artificial intelligence capabilities, are identified.

The research combines system analysis, comparative modeling, analysis of a specific institutional environment, the structure of digital data, and the existing technological base using the example of dairy cattle breeding. To assess the availability of digital data, an analysis of 120 dairy farms in 15 regions of Ukraine was conducted. It was found that 76% of farms already use digital herd management systems, in the absence of a national integrated platform, which makes it impossible to conduct a comprehensive breeding assessment and participate in international grant programs and data exchange programs (Horizon, Interbull, Euro Genomics). Herd management software complexes over time destroy the accumulated "not relevant for operational actions" information, which leads to the loss of necessary data in the system for assessing the breeding value of animals according to the "Animal model" scheme when information accumulates over a number of generations.

A conceptual architecture of the Ukrainian national bioinformatics system has been developed, which includes several modules for collecting, accumulating, analyzing data and accessing them. Based on the analysis conducted, taking into account the existing infrastructure, a set of programs and tools has been proposed to build a working model of the system based on three servers. It is expected that the implementation of such a platform will contribute to the unification of data, increasing the accuracy of breeding evaluation, involving Ukrainian researchers in the global scientific infrastructure, and strengthening the competitiveness of domestic dairy cattle breeding.

Key words: *genetic resources, bioinformatics technologies, dairy farming, centralized databases, prediction.*

Актуальність теми дослідження. Зростання попиту на тваринницьку продукцію, дефіцит людських ресурсів та необхідність підвищення ефективності виробництва спонукає до широкого використання цифрових технологій [1]. Так в роботі сучасних молочних ферм все ширше розглядаються можливості застосування концепції IoT (англ. Internet of Things)-мережі із взаємопов'язаними пристроями, а також програмним забезпеченням, що дозволяє здійснювати фіксацію (запис), передачу і обмін даними в комп'ютерних системах за допомогою використання стандартних протоколів зв'язку [2].

В країнах із ефективним тваринництвом (США, Ірландія, Канада, Нідерланди) важливе місце займає прецизійне або точне тваринництво- PLF (англ. Precision Livestock Farming) з застосуванням сенсорів, камер і алгоритмів машинного навчання для моніторингу здоров'я, репродуктивних процесів та поведінки тварин [3]. Вирішення сучасних медичних, аграрних, біологічних проблем базується на створенні великих масивів даних -Big Data (англ. великі дані), та використанні при цьому обчислювальних методів. Такі системи відносяться до біоінформаційних і функціонують при активній взаємодії двох напрямів – біології та інформаційних технологій, де основою проблемою залишається об'єднання часто розподілених і неструктурованих даних біологічних об'єктів в логічно зрозумілій інформаційній платформи [4]. Використання зазначених технологій передбачає великі об'єми даних, які є основою для аналізу та прийняття управлінських рішень, коли така інформація має постійно накопичуватись, оброблятись, та бути оперативно-доступною для користувачів.

Прикладом такої платформи є принцип роботи Ради з розведення молочної худоби CDCB (англ. Council on Dairy Cattle Breeding) в США представленої на рис. 1.

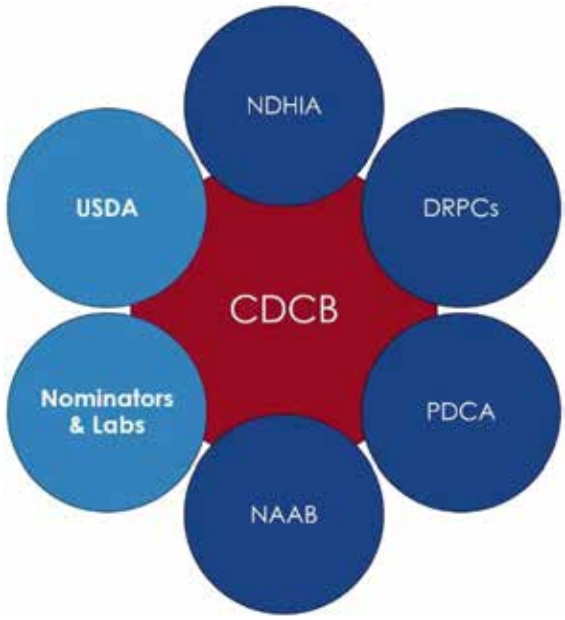


Рис. 1. Принципова схема взаємодії з національною базою даних молочного скотарства США [5]

Кожен з учасників виконує важливу функцію, а саме:

1. CDCB управляє національною базою даних, здійснює розрахунок і розповсюдження генетичних оцінок та геномних прогнозів GEBV(англ. Genomically Estimated Breeding Value), співпрацюючи з Міністерством сільського господарства США- USDA (англ. United States Department of Agriculture), університетами та виробниками;

2. Національна асоціація покращення молочних стад- NDHIA (англ. National Dairy Herd Improvement Association), координує та забезпечує збір даних продуктивність по коровах, стандартизацію процедур;

3. Центри обробки молочних записів -DRPCs (англ. Dairy Records Processing Centers) обробляють дані господарств, стандартизують їх та передають у національну базу даних (CDCB);

4. Асоціація чистопородної молочної худоби -PDCA (англ. Purebred Dairy Cattle Association) яка налічує близько 60 000 членів, формує родоводи даних, що інтегруються в CDCB для генетичних оцінок та аналізу;

5. Національна асоціація селекціонерів тварин -NAAB (англ. National Association of Animal Breeders) займається штучним осіменінням та комерціалізацією генетичного матеріалу, та забезпечує стандартизацію кодів постачальників сперми, генетичних продуктів і підтримує CDCB у розробці генетичних моделей;

6. Лабораторія геноміки та вдосконалення тварин -AGIL (англ. Animal Genomics and Improvement Laboratory), веде генетичні дослідження, бере участь у геномних оцінках і підтримує CDCB з науково-методичної сторони;

7. Сертифіковані генетичні лабораторії та їх номінатори – Nominators & Labs (англ. Genomic Nominators & Laboratories), проводять генотипування і передають результати в CDCB. В даному випадку номінатори, це організації або компанії,

які подають заявки на генотипування від імені фермерів а лабораторії проводять такий аналіз.

Інтеграція геномних, фенотипових та управлінських даних у єдині інформаційні системи дозволяє значно підвищити точність генетичної оцінки тварин (плідники, корови, молодняк), пришвидшити генетичний прогрес та оптимізувати прийняття управлінських рішень на рівні господарств [6, 7].

Постановка проблеми. Застосування біоінформаційних технологій у молочному скотарстві сприяє впровадженню геномної селекції, моніторингу здоров'я тварин, прогнозуванню продуктивності, підвищенню точності племінної оцінки та оптимізації менеджменту. Так у США геномна селекція призвела до подвоєння генетичного прогресу голштинської породи через масштабну генотипізацію 6,5 млн тварин [8]. Тільки за допомогою геномної селекції швидкість генетичного прогресу за надоєм підвищилась від 100,1 кг. до 180,0 кг, тобто на 80% [9]. Крім того, нові досягнення, такі як біологічно анотовані нейронні мережі, демонструють 3–5 % приріст точності геномного прогнозу порівняно з традиційними підходами [10].

В умовах України, система збору, обробки та використання інформації про племінні ресурси все ще залишається фрагментованою, а більшість селекційних процесів базується на неповних даних та не має системного підходу. При цьому світовий досвід, зокрема моделі роботи CDCB (англ. Council on Dairy Cattle Breeding, США) або ICBF (англ. Irish Cattle Breeding Federation, Ірландія), демонструють ефективність централізованих біоінформаційних платформ, які поєднують дані з різних джерел (ферми, лабораторії, племінні книги, навчальні та наукові установи, тваринницькі асоціації) та забезпечують відкритий доступ до генетичних оцінок у режимі реального часу.

С. Ю. Рубан, В. О. Даншин [11] визначають достатньо інтенсивний розвиток галузі молочного скотарства в Україні, незважаючи на військовий стан, а також вказують що складовою такого бізнесу залишається напрям формування економічно вигідних тварин за рахунок методів генетичної оцінки молочної худоби та реалізації вітчизняних програм відбору плідників та корів-майбутніх бугаїв. Разом з цим автори відмічають практично повну відсутність такої інформаційної системи національного масштабу. Дана робота присвячена принциповому опису такої системи з можливостями її реалізації в масштабах України.

Метою дослідження є аналіз стану та опис методів (підходів) побудови централізованої бази даних молочного скотарства України. Завданням є визначення організаційних та програмних компонентів функціонування такої системи, спираючись на накопичений власний та міжнародний досвід.

Матеріали та методи дослідження. У дослідженні було застосовано міждисциплінарний підхід, що поєднує методи системного аналізу, порівняльного моделювання та аналітичного огляду літератури для вивчення можливостей формування національної інформаційної платформи молочного скотарства. Основна увага приділялася аналізу структури, функцій та інфраструктури вже існуючих інформаційних систем у галузі тваринництва, зокрема моделі CDCB (США), ICBF (Ірландія) були використані як еталонні системи, оскільки вони охоплюють повний цикл збору, обробки та використання даних про молочну худобу. Для формування концептуальної моделі перспективної національної біоінформаційної платформи використано настанови ICAR та FAO в стандартах обміну даними.

Шляхом експертного оцінювання при відвідуванні 120 господарств 15 областей України, оцінено об'єми та специфіка використання інформаційних систем для ведення молочного скотарства (таблиця 1)

Таблиця 1

Розподіл господарств по областям

Область	Кількість господарств
Вінницька	13
Волинська	6
Дніпропетровська	1
Житомирська	7
Івано-франківська	1
Київська	10
Кіровоградська	1
Полтавська	21
Рівненська	2
Сумська	10
Тернопільська	5
Харківська	3
Хмельницька	22
Черкаська	9
Чернігівська	9
Загалом господарств	**120**

Аналіз даних дав змогу побудувати схему реальної (прив'язаної до існуючої ситуації) інформаційної системи розведення в молочному скотарстві України.

Результати досліджень. Прогрес застосування технологій в молочному скотарстві призвів до накопичення великих масивів даних, а розвиток обчислювальної техніки, дав змогу оперативного прогнозування розвитку з високим рівнем достовірності для прийняття рішень та ведення сталого господарювання. Країни з високим розвитком молочного скотарства застосовують національні, централізовані бази даних (Таблиця 2), в яких накопичується інформація з метою аналізу, прийняття управлінських та операційних рішень, а також взаємодії між усіма зацікавленими учасниками галузі. Таким чином підвищується швидкість реагування галузі на виклики які існують в оточуючому середовищі.

В статтях С.Ю. Рубан та ін. [21], В.М. Кондратюк та ін. [22], зазначають що представники українського молочного бізнесу, в більшості своїй, обрали північноамериканську модель ведення молочного скотарства невід'ємною складовою якої є голштинська молочна порода.

Так CDCB підтримує одну з найбільших у світі національних баз, яка містить більше 9 мільйонів генотипованих записів переважно по коровах голштинської породи та більше 100 мільйонів родоводів й більше 100 мільйонів записів лактації [23]. Ще одним успішним прикладом слугує ICBF, яка управляє однією з найбільш інтегрованих національних баз даних у світі, що охоплює генотипи, продуктивність, родоводи, здоров'я і дані поведінки тварин. В результаті збільшення обсягів національної програми генотипування, до кінця 2024 року база даних містила 5217976 генотипів [24]. ICBF надає щорічні звіти які містять інформацію про стан галузі молочного та м'ясного скотарства.

Таблиця 2

Опис національних інформаційних баз по молочному скотарству в різних країн світу

Країна	Організація	Опис
США	CDCB	Адмініструє єдину національну базу кооператорів, яка поєднує продуктивні, генетичні дані, племінну інформацію, родоводи[12].
Ірландія	ICBF	Єдиний національний агрегатор племінної та продуктивної інформації. Система обслуговує 92 тисячі ферм, забезпечуючи генетичні розрахунки, збір даних, інформаційну взаємодію між учасниками галузі [13].
Норвегія	NDHRS/TINE SA	Централізовану базу підтримує асоціація TINE SA через національну систему обліку молочного стада NDHRS (англ. Norwegian Dairy Herd Recording System). Первинні дані збираються фермерами та передаються до центральної бази CCD (англ. Central Cattle Database) [14].
Швеція	Växa Sverige	База даних об'єднує записи з офіційної схеми обліку молока Швеції SOMRS(англ. Swedish Official Milk Recording Scheme), центрального реєстру великої рогатої худоби, реєстрації штучного осіменіння, обрізки ратиць, та національної системи реєстрації хвороб. Інформація реєструється фермерами, лабораторіями аналізу молока, лабораторіями ДНК, польовим персоналом асоціацій тваринників, ветеринарами та Шведським ветеринарним інститутом [15].
Фінляндія	FADPC	Фінської національної системи обліку молочного поголів'я FNDRS (англ. Finnish National Dairy Recording System) базується на інформації, зібраній та наданій Фінським центром обробки сільськогосподарських даних (англ. Finnish Agricultural Data Processing Centre) [16].
Данія	DCD	Запис народження, вибуття та переміщення тварин у Центральному реєстрі тваринництва CHR (англ. Central Husbandry Register). Крім того, галузева база даних великої рогатої худоби DCD (англ. Danish Cattle Database), збирає дані з офіційних баз даних, схеми обліку молока, племінних асоціацій, лабораторій та боєнь [17]. CHR адмініструється Міністерством охорони навколишнього середовища та продовольства[18].
Канада	Lactanet DairyTrace	Координує племінну діяльність, генетичну оцінку, молочні записи та програму ідентифікації, до управління залучено фермерів [19].
Україна	ДП АіРТ	Державне підприємство "Агентство з ідентифікації і реєстрації тварин", здійснює тільки ідентифікацію і реєстрацію сільськогосподарських тварин [20].

Централізовані національні бази даних у молочному скотарстві – це спеціалізовані платформи, що акумулюють інформацію з різних джерел: ферм, лабораторій, племінних організацій, центрів штучного осіменіння, університетів. Вони включають такі типи даних: 1)племінна оцінка; 2) родоводи; 2) унікальна ідентифікація; 3)продуктивність (надої, вміст жиру та білка); 4) репродуктивні дані; 5)

морфологічні ознаки, дані про хвороби, поведінку; 6) SNP-профілі, геномні оцінки (GEBV); 7) стан здоров'я, діагностика, вакцинації, статус захворювань.

Моделі функціонування таких баз даних, як CDCB та ICBF, базуються на концепціях відкритості, автоматизованого обміну даними та тісної інтеграції з усіма учасниками галузі. Дані надсилаються до центральної бази в режимі реального часу через API (англ. Application Programming Interface) або електронні платформи. У відповідь господарства отримують звіти, рейтинги, генетичну оцінку тварин.

Національна система біоінформаційного супроводу молочного скотарства України, збудована за зразком CDCB, ICBF, дозволила б не лише оптимізувати племінну роботу, а й забезпечити ефективну участь України в міжнародних селекційних програмах (Interbull, Euro Genomics). В Україні така система перебуває на етапі первинного становлення, і її впровадження потребує поетапного підходу.

Можлива реалізація концепції архітектури національної біоінформаційної платформи України з подальшим масштабуванням відповідно до досвіду ICBF (Ірландія), де система починалася як централізована служба, а згодом перетворилась на модульну платформу на основі хмарних рішень від Oracle [25]. Запропонована архітектура ґрунтується на модульному, масштабованому підході з використанням хмарної і локальної інфраструктури, що забезпечує збір, інтеграцію, зберігання, обробку та візуалізацію даних із різноманітних джерел.

У структурі системи можна виокремити такі основні модулі:

1. Модуль збору даних – цей рівень забезпечує автоматизований або напівручний збір даних з різних джерел: 1)господарства – інтеграція з програмами обліку (DairyPlan, ОРСЕК, DairyComp, Uniform Agri і т.д.) через REST API, CSV- або XML-обмін; 2)лабораторії – передача результатів біохімічних та геномних досліджень у форматах JSON, CSV; 3)племінні організації – пакетне або інтерактивне завантаження родовідної інформації; 4)сенсори та IoT-пристрої – автоматичне надходження даних про активність, температуру, жуйку, надої через MQTT, HTTPS; 5)державні сервіси через обмін з Єдиним державним реєстром племінних тварин, ветеринарними системами, реєстрами господарств.

Для успішного функціонування системи важливо чітко ідентифікувати тварину, в Україні ідентифікацією тварин займається Державне підприємство "Агентство з ідентифікації і реєстрації тварин", яке створено відповідно до наказу Міністерства аграрної політики України. Станом на 01 вересня 2025 року а наявне поголів'я в Єдиному Державному Реєстрі тварин складає 1 577 084 голів великої рогатої худоби [20].

В результаті експертної оцінки 120 українських промислових господарств було зафіксовано використання локальних програмних комплексів управління стадом на рівні 76 відсотків (Рисунок 2), що свідчить про значний рівень інформатизації та як наслідок накопичення первинної інформації по кожній корові конкретного господарства.

Такі локальні програми (рис. 2) фіксують інформацію з доїльних залів, а також накопичують дані про походження, відтворення, здоров'я та мають вбудований функціонал аналізу даних на монітор системи [26]. Всі програмні комплекси підтримують вивантаження інформації в вигляді звітів по стаду в табличному форматі, що дає змогу для обміну з централізованою базою. Бази даних в господарствах часто обмежені в ресурсах та налаштуваннях, тому мають доволі обмежений період зберігання первинної інформації, тому,,застаріла" інформація періодично видаляється та не архівується, а отже втрачається для подальшого аналізу.

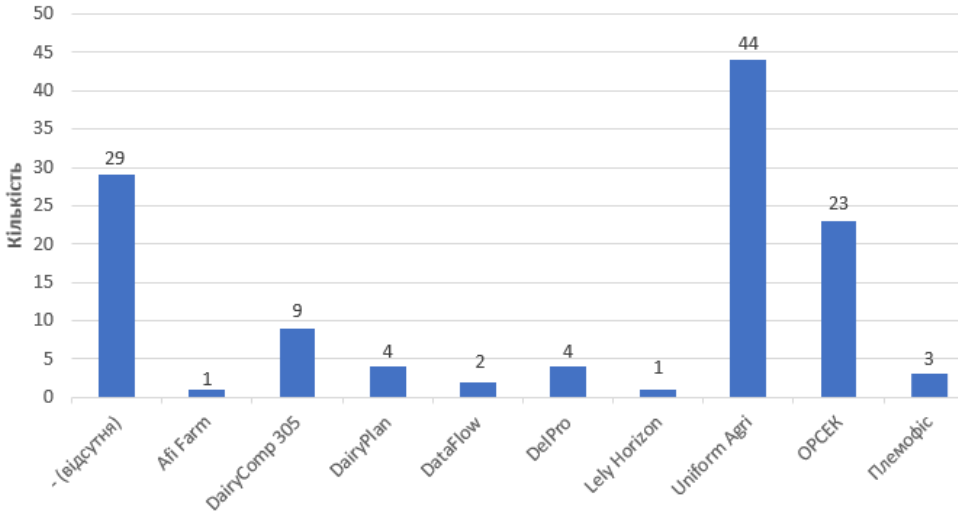


Рис. 2. Розподіл програм Управління стадом в 120 господарствах України

2. Модуль ETL (Extract–Transform–Load) – зібрані дані перед надходженням до сховищ проходять обробку через конвеєр ETL: 1)Extract – витягування з API, файлів, потокових джерел; 2) Transform – конвертацію форматів, перевірку структур відповідно до ICAR-стандартів [27], нормалізацію одиниць вимірювання, перевірку на дублікати, логічну валідацію; 3)Load – запис у Data Lake або реляційне сховище.

В процесі трансформації застосовуються валідаційні правила (наприклад, відповідність ID, порівняння з довідниками порід, племінних номерів тощо), а також часові мітки та метадані.

3. Модуль Data Lake (Сховище сирих даних) – зберігання таких даних як: первинні лог-файли з господарств; сирі геномні дані; сенсорні дані у потоковому режимі; неструктуровані зображення, документи, аудіо (при потребі).

На перспективу та задля контролю, Data Lake забезпечує можливість повторного аналізу, тренування моделей машинного навчання та збереження «нестиснутої» інформації.

4. Модуль Центральної бази даних – очищені та верифіковані дані надходять у структуроване сховище яке є основним джерелом для: формування племінних„карток”; моніторингу показників господарств; обміну з міжнародними базами (через ICAR); формування регіональних/галузевих звітів.

5. Аналітичний модуль – обробка структурованих даних через: R / Python, для розрахунків генетичних кореляцій, трендів, коваріанс та дисперсій; BLUPF90- для генетичних оцінок, обчислення GEBV (геномних селекційних цінностей). Power BI / Grafana / Metabase – для візуальної побудови дашбордів: надої, індекси продуктивності, здоров’я, генетичний прогрес.

Аналітика має бути доступна залежно від ролі та прав користувача в системі.

6. Модуль API-шар та інтерфейс – забезпечують комунікацію із зовнішніми системами, реалізується через: REST API з автентифікацією; JSON, XML – як формати передачі; веб-портал та мобільні додатки – для доступу фермерів і племінних

фахівців. На API-шарі варто врахувати можливість взаємодії з міжнародними організаціями (INTERBULL, ICAR, EuroGenomics).

7. Модуль безпеки, резервування та відповідності: 1) автоматичне резервне копіювання; 2)контроль доступу: модель контролю доступу на основі ролей, яка дозволяє керувати правами користувачів у системі відповідно до їхніх обов'язків і функцій.

Запропонована архітектура дозволить створити цілісну біоінформаційну систему, що охоплює ланцюг – від ферми до наукового центру і державних структур, забезпечуючи оперативний обмін, гнучку аналітику та інтеграцію з міжнародними системами. Впровадження такої платформи є важливим кроком до цифровізації селекційної роботи в Україні та інтеграції в глобальні ініціативи сталого тваринництва.

Висновки.

Більшість господарств використовують програмні комплекси для оперативного накопичення інформації по стадам та прийняття швидких управлінських рішень на рівні ферм, проте така інформація не доступна для системного накопичення в часі, та послідуючого аналізу певних молочних порід України, що у свою чергу не відображає загальний стан та перспективи програм відбору, які існують в більшості європейських країн та США.

Запропоновано поетапний хід побудови біоінформаційної системи молочного скотарства України **з отримання наступних результатів:1)у**ніфікації даних з різних джерел у єдиній платформі; 2)доступна аналітика для власників бізнесу, виробничників, науковців, навчальних закладів, державних та світових представницьких структур (EAAP, ICAR, Interbull); 3)участь в міжнародних селекційних програмах (Euro genomics); 4)підвищення точності племінної оцінки та моніторингу продуктивності; 5)спрощення організації взаємодії бізнесу з державою.

Це дозволить створити в Україні конкурентну, прозору, обґрунтовану систему управління племінними ресурсами галузі молочного скотарства, уникнути дорогого імпорту племінних ресурсів (сперма, ембріони племінні тварини) а також створить можливості для інтеграції з іншими системами на міжнародному рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Neethirajan S. The role of sensors, big data and AI in precision livestock farming. *Sensing and Bio-Sensing Research.* 2020. Vol. 29. 100367. DOI: 10.1016/j.sbsr.2020.100367.

2. Amin R., Rahman M. Artificial Intelligence and IoT in Dairy Farm. *Malaysian Journal of Medical and Biological Research.* 2018. Vol. 5, No. 2. P. 131–140. DOI: 10.18034/mjmbr.v5i2.516.

3. Muhammad Y., Muhammad S., Jawairia N., Afshan K., Muhammad S., Salma B. Precision livestock farming and their applications for dairy animals. In: *Animal Production and Health.* 2024. P. 121–136. URL: https://www.isres.org/books/978-625-6959-64_17-12-2024.pdf (дата звернення: 10.10.2025).

4. Chen Y.-P. P. *Bioinformatics Technologies.* Berlin; Heidelberg; New York: Springer Science & Business Media, 2005. 396 p. ISBN 3-540-20873-9.

5. Durr J. Impact of the National Cooperator Database on Dairy Cattle Genetic Progress on Dairy Cattle Breeding. *CDCB Industry Meeting*, World Dairy Expo. Madison, Wisconsin, October 4, 2023.

6. Wiggans G. R., Cole J. B., Hubbard S. M., Sonstegard T. S. Genomic Selection in Dairy Cattle: The USDA Experience. *Annual Review of Animal Biosciences.* 2017. DOI: 10.1146/annurev-animal-021815-111422.

7. Cole J. B. A simple strategy for managing many recessive disorders in a dairy cattle breeding program. *Genetics Selection Evolution.* 2015. Vol. 47. 94. DOI: 10.1186/s12711-015-0174-9.

8. Wiggans G. R., Carrillo J. A. Genomic selection in United States dairy cattle. *Frontiers in Genetics.* 2022. Vol. 13. 994466. DOI: 10.3389/fgene.2022.994466.

9. Ruban S., Danshin V. Perspectives for the use of genomic selection for genetic improvement of dairy cattle in Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science.* 2023. Vol. 27, No. 1. P. 20–29. DOI: 10.56407/bs.agrarian/1.2023.20.

10. Wang X., Shi S., Ali Khan M. et al. Improving the accuracy of genomic prediction in dairy cattle using the biologically annotated neural networks framework. *Journal of Animal Science and Biotechnology.* 2024. Vol. 15. 87. DOI: 10.1186/s40104-024-01044-1.

11. Рубан С. Ю., Даншин В. О. Методологія сучасних програм відбору в молочному скотарстві. *Розведення і генетика тварин.* 2025. Вип. 70. С. 209–226.

12. Miles A. M., Parker Gaddis K. L., Cole J. B., Fourdraine R. H. The role of a national evaluation system in promoting dairy sustainability. *JDS Communications.* 2025. Vol. 6, No. 3. P. 458–463. DOI: 10.3168/jdsc.2024-0645.

13. Irish Cattle Breeding Federation (ICBF). URL: https://www.icbf.com/about-icbf/ (дата звернення: 10.10.2025).

14. Espetvedt M., Reksen O., Rintakoski S., Osteras O. Data quality in the Norwegian dairy herd recording system: Agreement between the national database and disease recording on farm. *Journal of Dairy Science.* 2013. DOI: 10.3168/jds.2012-6143.

15. Alvasen K. On-Farm Cow Mortality in Swedish Dairy Herds. 2014. URL: https://pub.epsilon.slu.se/11128/1/alvasen_k_140414.pdf (дата звернення: 17.4.2025).

16. Rintakoski S. et al. Validation of the Finnish national dairy disease register: Agreement between the national database and on-farm disease recording. *Journal of Dairy Science.* 2012. DOI: 10.3168/jds.2011-5025.

17. Otten N. D., Toft N., Thomsen P. T. et al. Evaluation of the performance of register data as indicators for dairy herds with high lameness prevalence. *Acta Veterinaria Scandinavica.* 2019. Vol. 61. 49. DOI: 10.1186/s13028-019-0484-y.

18. Statistics Denmark. URL: https://www.dst.dk/en/Statistik/dokumentation/documentationofstatistics/cattle/statistical-processing (дата звернення: 11.7.2025).

19. Lactanet. Organization serving Canadian dairy producers. URL: https://lactanet.ca (дата звернення: 10.10.2025).

20. Державне підприємство "Агентство з ідентифікації і реєстрації тварин". URL: https://www.agro-id.gov.ua/ (дата звернення: 10.10.2025).

21. Рубан С. Ю., Кудлай І. М., Клименко А. В. та ін. *Виробництво молока (вітчизняний та світовий досвід ефективного ведення молочного скотарства).* Харків: ФОП Бровін О. В., 2021. 368 с.

22. Кондратюк В. М., Рубан С. Ю., Борщ О. О. та ін. *Модернізація ферм з виробництва молока (інжиніринг, годівля, геномне передбачення).* Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2024. 323 с.

23. Miles A. M., Parker Gaddis K. L., Cole J. B., Fourdraine R. H. The role of a national evaluation system in promoting dairy sustainability. *JDS Communications.* 2025. Vol. 6, No. 3. P. 458–463. DOI: 10.3168/jdsc.2024-0645.

24. Irish Cattle Breeding Federation (ICBF). *Annual Report 2024.* URL: https://www.icbf.com/wp-content/uploads/2025/05/ICBF_2024-Annual-Report.pdf (дата звернення: 20.8.2025).

25. Cooksey D., O'Connell K., Tomescu M. ICBF accelerates AgTech analytics and climate friendly services powered by Exadata Cloud. 2024. URL: https://blogs.oracle.com/infrastructure/post/icbf-accelerates-agtech-analytics-and-climate-friendly-services-powered-by-exadata-cloud (дата звернення: 10.9.2025).

26. Shergaziev U., Nurgaziev R., Baitemir M., Karybekov A., Sultangaziev E. Electronic tracking and identification of animals in agriculture for monitoring herd

development and health. *Scientific Horizons.* 2024. Vol. 27. P. 177–187. DOI: 10.48077/scihor6.2024.177.

27. ICAR (International Committee for Animal Recording) guidelines and protocols. URL: https://www.icar.org (дата звернення: 17.6.2025).

Дата першого надходження рукопису до видання: 05.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 636.033-029:62
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.24

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ У М'ЯСНОМУ СКОТАРСТВІ

Голубенко Т.Л. *– к.с.-г.н., доцент,*
завідувач кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-1427-3950
Скоромна О.І. *– к.с.-г. н.,*
доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-1332-5579

Інтенсивний розвиток тваринництва, зростання продуктивності тварин і підвищення ефективності виробництва яловичини значною мірою залежать від зміцнення кормової бази. Це потребує впровадження сучасних технологій кормовиробництва, спрямованих на повне забезпечення тварин поживними та біологічно активними речовинами в оптимальних для організму співвідношеннях. Основою технології м'ясного скотарства є раціонально організована система утримання та ефективна годівля худоби, призначеної для виробництва м'яса. Україна характеризується різноманітністю природно-кліматичних зон, які відрізняються температурним режимом, кількістю опадів, вітровими умовами та іншими факторами. У зв'язку з цим у різних регіонах доцільно застосовувати диференційовані способи утримання м'ясної худоби, що насамперед зумовлено особливостями організації годівлі. Найбільш ефективною системою утримання м'ясних корів, а також молочних корів, переведених на технологію м'ясного скотарства в зимовий період, є безприв'язне утримання на глибокій незмінній підстилці. При цьому утримання м'ясної худоби не потребує капітальних споруд із дорогих залізобетонних конструкцій. Перспективними вважаються будівлі полегшеного типу з напіврамними конструкціями шириною 18–21 м та використанням недорогих стінових матеріалів, що суттєво знижує вартість одного скотомісця. Типова ферма для м'ясної худоби має включати приміщення для безприв'язного утримання корів з телятами на незмінній підстилці, вигульно-кормові двори з вітрозахисними елементами, розкол із фіксатором для ветеринарних обробок і вагами, пункт штучного осіменіння та кормосховище. Для збереження оптимальної вгодованості корів і отримання життєздатного приплоду сухостійним стельовим коровам на кожні 100 кг живої маси необхідно забезпечувати 1,9–2,2 кг сухої речовини та 17–18 МДж обмінної енергії. За годівлі на вигульних дворах ці норми слід підвищувати на 10–15%. На одну енергетичну кормову одиницю раціону має припадати 85–90 г перетравного протеїну. Молочна продуктивність корів м'ясних порід за лактацію зазвичай не перевищує 800–2000 кг і залежить від їх живої маси та періоду лактації. Найбільш відповідальним у годівлі лактуючих корів є перші 3–4 місяці після отелення, оскільки в цей період спостерігається максимальне молокоутворення та підвищена інтенсивність обміну речовин. Під час складання схем годівлі підсосних телят враховують їх вік, живу масу, заплановані прирости, молочність корів і сезон отелення (осінньо-зимовий, ранньовесняний або цілорічний). Зокрема, телятам віком до чотирьох місяців за інтенсивності росту 800–950 г на добу на кожні 100 кг живої маси необхідно 1,9–2,1 кг сухої речовини та 2,6–3,4 ЕКО, при цьому вміст сирого протеїну має становити 20–26%, крохмалю – 7–16%, а сирого жиру – 9,4–22% від сухої речовини раціону.

Ключові слова: *телята, утримання, годівля, раціони, якість м'яса, пестициди, безпечність продукції.*

© Голубенко Т.Л., Скоромна О.І., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Golubenko T.L., Skoromna O.I. Technological aspects of beef cattle production

The intensive development of animal husbandry, increasing animal productivity, and improving the efficiency of beef production largely depend on strengthening the feed base. This requires the implementation of modern feed production technologies aimed at fully supplying animals with nutrients and biologically active substances in optimal proportions for their bodies. The foundation of beef cattle production technology is a rationally organized housing system and efficient feeding of livestock intended for meat production. Ukraine is characterized by a diversity of natural and climatic zones that differ in temperature conditions, precipitation levels, wind regimes, and other factors. Therefore, it is advisable to apply differentiated systems of beef cattle housing in various regions, primarily determined by specific approaches to feeding organization. The most effective housing system for beef cows, as well as dairy cows converted to beef production technology during the winter period, is loose housing on deep permanent bedding. At the same time, beef cattle housing does not require capital buildings made of expensive reinforced concrete structures. Lightweight buildings with semi-frame structures 18–21 m wide and the use of inexpensive wall materials are considered promising, as they significantly reduce the cost per animal place. A typical beef cattle farm should include facilities for loose housing of cows with calves on permanent bedding, exercise and feeding yards equipped with wind protection elements, a handling chute with a restraining device for veterinary procedures and weighing, an artificial insemination unit, and feed storage facilities. To maintain optimal body condition and obtain viable offspring, dry pregnant cows should be provided with 1.9–2.2 kg of dry matter and 17–18 MJ of metabolizable energy per 100 kg of live weight. When feeding on exercise yards, these standards should be increased by 10–15%. One energy feed unit of the ration should contain 85–90 g of digestible protein. The milk productivity of beef breed cows during lactation usually does not exceed 800–2000 kg and depends on their live weight and the stage of lactation. The most critical period in feeding lactating cows is the first 3–4 months after calving, as this is when maximum milk production and increased metabolic intensity occur. When developing feeding schemes for suckling calves, their age, live weight, planned weight gains, milk yield of cows, and calving season (autumn–winter, early spring, or year-round) are taken into account. In particular, calves up to four months of age with a growth rate of 800–950 g per day require 1.9–2.1 kg of dry matter and 2.6–3.4 energy feed units per 100 kg of live weight, with crude protein content of 20–26%, starch 7–16%, and crude fat 9.4–22% of the ration dry matter.

Key words: *calves, housing, feeding, rations, meat quality, pesticides, product safety.*

Постановка проблеми. Проблема збільшення обсягів виробництва м’яса, зокрема яловичини, підвищення її якості та зниження собівартості одна з актуальних проблем АПК України, має важливе народногосподарське значення [1, 5].

Вирішення даного питання багато в чому залежить від розробки і використання на практиці ефективних технологій вирощування і відгодівлі молодняку, більш повного використання максимального генетичного потенціалу м’ясної продуктивності при мінімальних витратах кормів, засобів і праці на одиницю продукції [1].

Інтенсивний розвиток тваринництва, підвищення продуктивності тварин і ефективності виробництва яловичини залежить від зміцнення кормової бази тваринництва, і вимагає розробки нових технологій виробництва кормів, кормовиробництво для забезпечення тварин всіма необхідними поживними і біологічно активними речовинами в сприятливих для організму співвідношеннях [2, 7]. Для вирішення цих завдань в кожному господарстві склалася певна структура кормовиробництва з урахуванням підбору виду і сорту кормових культур. Важливе значення в цьому відношенні має вдосконалення технології вирощування молодняку з урахуванням його фізіологічного стану, заснованих на загальних закономірностях індивідуального розвитку в постнатальний період [3, 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментом технології м’ясного скотарства є система утримання та організація ефективної годівлі худоби, яка вирощується для виробництва м’яса. Україна має різноманітні природо-кліматичні зони, які різняться за температурою зовнішнього середовища, кількістю

опадів, наявністю вітрів та ін. Тому у них слід запроваджувати різні способи утримання м'ясної худоби, які в першу чергу обумовлені різними підходами в організації годівлі [6, 8].

Згідно з технологією ведення м'ясного скотарства, телят до 7-8-місячного віку вирощують на повному підсосі під матерями, тому основним джерелом годівлі для них перші 3-4 місяці після народження є молоко матері. У перший місяць після народження всі необхідні речовини телята отримують із молоком матері. Оскільки у телят до 4 місяців перетравлення їжі здебільшого відбувається в сичузі та кишкивнику, вони погано використовують клітковину, крохмаль і рослинні протеїни, але добре засвоюють жир, білок і вуглеводи молока, ці особливості враховують під час розроблення норм годівлі телятам м'ясних порід [4].

Постановка завдання. Метою дослідження було вивчення технологічних аспектів вирощування у м'ясному скотарстві.

Виклад основного матеріалу дослідження. Велике значення в м'ясному скотарстві мають таки показник – кількість витрат за періоди вирощування, тому аналіз витрат у розрахунку на одне теля від народження до здачі на м'ясо має суттєве значення.

Найбільш ефективною системою утримання м'ясних корів і молочних, переведених на технологію м'ясного скотарства, в зимовий період є безприв'язне утримання на глибокій незмінній підстилці.

Формування підстилки слід починати у серпні-вересні, для чого на підлогу в приміщенні укладається шар сухої соломи товщиною 25-30 см. Після встановлення на стійлове утримання підстилка оновлюється в міру забруднення.

Годівлю худоби здійснюють у приміщеннях або на обладнаних вигульно-кормових дворах із застосуванням мобільних засобів роздачі або за допомогою тяглової сили вручну. Напування тварин також на вигульних дворах, для чого слід застосовувати групові автонапувалки з електропідігрівом води в зимовий час. Напувалки слід встановлювати збоку вигульно-кормового майданчика.

Для відпочинку тварин на вигульно-кормовому майданчику слід влаштовувати глинобитні кургани заввишки не менше 1 м та шириною 10-12 м, з розрахунком 2-2,5 м^2 площі на одну корову. Формування курганів необхідно проводити в літній час, при цьому планування місцевості має бути таким, яке забезпечувало б стік води з майданчиків. Взимку кургани періодично підстилаються соломою.

У літній період корови з телятами пасуться на пасовищах за допомогою пастуха. З ранку тварин випасають на ділянці, використаній у попередній день, а потім переганяють на свіжу траву.

Протягом доби пасовищні ділянки використовуються з таким розрахунком, щоб у ранкові та вечірні години по росі худоба зїдала суху, огрубілу і перезрілу траву, а в спекотну пору дня – соковиту молоду траву.

Враховуючи те, що в ранній період у траві пасовищ міститься недостатня кількість клітковини, від чого тварини можуть страждати на розлад шлунково-кишкового тракту, на пасовищах необхідно мати візок з ярою соломою, яку тварини добре поїдають. Обов'язково на пасовищах має бути кухонна сіль для заповнення потреб в натрію. У спеку для тварин необхідні укриття в тіні дерев, чагарників або під спеціальними навісами.

Тварини, які знаходяться в літніх таборах, де для телят обладнані навіси та підгодівники, або ж у приміщеннях, якщо вони знаходяться поряд з пасовищами. Напування здійснюється з природних водойм або воду підвозять на пасовище, як у молочному скотарстві.

Утримання м'ясної худоби не вимагає капітальних приміщень із дорогих залізобетонних конструкцій, а найбільш перспективними є будівлі полегшеного типу із напіврамних конструкцій шириною 18 або 21 м та дешевого стінового матеріалу, що дозволяє набагато здешевлювати вартість скотомісця.

Для підвищення ефективності ведення м'ясного скотарства необхідно, щоб розмір капітальних вкладень для 1 голову основного стада був невеликим, чому сприяє максимальне використання дешевих приміщень. Також у цьому плані великі можливості представляє реконструкція старих приміщень, що пустують.

Схема реконструйованого старого приміщення під пологове відділення для прикладу показано на рисунку 1.

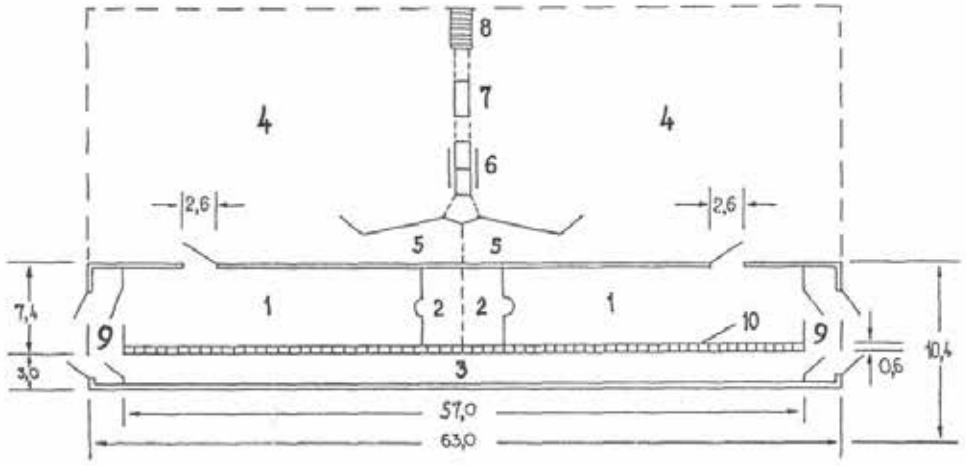


Рис. 1. Схема приміщення під пологове відділення для м'ясної худоби

1. Секція для проведення отелів; 2. Секція для підкормки телят; 3. Кормовий прохід; 4. Вигул; 5. Приємник росколу; 6. Роскол; 7. Ваги. 8. Естакада; 9. Тамбур; 10. Годівниця.

З торцевих сторін приміщення розташовано по 2 двері – для завезення кормів та видалення гною, до яких примикають тамбура.

Корисна площа даного приміщення складає 400 м^2, або на 50 голів корів з телятами (з розрахунку 8 м^2 підлоги на корову з телятам). Стіни приміщення виконані з колод, дах із шиферу, підлога бетонована, виконана у вигляді жолоба глибиною 50 см та шириною 7 м. Уздовж поздовжньої стіни розташований кормовий прохід завширшки 3 м, між секціями та кормовим проходом розташована годівниця шириною по верху 60 см та заввишки 50 см. Частина приміщення, призначена для утримання худоби, розділена на дві секції, в яких, у свою чергу, відгороджено по одному підгодівнику для телят. Перегородки між секціями зроблені з металевих труб у вигляді двостулкових воріт, які під час збирання гною бульдозером відкриваються та пристібаються. Відповідно до кожної секції в стінах зроблено виходи у вигули, ширина дверей 1,2 м, висота – 1,8 м. Вигул також перегороджено на 2 секції, відповідно, секціям у приміщенні.

Наступне реконструйоване приміщення, завдовжки 88 м та шириною 12 м, корисною площею 747 м^2, призначений для утримання 90 корів з телятами до відлучення. Приміщення по всій довжині розділене кормовим проходом, уздовж

якого з обох боків розташовані годівниці. Вся будівля розділена на шість секцій, у кожній з них може бути по 15 голів корів з телятами. Між секціями встановлені підгодівники для телят. Із кожної секції є виходи на вигул. З торцевих сторін будівлі розташовані по три двері: центральна – для завезення кормів, бічні – для заїзду бульдозера при видаленні гною. Тамбури обладнані дезподушками.

Ферма для м'ясної худоби повинна складатися з будівель для безприв'язного утримання корів з телятами на незмінній підстилці, вигульно-кормових дворів з вітрозахисними пристосуваннями, розколом з фіксатором для ветобробки худоби та вагами, а також пунктом штучного запліднення корів та сховища.

Норми та раціони годівлі для м'ясної худоби розробляються з урахуванням особливостей ведення галузі, рівня та напряму продуктивності тварин, технології утримання та кормовиробництва. В основі закладено принцип повноцінної годівлі за 22 нормованими показниками, що дозволить забезпечити потребу організму тварини у поживних речовинах та енергії відповідно до фізіологічного стану організму – періоду тільності та лактації, живої маси корів по стаду.

Оскільки в м'ясному скотарстві в загальних витратах кормів до 50% припадає на доросле маточне поголів'я, велике значення має правильна організація годівлі цієї групи худоби. При цьому для зниження витрат кормів доцільно у літній період максимально використовувати дешевий пасовищний корм, а в зимово-стійловий період коровам слід згодовувати корми місцевого виробництва: сіно, сінаж, силос, зернові концентрати, а також солому, м'яку та інші відходи.

Особливу увагу у м'ясному скотарстві слід приділяти повноцінної годівлі стельних корів за 2 місяці до отелу. У цей період відбувається посилений ріст плоду та поповнення поживних речовин в організмі матері, а недостатнє та неповноцінна годівля може бути причиною зниження якісного складу молозива та народження слаборозвинених телят.

За умови збереження вгодованості та народження життєздатного приплоду сухостійним стельовим коровам на 100 кг живої маси потрібно 1,9-2,2 кг сухої речовини та 17-18 МДж обмінної енергії, при годівлі на вигульних дворах норми годівлі необхідно збільшити до 10-15%. На 1 ЕКО раціону має припадати 85-90 г перетравного протеїну.

При цьому слід зазначити, що за 2 місяці до отелення потреба організму матері та плоду помірна в енергії, але порівняно висока в мінеральних речовинах, якісному протеїні та вітамінах, що необхідно враховувати при складанні раціонів годівлі для цієї групи худоби (табл. 1).

При годівлі стельних сухостійних корів у раціонах повинні переважати сіно чи сінаж, усі корми мають бути гарної якості. Не можна згодовувати недоброякісні корми: силос із підвищеною кислотністю, запліснявілі сіно та солому, оскільки при неповноцінному годуванні у корів можуть спостерігатися аборти, народження недорозвинених телят, а також зниження якості молозива, що у свою чергу призводить до захворювання телят у перші дні життя. При оптимальному рівні годівлі в молозиві корів м'ясних порід міститься в середньому 16% сухої речовини, 7,5% білка, 4,5% жиру, 128 мг кальцію та 116,5 мг фосфору, 30 мкг каротину та 61 мкг вітаміну А. При неповноцінної годівлі корів у цей період відбувається зниження вмісту в молоці білка та жиру на 20-30%, а каротину та вітаміну А – у 1,5-2 рази, що, природно, впливає на розвиток телят.

У літньо-пасовищний період тільних корів випасають на природних або культурних пасовищах з додатковим підживленням їх сіном у розрахунку 2-3 кг на голову (табл. 2).

Таблиця 1

Зразкові раціонів годівлі для стельних сухостійних корів

Показник	Сінний тип годівлі			Сінажний тип годівлі		
	жива маса, кг					
	400	500	600	400	500	600
Сіно злаково-бобове, кг	6,0	6,5	7,0	3,0	3,5	4,0
Солома яра, кг	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	3,5
Сінаж, кг	-	-	-	8,0	9,0	10,0
Силос кукурудзяний, кг	6,0	9,0	12,0	-	-	-
Концентрати, кг	1,3	1,4	1,5	1,3	1,4	1,5
Сіль кухонна, г	46	54	61	46	54	61
Діамонійфосфат, г	40	50	60	20	30	30
У раціоні міститься:						
ЕКО	7,9	9,1	10,4	8,0	9,1	10,6
обмінної енергії, МДж	79	91	104	80	91	106
сухої речовини, кг	9,8	11,4	13,0	9,7	11,2	12,8
сирого протеїну, г	1100	1208	1460	1105	1278	1484
перетравного протеїну, г	705	820	933	700	820	944
сирої клітковини, г	2870	3360	3800	2890	3340	3850
цукрів, г	568	630	692	530	610	690
кальцію, г	67	79	88	75	80	95
фосфору, г	35	40	45	36	44	48

Молочна продуктивність корів м'ясних порід коливається не більше 800-2000 кг за лактацію, причому інтенсивність молокоутворення у них залежить від живої маси та місяця лактації. Найбільш відповідальними при годівлі лактуючих корів є перші 3-4 місяці, тому що в ці місяці утворюється найбільша кількість молока та підвищений обмін речовин в організмі корів. У цей час тваринам на 100 кг живої маси потрібно при годівлі в зимово-стійловий період у приміщенні 2,3-2,8 кг сухої речовини та 1,9-2,4 ЕКО, при годівлі на вигульно-кормовому дворі – 2,6-3,0 кг сухої речовини та 2,1-2,6 ЕКО. На 1 ЕКО потрібно 82-86 г перетравного протеїну. Слід зазначити, що тварини в цей період повинні бути забезпечені не тільки обмінною енергією, але й повноцінним протеїном, причому потреба в протеїні задовольняється в тому випадку, якщо суха речовина містить 12% сирого протеїну.

У другій половині лактації у корів відбувається загасання інтенсивності обмінних процесів та зниження молочної продуктивності, тому потрібні нижчі норми годівлі – на 100 кг живої маси тварини в цей період потрібно 2,3-2,5 кг сухої речовини та 1,8-2,0 ЕКО. На 1 ЕКО потрібно 73-75 г перетравного протеїну, а вміст сирого протеїну в сухій речовині знижується до 10-10,6%.

Для годівлі лактуючих корів використовують силосно-сінний і сінажно-силосний типи годівлі. При силосно-сінному типі годівлі корів у першій половині лактації структура раціону за поживністю становлять: 28,9-30,6% сіно, 14,0-14,3% солома, 36,7-39,5% силос та 17,6-18,4% концентрати. При сінажно-силосному типі годівлі сіно становить 13,1-15,7%, сінаж – 37,4-40,4%, солома – 12,1-12,2%, силос кукурудзяний – 18,2-20,0%, концентрати – 13,0-14,2% і патока 44%.

Таблиця 2

Раціони лактуючих корів у першій половині лактації при різних типах годівлі

Показник	Сінний тип годування			Сінажний тип годування		
	жива маса, кг					
	400	500	600	400	500	600
Сіно злаково-бобове, кг	5,0	5,1	5,5	2,2	2,8	3,0
Солома яра, кг	-	-	-	10,0	10,0	11,0
Сінаж, кг	3,5	4,0	4,0	3,0	3,5	3,5
Силос кукурудзяний, кг	16,0	18,0	20,0	8,0	9,0	10,0
Концентрати, кг	1,8	1,9	2,0	1,4	1,5	1,5
Сіль кухонна, г	-	-	-	0,3	0,3	0,3
Діамонійфосфат, г	-	-	-	5	5	5
У раціоні міститься:						
ЕКО	9,8	10,6	11,4	9,9	11,1	11,5
обмінної енергії, МДж	98	106	114	99	110,7	115
сухої речовини, кг	12,1	13,1	14,0	12,0	13,1	14,0
сирого протеїну, г	1196	1294	1380	1322	1437	1552
перетравного протеїну, г	775	841	911	865	937	997
сирої клітковини, г	3865	4280	4486	4047	4550	4838
цукрів, г	543	574	615	612	687	724
кальцію, г	67	74	80	70	80	87
фосфору, г	35	40	44	38	41	44

При годівлі у другу половину лактації знижується частка соковитих і концентрованих кормів зі збільшенням частки грубих (табл. 3).

Слід зазначити, що при згодовуванні м'ясних коров грубих і соковитих кормів не нижче 1 класу можна обходитися без концентратів.

У літній період основним кормом є трава пасовищ. Подовження пасовищного сезону за рахунок правильної організації використання природних пасовищ (загінна система пасовищ, дотримання термінів стравлювання пасовищ) та зеленого конвеєра дозволяє суттєво знизити витрати на утримання тварин.

Встановлено, що збільшення річної витрати пасовищного корму на м'ясну корову з 40 до 60 ц дозволяє заощадити 0,6 ц концентратів, 4 ц сіна, 8 ц силосу або 5,5 ц сінажу та 502 ЕКО.

Річна потреба корів м'ясних порід у кормах та поживних речовинах представлена у таблиці 4.

При розрахунку річної потреби в кормах корів м'ясних порід враховуються фізіологічний стан, показники продуктивності, структуру раціонів та рівень годівлі.

Згідно з технологією ведення м'ясного скотарства, телят м'ясних порід до 7-8-місячного віку вирощують на повному підсосі під матерями, тому основним продуктом для них перші 3-4 місяці після народження є молоко матері. Першого місяця після народження всі необхідні поживні речовини телята отримують з молоком матері. Надалі, зі збільшенням інтенсивності росту, потреба телят у поживних речовинах та енергії зростає, тому телят, починаючи з 10-15-денного

віку, необхідно привчати до поїдання сіна та концентратів. Для підживлення використовуються ті ж корми, що і для дорослого поголів'я, тільки вищої якості, причому норми згодовування їх збільшують відповідно до молочності корів і запланованого приросту молодняку.

Таблиця 3

Раціони лактуючих корів у другій половині лактації при різних типах годівлі

Показник	Сінний тип годівлі			Сінажний тип годівлі		
	жива маса, кг					
	400	500	600	400	500	600
Сіно злаково-бобове, кг	4,0	5,0	5,3	2,0	2,3	2,8
Солома яра, кг	-	-	-	8,0	9,0	9,5
Сінаж, кг	4,0	4,5	5,0	4,0	4,5	5,0
Силос кукурудзяний, кг	13,0	15,0	18,0	5,0	6,0	9,0
Концентрати, кг	1,2	1,3	1,4	0,9	1,1	1,1
Сіль кухонна, г	-	-	-	5	10	10
Діамонійфосфат, г	47	55	62	47	55	62
У раціоні міститься:						
ЕКО	8,2	9,6	10,7	8,3	9,8	11,0
обмінної енергії, МДж	82	96	107	83	98	110
сухої речовини, кг	10,5	12,3	13,7	10,5	12,2	13,7
сирого протеїну, г	955	1147	1270	1230	1300	1400
перетравного протеїну, г	577	692	758	710	820	916
сирої клітковини, г	3535	4167	4615	3811	4396	4944
цукрів, г	435	528	571	489	577	647
кальцію, г	65	77	84	69	81	88
фосфору, г	28	31	37	30	32	35

Оскільки у телят до 4 місяців перетравлення в основному відбувається в сичузі та кишечнику, вони погано використовують клітковину, крохмаль та рослинні протеїни, але добре засвоюють жир, білок та вуглеводи молока, ці особливості враховуються при розробці норм годіві телят м'ясних порід.

При складанні схем годівлі для підсосних телят враховують вік, живу масу, запланований приріст, молочність та період отелення корів – осінньо-зимовий, ранньовесняний, цілорічний. Так, телятам віком до 4 місяців у розрахунку на 100 кг живої маси при інтенсивності росту 800-950 г на добу потрібно 1,9-2,1 кг сухої речовини, 2,6-3,4 ЕКО, потреба у сирому протеїні – 20-26%, крохмалі – 7-16%, цукрах – 13-27%, сирому жирі – 9,4-22% від сухої речовини.

При такій же інтенсивності росту, але у віці старше 4 місяців,100 кг живої маси телят потрібно 2,1-2,3 кг сухої речовини та 2,3-2,7 ЕКО. Зміст у 1 кг сухої речовини сирого протеїну – 15-18%, сирої клітковини – 17-18%, крохмалю – 12-15%, цукрів – 8-12%, сирого жиру – 5-8%.

У господарствах із достатньою кількістю кормових угідь необхідно практикувати помірне вирощування телят під м'ясними коровами. Телята все літо пасуться

з коровами, а за 1,5-2 місяці до відлучення їх підгодовують зеленою масою сіяних трав, якісним сіном та концентратами.

Таблиця 4

Річна потреба корів м'ясних порід у кормах, кг

Показник	Сінний тип годівлі			Сінажний тип годівлі		
	жива маса, кг					
	400	500	600	400	500	600
Сіно	945	1036	1127	552	642	732
Соломо	780	810	840	735	765	795
Сенаж	-	-	-	735	1980	2160
Сілос	2730	2880	3050	1800	990	1140
Трава природних пасовищ	3720	3875	4030	840	4340	4495
Трава сіяних культур	465	620	775	4185	620	775
Концентрати	300	336	372	465	294	330
Сіль кухонна	20	21	24	20	21	24
Фосфат кормовий	10	12	13	10	12	13
Премікс	9	10	10	9	10	10
ЕКО	3058	3592	3916	3108	3642	3968
ОЕ, тис. МДж	30,58	35,92	39,16	31,08	36,42	39,66
Суха речовина	3823	4380	4776	3769	4326	4722
Сирий протеїн	432,0	493,3	536,5	452,0	523,0	565,5
Перетравний протеїн	250,6	291,0	319,2	271,2	313,8	340,0
КОЕ, МДж/кг СР	8,0	8,2	8,2	8,2	8,4	8,4

При інтенсивному вирощуванні їх протягом усього періоду підсосу підгодовують високоякісним сіном, концентратами, білково-вітамінними добавками, зеленою масою сіяних трав, для чого в загонах обладнають тіньові навіси. Обов'язковою умовою вирощування підсосних телят є забезпечення їх свіжою водою та мінеральним підживленням. Враховуючи те, що на інтенсивність росту та розвитку телят впливають численні фактори, підживлення телят необхідно проводити з урахуванням молочності корів, потреби телят у поживних речовинах та енергії за періодами вирощування та термінів одержання приплоду.

При цілорічних отелях корів, для визначення норм підживлення телят необхідно знати їхній середній вік по стаду.

Приблизна річна потреба телят у кормах та поживних речовинах, без урахування молока матері, представлена у таблиці 5.

Господарства-поставщики продукції дитячого та дієтичного харчування повинні мати стійку кормову базу, що забезпечує потребу худоби у різноманітних кормах власного виробництва, і навіть можливість придбання кормів промислового виробництва.

Відомо, що застосування інтенсивних технологій обробітку кормових культур має негативні наслідки, які проявляються у забрудненні навколишнього середовища хлорорганічними пестицидами, які здатні накопичуватися у воді, ґрунті,

кормових рослинах і, як правило, у продуктах тваринництва. Тому при обробці кормових культур у господарствах-постачальниках м'ясної сировини для дитячого харчування необхідне використання системи захисту рослин агротехнічними та біологічними методами з обмеженим використанням пестицидів (таблиця 6).

Таблиця 5

Річна потреба телят м'ясних порід у кормах та поживних речовинах у підсосний період, кг

Показник	Середньодобовий приріст, г		
	800-850	850-900	900-950
Сіно злаково-бобове	178	178	205
Сінаж травосуміші	110	-	159
Силос кукурудзяний	-	482	-
Трава природних пасовищ	709	690	596
Трава сіяних культур	146	90	206
Концентрати	22	214	275
Сіль кухонна	4,0	4,4	4,4
Фосфат кормовий	4,0	4,4	4,4
Білково-вітамінна добавка	72	72	72
Премікс	24	24	24
ЕКО	944,4	1058,4	1060,5
Обмінна енергія, МДж	9444	10584	10605
Суха речовина	760	855	849
Сирий протеїн	124,6	141,2	140,9
Перетравний протеїн	97,1	111,3	109,8
КОЕ, МДж/кг СР	12,4	12,3	12,5

Таблиця 6

Перелік заборонених та дозволених до обмеженого застосування пестицидів

Група пестицидів	Пестициди	
	заборонені	дозволені до обмеженого застосування
Інсектициди	гексахлоран, ГХЦГ, ДЦТ та препарати на його основі, метафос, хлорофос	децис, золон (фазолон, бензофосфат), волатон
Фунгіциди	-	беноміл (бенлат, фундазол)
Протруйники	гранозан	ТМТД (тирам), байтан-універсал
Гербіциди	-	амінна сіль 2,4 Д, діален, агелон, дуал, примекстра
Регулятори росту	-	тур (хлорхолін хлорид)

Крім того, існує й низка інших препаратів, застосування яких у кормовиробництві також заборонено. В останні роки з'явилися нові препарати, що мають ростостимулюючі та захисні властивості, що є екологічно чистими: агат, гумат натрію, крецазин та ін. З біологічних засобів захисту рослин рекомендується застосовувати бітоксибацилін (БТБ-202), лепідоцид. Застосування даних препаратів на посівах кормових культур дозволяє знизити пестицидне навантаження, а застосування засобів, що стимулюють зростання рослин, забезпечує збільшення врожайності кормових культур.

З особливою обережністю має бути застосування в кормовиробництві азотистих мінеральних та органічних добрив, оскільки це пов'язано з можливістю потрапляння до м'ясної сировини нітратів та нітритів. Надмірна кількість цих речовин накопичується в рослинах, а з ними потрапляє до м'яса тварин. Тому зелену масу кожного виду кормових культур перед скошуванням необхідно досліджувати на вміст нітратів і нітритів. Для отримання екологічно безпечної яловичини кількість нітратів у раціоні молодняку великої рогатої худоби не повинна перевищувати 2,5 г на 100 кг живої маси. Не можна згодовувати тваринам ріпак, що містить більше 1% нітратів.

У раціонах тварин не допускається вміст гормональних препаратів, стимуляторів росту, кормів із підвищеним рівнем токсичних елементів та радіонуклідів. Контроль якості кормів промислового виробництва необхідно проводити по мірі надходжень партії та терміну їх зберігання, а кормів власного виробництва – перед використанням кожної партії.

Всі ці вимоги необхідно дотримуватися в господарствах-постачальниках м'ясної сировини для дитячого та дієтичного харчування, для отримання екологічно чистої продукції.

Висновки та пропозиції. Отже, повноцінна та збалансована годівля стельних сухостійних корів у завершальний період тільності є одним із ключових чинників ефективного ведення м'ясного скотарства. Саме за 1,5–2 місяці до отелу відбувається інтенсивний ріст плоду та формування резервів поживних речовин в організмі корови, що безпосередньо впливає на якість молозива, життєздатність новонароджених телят і їх подальший розвиток. Недостатня або неякісна годівля у цей період може спричиняти серйозні негативні наслідки – зниження вмісту білка, жиру, вітамінів і мінералів у молозиві, народження ослаблених телят, підвищення захворюваності та навіть аборти.

Раціони стельних корів мають базуватися на високоякісних кормах – сіні та сінажі, із дотриманням встановлених норм сухої речовини, обмінної енергії та перетравного протеїну. Особливо важливо виключати згодовування недоброякісних і запліснявілих кормів. Оскільки телята м'ясних порід у перші місяці життя перебувають на повному підсосі, поживна цінність молока матері визначає інтенсивність їх росту та формування імунітету.

Водночас значну увагу слід приділяти екологічній безпеці кормової бази. Використання біологічних засобів захисту рослин і екологічно чистих стимуляторів росту дозволяє зменшити пестицидне навантаження, запобігти забрудненню навколишнього середовища та забезпечити отримання безпечної м'ясної продукції, зокрема для дитячого харчування. Таким чином, поєднання раціональної годівлі тварин і екологічно орієнтованих технологій у кормовиробництві є запорукою високої продуктивності, здоров'я тварин і якості продукції м'ясного скотарства.

Повноцінна й збалансована годівля стельних корів у сухостійний період у поєднанні з екологічно безпечними методами вирощування кормових культур забезпечує народження життєздатних телят, високу якість молозива та отримання безпечної і конкурентоспроможної м'ясної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бондарчук Л. В. Сучасний стан популяції симентальської породи у племінних господарствах України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво».* 2016. Вип. 7(30). С. 46–50.
2. Козир В.С. Французькі м'ясні лімузини в степу України. *Розведення і генетика тварин*. 2018. Вип. 55. С. 76-82.
3. Козирь В. Вікова динаміка виходу продуктів забою абердин- ангуської худоби. *Тваринництво України.* 2015. № 1-2. С. 9-14.
4. Колісник О. І., Прудніков В. Г., Криворучко Ю. І., Нагорний С. А. Характеристика організаційно-технологічних умов при утриманні м'ясних корів абердин-ангуської породи в стійловий період без використання приміщень. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 97-100.
5. Скоромна О.І., Гордій А.М., Голембівський С.О., Разанова О.П, Вікарчук Н. Ефективність розведення кросів бельгійської блакитної породи великої рогатої худоби в Україні. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2022. № 125. С. 184-193.
6. Скоромна О.І., Разанова О.П., Поліщук Т.В., Шевчук Т. В., Берник І.М., Супрун І. О., Довга О. О. Динаміка племінного м'ясного скотарства в Україні. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво. 2021. Вип. 1. С. 92-97.
7. Golubenko T., Razanova O. Optimizing the use of protein in the young cattle body. *Ştiinţa agricola*. 2022. № 1. С. 143-152.
8. Holubenko T. L. Nutritional value of veal used in baby food production. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2018. Vol. 8(1). P. 637-643.

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 637.8:577.32
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.25

ПОТЕНЦІАЛ ЇСТІВНИХ КОМАХ ЯК НОВОГО ДЖЕРЕЛА БІОАКТИВНИХ СПОЛУК

***Голембовська Н.В.** – к.т.н.,*
доцент кафедри технології м'ясних рибних та морепродуктів,
Національнийуніверситет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0001-8159-4020
***Ісраелян В.М.** – к.т.н.,*
доцент кафедри технології м'ясних рибних та морепродуктів,
Національнийуніверситет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-7242-3227
***Статкевич О.І.** – д.філос. (PhD),*
старший викладач кафедри біотехнології і екології,
Національнийуніверситет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-7157-4912
***Баль-Прилипко Л.В.** – д.т.н.,*
професор кафедри громадського здоров'я та нутриціології,
Національнийуніверситет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-9489-8610
***Коломієць Ю.В.** – д.с.-г.н.,*
професор кафедри біотехнології і екології,
Національнийуніверситет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-1919-6336

У роботі представлено результати комплексного дослідження потенціалу їстівних комах як альтернативного джерела біологічно цінних поживних і біоактивних сполук у контексті зростання чисельності населення, загострення проблеми продовольчої безпеки та обмеженості традиційних білкових ресурсів. Особливу увагу приділено личинкам мухи чорної львінки (Hermetia illucens), які характеризуються високою ефективністю біоконверсії органічних відходів, швидким приростом біомаси та значним вмістом білків, ліпідів і мінеральних речовин.

Метою дослідження було наукове обґрунтування доцільності використання личинок Hermetia illucens як перспективної сировини для харчових технологій і кормовиробництва шляхом вивчення впливу різних поживних субстратів на їх ріст, життєздатність і біохімічний склад. У ході експериментів личинок вирощували на субстратах різного походження, зокрема кормах тварин, харчових відходах та відходах тваринництва, з подальшим визначенням показників приросту біомаси, рівня утилізації субстрату, життєздатності та фізико-хімічних характеристик біомаси.

Встановлено, що тип поживного середовища суттєво впливає на інтенсивність росту личинок і накопичення поживних речовин. Найбільш сприятливими для формування білково-ліпідного складу виявилися зерново-рослинні субстрати, за яких середній вміст білка в живій біомасі досягав 16,8 %, жиру – 20,4 %, а показник життєздатності перевищував 95 %. Личинки ефективно скорочували масу органічних відходів на 42–57 %, що підтверджує їх екологічну доцільність як інструменту біоутилізації. Вміст золи на рівні 2,5–6,9 % свідчить про високий потенціал личинок як джерела мінеральних речовин.

© Голембовська Н.В., Ісраелян В.М., Статкевич О.І., Баль-Прилипко Л.В., Коломієць Ю.В., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Отримані результати підтверджують можливість використання біомаси личинок Hermetia illucens як альтернативного джерела високоякісного білка та функціонального інгредієнта у виробництві харчових продуктів, зокрема високобілкових рибних виробів. Практичне значення роботи полягає у формуванні науково обґрунтованих підходів до використання комах у харчових технологіях з урахуванням екологічних, економічних і технологічних аспектів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на оцінку безпечності, мікробіологічних показників та впливу технологічної обробки біомаси личинок на якість готової продукції.

Ключові слова: *сапрофаг, чорна львінка, розведення, біомаса, адаптація, харчова цінність, органічні відходи.*

Holembovska N.V., Israelian V.M., Statkevych O.I., Bal-Prylypko L.V., Kolomiiets Yu.V.

The potential of edible insects as a new source of bioactive compounds

The paper presents the results of a comprehensive study on the potential of edible insects as an alternative source of biologically valuable nutrients and bioactive compounds, in the context of population growth, the exacerbation of food security issues, and the limitation of traditional protein resources. Particular attention is paid to the larvae of the black lionfly (Hermetia illucens), which are characterized by high efficiency of bioconversion of organic waste, rapid biomass growth, and a significant content of proteins, lipids, and minerals.

The aim of this study was to scientifically substantiate the feasibility of using Hermetia illucens larvae as a promising raw material for food technologies and feed production by investigating the influence of various nutrient substrates on their growth, viability, and biochemical composition. During the experiments, larvae were grown on substrates of various origins, including animal feed, food waste, and livestock waste, with subsequent determination of biomass growth rates, substrate utilization rate, viability, and physicochemical characteristics of biomass.

It was found that the type of nutrient medium significantly affects the intensity of larval growth and nutrient accumulation. Grain-plant substrates were the most favorable for the formation of protein-lipid composition, in which the average protein content in live biomass reached 16.8%, fat – 20.4%, and the viability index exceeded 95%. Larvae effectively reduced the mass of organic waste by 42–57%, which confirms their environmental feasibility as a biorecycling tool. The ash content at the level of 2.5–6.9% indicates the high potential of larvae as a source of minerals.

The results obtained confirm the possibility of using Hermetia illucens larval biomass as an alternative source of high-quality protein and functional ingredient in the production of food products, in particular, high-protein fish products. The practical significance of the work lies in the formation of scientifically sound approaches to the use of insects in food technologies, taking into account environmental, economic and technological aspects. Further research should be directed to assessing the safety, microbiological indicators and the impact of technological processing of larval biomass on the quality of finished products.

Key words: *saprophage, black lionfish, breeding, biomass, adaptation, nutritional value, organic waste.*

Постановка проблеми. Із зростанням чисельності населення планети зростає і потреба у пошуку нових джерел харчових ресурсів, насамперед білка, окрім традиційних – м’яса, риби та штучно синтезованих білкових продуктів [1]. Серед альтернативних варіантів усе більше уваги привертає ентомофагія – вживання комах у їжу, що розглядається як екологічно безпечний, доступний та поживний варіант [2].

Порівняно з традиційними джерелами тваринного білка – такими як риба чи свійські тварини – комахи мають низку суттєвих переваг [3].

Вони надзвичайно поширені: за оцінками, на кожну людину у світі припадає близько 40 тонн цих організмів. Крім того, ентомологічні види відзначаються більшою харчовою ефективністю, адже для виробництва еквівалентної кількості поживних речовин споживають менше ресурсів і формують значно нижчі обсяги викидів парникових газів у навколишнє середовище [4].

У ряді країн, зокрема в Таїланді, комахи вже інтегровані в щоденний раціон населення та навіть розглядаються як різновид фаст-фуду. Їх розведення потребує мінімальних обсягів води й інших ресурсів, що робить такий спосіб отримання харчової сировини економічно вигідним. Окрім цього, комахи характеризуються високою

концентрацією білка, низьким вмістом жирів і холестерину, а також значною кількістю мінеральних елементів, серед яких особливе значення мають кальцій і залізо [5].

У світлі посилення глобального дефіциту харчових ресурсів, необхідності гарантування продовольчої безпеки та мінімізації впливу на навколишнє середовище, дослідники та спеціалісти харчової індустрії все частіше звертають увагу на нетрадиційні джерела поживних речовин. Одним із таких альтернативних рішень є використання їстівних комах, які можуть слугувати джерелом не лише білків, жирів і мінеральних речовин, а й цінних біоактивних компонентів із вираженими антиоксидантними, протизапальними, антимікробними та імуностимулювальними властивостями [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До складу комах входять пептиди, полісахариди, поліненасичені жирні кислоти, вітаміни та фенольні сполуки, що мають значний потенціал для використання у створенні новітніх функціональних продуктів харчування. Зокрема, дослідження свідчать про те, що такі види, як *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus* і *Hermetia illucens*, характеризуються високим вмістом токоферолів, каротиноїдів, хітину та його похідних, які можуть виконувати роль природних антиоксидантів [7].

Крім високої харчової цінності, біоактивні речовини, що містяться в комахах, демонструють позитивний вплив на здоров'я, зокрема у контексті профілактики таких хронічних захворювань, як діабет, ожиріння та серцево-судинні розлади [8]. Тому аналіз складу й функціональних властивостей цих сполук становить значний інтерес як для науковців у сфері харчування, так і для розробників інноваційних харчових інгредієнтів.

Аналіз літературних джерел показав більш широкий спектр використання цієї групи живих організмів, при цьому, спостерігається великий інтерес до комах з високоефективною біоконверсією різноманітних твердих органічних відходів, а також як джерело кормового білку та жирів з унікальними властивостями. У даному випадку йде мова про широковідомий вид мухи *Hermetia illucens* [9, 10]. Природний ареал популяції мухи спостерігається у регіонах з субтропічним кліматом, зокрема, вона наявна у Західній і Північній Америці. Особливістю цього виду комах є те, що вони здатні цілий рік розвиватись в чистій культурі у штучностворених умовах, що у свою чергу це дає можливість вирощувати *H. illucens* L. у лабораторних умовах [11-14].

Станом на 2024 рік за даними Systema Dipterorum найбільше людських спостережень за популяцією мух відмічались у різноманітних наукових установах США (6450 знахідок), друге місце – посідає Коста Ріка (1406 знахідок). Проте є ряд країн, де зростає інтенсивність досліджень, зокрема, Австралія (1395), Мексика (812), Франція (679), Бразилія (654), Індія (619), Іспанія (407), Італія (297), Хорватія (85), Австрія (40), Бельгія (22) та ін (рис. 1).

За оцінками експертів, попит на білок комах у кормах для тварин до 2030 р. сягне 500 000 т. Деякі аналітики прогнозують, що до 2027 р. галузь вирощування комах перевищить 3 мільярди доларів. Це означає зростання на 33 % упродовж наступних років [16, 17]. Справді, попит на білок продовжує зростати тими самими темпами, що і населення планети.

Останні дослідження та публікації свідчать, що комахи розглядаються не лише як «резервний» засіб подолання дефіциту поживних речовин у раціоні людини, а й як продукти з високими смаковими характеристиками, які часто відносять до делікатесів. Їх популярність зростає у країнах Західної Європи, де комахи поступово сприймаються як перспективний та екзотичний харчовий продукт [18].

Зростаючий попит на м'ясну продукцію та підвищення вартості кормів стимулюють пошук нових, альтернативних джерел білка. Серед можливих рішень дослідники називають технології вирощування м'яса в культуральних середовищах [19], активізацію промислового вирощування та вилову морських водоростей [20] використання генетично модифікованих рослин і грибів, розведення дрібних сільськогосподарських тварин [21], а також розвиток комахівництва як конкурентоспроможного напряму.

Рис. 1. Карта поширення виду Hermetia Illucens L. (спостереження у період 1897 – 2024 рр.) [15]

Окрім цього, вирощування комах має значно менший вплив на кліматичні зміни порівняно з традиційним тваринництвом. Харчові види комах утворюють істотно менші обсяги парникових газів, ніж більшість сільськогосподарських тварин. Сучасні технології розведення не потребують великих земельних площ чи їхнього додаткового освоєння, а швидкість відтворення популяцій комах у десятки разів перевищує показники відтворення свійських тварин. Водночас ентомофагія має й соціально-економічний ефект – вона сприяє підвищенню рівня життя населення, особливо в регіонах із обмеженими продовольчими ресурсами [22].

Муха чорний солдат (*Hermetia illucens*) розглядається як один із найбільш перспективних видів для біоконверсії органічних відходів. Її личинки здатні переробляти зіпсовані молочні продукти, м'ясо та відходи тваринництва, перетворюючи їх у біомасу з ефективністю до 58%. При цьому вони трансформують азот і фосфор із відходів у доступні форми на рівні 61–70% та 30–50% відповідно [23].

Наразі, в Україні ця тема мало вивчена. Відомі спорадичні дослідження, які частково показують можливість використання комах як джерела збалансованих поживних речовин для харчових технологій. Зрештою, мета наших досліджень полягає у порівняльній оцінці біохімічного складу личинки в залежності від адаптації трофічної спеціалізації мухи у специфічних умовах доместикації виду.

Мета дослідження полягає у науковому обґрунтуванні доцільності використання комах, зокрема личинок мухи чорної львівнки (*Hermetia illucens*), як альтернативного джерела високоякісних білків та інших біологічно цінних компонентів, а також у визначенні перспектив їх застосування у харчових технологіях і кормовиробництві з урахуванням екологічних, економічних та соціальних чинників.

Отже, комплексне дослідження біохімічних властивостей личинок за різних умов вирощування, визначення оптимальних методів їх переробки та

впровадження у харчові й кормові системи становить актуальний і перспективний напрям сучасної науки. Очікується, що отримані результати дозволять сформувати науково підтверджені підходи до використання комах як повноцінного джерела поживних речовин, що сприятиме зміцненню продовольчої безпеки, підвищенню ефективності агропромислового виробництва та зниженню екологічних ризиків.

Матеріали та методи. Упродовж тривалого терміну часу в Національному університеті біоресурсів і природокористування України підтримується лабораторна культура ряду Diptera вид *Hermetia Illucens*, якого вирощуємо за відомими технологіями у авторській модифікації.

Видову приналежність визначали за допомого морфологічних ознак. Зокрема, довжина імаго коливалась в межах 15 – 20 мм, постановка голови прогнатична, слабковиражений лижучий ротовий апарат, антени у два рази довші голови та мають на кінці продовгуватий сегмент, ноги бігальні з характерним забарвлення (рис. 2). Забарвлення дорослої особини чорне з димчатими прозорими крилами. Присутні статевий диморфізм, у вигляді безбарвних волосків в нижній частині голови.

Рис. 2. Імагінальна стадія мухи Hermetia Illucens L.

Личинкова стадія поділялась на декілька вікових груп, які визначали за лінійними параметрами біоматеріалу. При цьому, початкова стадія від моменту відродження сягала до 5,0±0,3 мм, перша (I) стадія тривалістю розвитку у 6 діб становила до 10±0,8 мм, друга (II) стадія тривалістю у 9 діб – до 15±1,2 мм, третя вікова стадія тривалістю розвитку 12 днів – до 18±1,3 мм та четверта (VI) група личинок тривалістю у понад 15 діб – до 28 мм (рис. 2). Завершальна стадія розвитку (передлялечка) тривалістю розвитку 10 діб становила до 19 мм.

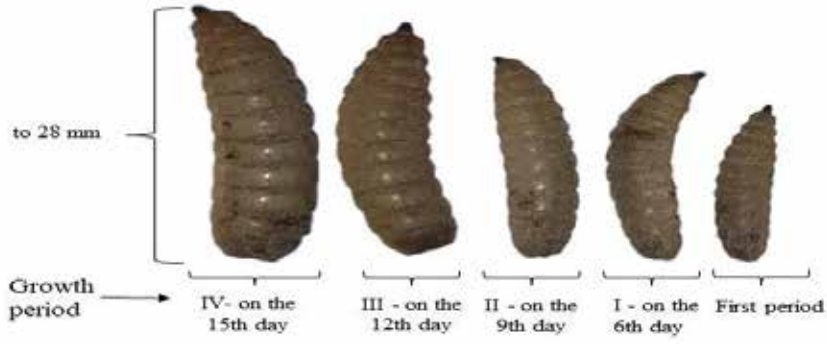


Рис. 3. Вікова структура личинок мухи Hermetia Illucens L.

Комплекс лабораторних досліджень які передбачали технологічні прийоми розведення мухи проводився протягом 2022 – 2025 рр. Дослідні популяції підтримували в оптимальних для їхнього розвитку гідротермічних умовах за допомогою клімокамери Memmert HPP260eco. Імаго мухи утримували у спеціальних садках, куди поміщали пристрої для збору яєць. Ембріональний розвиток яєць відбувався за таких параметрів: t – 25 – 28^0 C, відносної вологості 70 % та 14:10 Д:Н фотоперіоді. Після відродження личинок їх сортували по 100 шт. і експонували у пластикові контейнери з різними варіанти поживного субстрату [24].

Експериментальні випробування. Середній приріст біомаси личинок мухи у певний проміжок часу розвитку вимірювали кожні 3 доби експерименту, відокремлюючи личинки мухи від залишків поживного середовища [24]. При цьому, для кількісного визначення приросту біомаси личинок кожні 3 доби відбирали проби для реєстрації їх ваги та визначали середнє значення за формулою:

$$M_{(I-IV)} = \frac{m_1(\text{g}) + m_2(\text{g}) \ldots m_n}{N}, \text{ де} \quad (1)$$

$M_{(I-IV)}$ – маса свіжої личинки у різний проміжок часу розвитку;

m_1+m_2….m_n – маса живої личинки;

N – кількість аналізованих проб.

Середній приріст біомаси личинок за весь період розвитку вираховувався за формулою:

Average increase in biomass = m_I (g) – m_{IV}(g), де

m_I – середня початкова маса личинок період розвитку I;

m_{IV} –кінцева середня маса личинок період розвитку IV.

Для визначення рівня скорочення поживного середовища лялечки мухи сепарують з раціону і проводять зважування кожного зразку. Показник розраховували із застосуванням наступної формули:

$$\textit{Level of ration reduc.}(\%) = \frac{m_i(g) - m_f(g)}{m_i(g)} * 100\%, \text{ де}$$

m_i *(g)* – початкова маса субстрату;

m_f*(g)* – кінцева маса субстрату.

Життєздатність личинок визначали у кінці експерименту підраховуючи лялечки та відроджених з них імаго у кожному варіанті, розрахунок проводили за формулою:

$$D(\%) = \frac{I(pcs.)}{L(\text{pcs.})} * 100\%, \text{ де}$$

D (%) – життєздатність личинок;

I (pcs.) – загальна кількість імаго мухи *H. Illucens,* що відродилась;

L (pcs.) – загальна кількість лялечок *H. Illucens* L.

Масову частку вологи визначали методом висушування зразка продукту до постійної маси за температури 100-105 ºС; масову частку золи – ваговим методом, після мінералізації наважки продукту в муфельній печі за температури 500-600 °С; масову частку ліпідів методом Сокслета, який полягає в тому, що жир зважують після його екстракції розчинником із сухої наважки в апараті Сокслета, заснованому на визначенні зміни маси зразка після екстракції жиру розчинником; масову частку білка – визначенням загального азоту за методом Кьельдаля. Озолення зразків проводили на Velp Scientifica серії DK6 (Італія) з вакуумним насосом

(JP). Відгонку здійснювали на апараті для перегонки з парою Velp Scientifica UDK 129 (Італія) [25].

Експериментальні дані оброблені методами математичної статистики в редакторі Microsoft Excel, STATISTICA. Точність отриманих експериментальних даних визначали за допомогою критерію Стьюдента за довірчої ймовірності ≤ 0,05 за кількості паралельних визначень не менше 5. Задачі лінійного програмування вирішували з використанням настройки табличного процесора MS Excel «Пошук рішення» (Excel Solver) [25].

Виклад основного матеріалу. Для масового вирощування мухи використовуються різноманітні органічні поживні середовища в якості корму. Адаптація личинок мухи до раціону була направлена в першу чергу до відносно гомеостатичних умов живлення, що у результаті забезпечить надходження в організм необхідних енергетичних та пластичних речовин. Зокрема, підбір субстрату здійснювався таким чином, щоб вирішувалась проблема біоутилізації відходів та отримувати білкову біомасу личинок.

Склад поживного середовища для відгодівлі личинок мухи демонструє таблиця 1, зокрема, раціон був поділений на три груп: корма тварин (жом цукрових буряків, пшеничні висівки), харчові відходи (кондитерські вироби, обрізки овочів, фруктів та зелені) та відходи тваринництва (пташиний послід, гній свинячий). Спостереження показали, що набір і відповідність основних компонентів субстратів дуже істотно має вплив на біологічні показники личинок. Зокрема, оцінювався приріст маси личинок у різні проміжки часу розвитку, життєздатність та рівень скорочення субстрату.

На рисунку 4 можна спостерігати динаміку приросту живої біомаси личинок, зокрема, на різних субстратах отримали різні значення: в середньому від 5,65 г (відходи тваринництва) до 10,52 г (корма тварин). При цьому, рівень скорочення відходів за весь період розвитку личинок коливався в межах 42,3 – 57,3 %. Можна констатувати, що найбільш сприятливим раціоном для вирощування личинок *H. Illucens* L. відбувається при використанні зерново-овочевої суміші. Особливістю такого субстрату полягає у високому вмісту клітковини, що сприяє накопиченню біомаси личинок.

Показник життєздатності мухи (в середньому від 84 – 98±3%, табл. 2) підвищувався за рахунок структури субстрату, а саме вологоємкості та аерації. Отримані нами результати досліджень свідчать, що раціон до складу, якого входять пшеничні висівки, підтримував оптимальні гідротермічні умови, що спричинювало безперешкодне линяння личинок, заляльковування з подальшим відродження імаго.

Типи субстратів, на яких вирощували личинки, суттєво впливають на їх біохімічний склад. Наші спостереження показали, що личинки вирощені на зернопродуктах краще накопичували вміст білків та ліпідів, ніж личинки які споживали овочі та фрукти. Ми спостерігали негативну динаміку росту біомаси у субстратах відходів тваринництва, зокрема ріст та розвиток уповільнювався, що у свою чергу спричинювало низький відсоток накопичення білків та ліпідів, що становило 9,05 – 12,15 % та 12,11 – 14,36 % відповідно. Незважаючи на таку різноманітність, усі значення вказують, що муха вважається хорошим джерелом білків і жирів, при цьому, за оптимального субстрату в середньому накопичується 16,82 ± 1,29% білка та 20,38 ± 0,78% жиру. За вмістом вологи, яка становить 55,91-75,30%, спостерігаємо різні значення в личинках, які мають таку тенденцію зумовлену використанням субстратів при годуванні. Позитивну динаміку показує вміст золи, який коливається в межах 2,55-6,89%, що свідчить про високий вміст мінеральних

речовин в живій біомасі личинки. Отримані дані констатують, що личинки мухи серед інших комах теж є досить непоганою альтернативою джерела поживних речовин в харчових технологія.

Таблиця 1

Застосування штучного поживного середовища в залежності від адаптивних особливостей живлення та травної системи личинок Hermetia Illucens L.

Показники які, досліджуються		**Групи поживних середовищ для вигодівлі личинок мухи						
		Корма тварин		Харчові відходи (побутові, безпечні відходи)			Відходи тваринництва	
		ЖЦ	ПВ	КВ	ОФ	МВ	ПП	ГС
Маса свіжої личинки у різний проміжок часу розвитку, г	*I	9,31±0,4а	9,80±0,2а	6,33±0,7б	8,65±0,3а	7,3±0,4б	6,52±0,2б	6,10±0,3б
	II	12,30±0,1а	13,7±0,4а	9,50±0,5б	12,7±0,2а	11,0±0,5а	8,70±0,3б	7,93±0,5б
	III	16,32±0,3а	18,4±0,6а	12,0±0,3б	15,5±0,5а	14,3±0,6а	9,14±0,2б	8,98±0,4б
	IV	19,5±0,2а	20,7±0,3а	16,3±0,4б	17,8±0,6а	16,0±0,2б	12,80±0,7б	11,13±0,2б
Середній приріст маси личинок за весь період споживання харчового раціону, г		10,52±1,2		9,27±1,1			5,65±1,4	
Життєздатність личинок, %		98±1		92±2			84±1	
Рівень скорочення відходів за весь період розвитку личинок, %		45,7±0,9		57,3±1,1			42,3±1,3	

*Замітка. *Періоди розвитку: I – на 6-й день, II- на 9-й день, III – на 12-й день, IV – на 15-й день.*

***Групи поживного середовища: ЖЦ – жом цукрових буряків, ПВ – пшеничні висівки, КВ – кондитерські вироби, ОФ – обрізки овочів, фруктів та зелені, МВ – м'ясні відходи, ПП – пташиний послід, ГС – гній свинячий. Результати повторних вимірювань отримані в умовах збіжності (в межах повторюваності 5 %, довірча ймовірність P=0,95).*

*** *Значення, відмічене однією і тією ж літерою, достовірно не відрізняється при P <0,05.*

Личинки *Hermetia Illucens* є перспективними харчовими інгредієнтами, оскільки вони містять не тільки цінні поживні речовини, але й мають додаткові речовини, що несуть користь для здоров'я людей порівняно зі звичайними джерелами надходження органічних сполук. Незважаючи на те, що виробництво білка з комах знаходиться на початковому етапі, експериментальні дослідження показали вагомі позитивні результати.

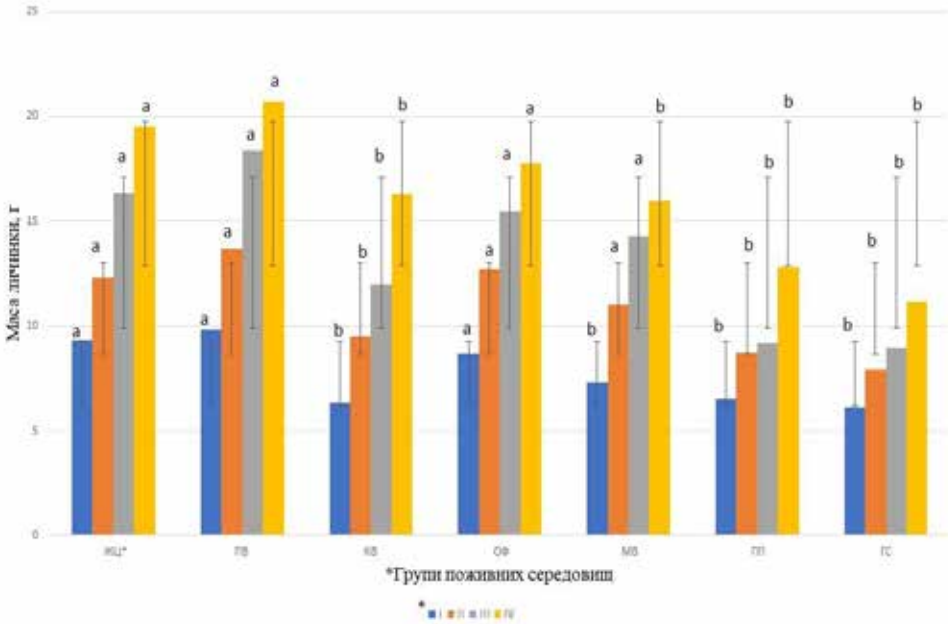


Рис 4. Вплив штучного поживного середовища на приріст маси личинки у різний проміжок часу розвитку (г)

**Групи поживного середовища: ЖЦ – жом цукрових буряків, ПВ – пшеничні висівки, КВ – кондитерські вироби, ОФ – обрізки овочів, фруктів та зелені, МВ – м'ясні відходи, ПП – пташиний послід, ГС – гній свинячий.*

У результаті досліджень встановлено, що жива біомаса личинки *Hermetia Illucens*, залежно від стадії розвитку і субстрату містять корисні органічні сполуки, які мають комерційну та промислову цінність: 9-16,82 % білка, 12-20,38% жиру, 55-75,3 % вологи, 3-6,9 % золи (рис. 5).

Личинки мухи *Hermetia Illucens* L., як джерело білка та жирних кислот є одними з найбільш спеціалізованих харчових добавок для харчової промисловості в майбутньому, з метою покращення якісних та поживних характеристик кінцевої продукції.

Обговорення. Муха *Hermetia Illucens* L. є одним із майже 2000 видів комах яку можна споживати у дієтичному та геродієтичному харчуванні людини [26-30]. Наразі відомі багаточисленні дослідження використання біомаси личинок як кормового інгредієнту для вигодівлі тварин [31-33]. Проте, наші дослідження показали принципову можливість лабораторного розведення популяції мухи *Hermetia Illucens* L. у цілях накопичення цінного білку личинок мухи та використання його харчових технологіях для людства. У ході випробовувань з точки зору поживності біомаси личинок, встановлено, що комаха *Hermetia Illucens* L. може мати важливе значення для продовольства та маркетингу як здорової альтернативи м'ясу тварин. Власне йде мова про використання личинок як часткова заміна м'ясопродуктів. Найбільша перевага такої сировини у харчовій промисловості, полягає в їх меншому впливі на навколишнє середовище, зокрема, зменшення в рази викидів парникових газів та скорочує надмірне використання природних ресурсів (земля, вода та ін.) [16].

Таблиця 2

Хімічний склад живої біомаси личинок H. Illucens, (n = 5, p ≤ 0,05)

Показники які, досліджуються, %		Групи поживних середовищ для відгодівлі личинок мухи		
		Корма тварин	Харчові відходи (побутові, безпечні відходи)	Відходи тваринництва
Вміст вологи	*I	64,06±0,81а**	69,23±1,4а	75,30±1,8б
	II	61,47±1,12а	66,83±0,89а	74,11±0,45б
	III	59,34±2,56а	63,33±0,35а	70,13±0,28б
	IV	55,91±1,41а	60,18±0,13а	68,81±0,36б
Вміст білка	*I	14,06±0,21а	11,82±0,39б	9,05±0,57б
	II	15,12±3,47а	12,12±0,24а	10,14±0,41б
	III	15,23±4,87а	13,16±0,68а	12,03±0,12а
	IV	16,82±1,29а	14,23±0,74а	12,15±0,48а
Вміст жиру	*I	16,21±3,14а	15,41±0,18а	12,11±0,89б
	II	17,29±0,78а	16,79±0,45а	12,09±0,65б
	III	18,78±0,56а	18,53±0,63а	13,59±0,87б
	IV	20,38±0,78а	19,44±0,51а	14,36±0,21б
Вміст золи	*I	5,67±0,15а	3,54±0,23б	2,55±0,33б
	II	6,12±0,63а	4,26±0,46а	3,66±0,50а
	III	6,65±0,46а	4,98±0,65а	4,25±0,44а
	IV	6,89±0,65а	6,15±0,15а	4,68±0,37б

*Замітка. *Періоди розвитку: I – на 6-й день, II- на 9-й день, III – на 12-й день, IV – на 15-й день.*

Результати повторних вимірювань отримані в умовах збіжності (в межах повторюваності 5 %, довірча ймовірність P=0,95)

***Значення, відмічене однією і тією ж літерою, достовірно не відрізняється при P <0,05.*

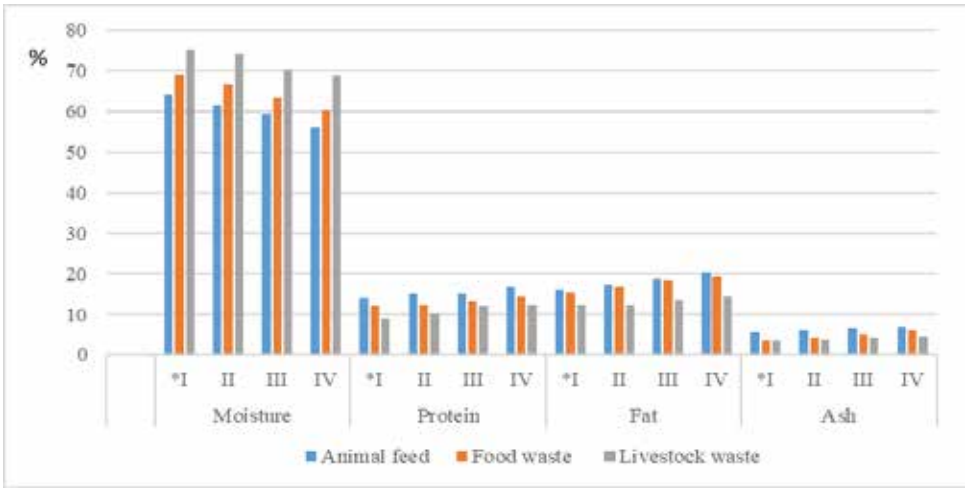


Рис. 5. Розподіл поживних речовин у личинках мухи в залежності від харчового раціону

*Замітка. *Періоди розвитку: I – на 6-й день, II- на 9-й день, III – на 12-й день, IV – на 15-й день.*

Комахи, які містять велику кількість білка, сприймаються як потенційна заміна м'яса [34, 35, 17]. У дослідницькій літературі вказаний широкий діапазон інформації про ряд видів комах та їх застосування в їжу [17]. *H. illucens* залишається поза діапазоном досліджень [31]. Незважаючи на велике висвітлення тем, пов'язаних з комахами у літературі, існуючим дослідженням все ще бракує інформації в промислових масштабах.

Акцентуємо увагу на тому, що отримані нами результати досліджень не спостерігають статистичної достовірної різниці по показниках біохімічного складу личинок мухи. Зокрема, спостереження показали, що *H. illucens* відзначається високим рівнем протеїну (37–63% від сухої речовини) і жирів (до 49%), а також кількома макро- і мікроелементами, важливими для розвитку тварин і харчування людини. У літературних даних також вказано, що біомаса комах може мати специфічні антимікробні властивості [35, 36]. Відсутність таких відмінностей з нашими дослідженнями свідчать про те, що запропоновані нами види раціонів вигодівлі личинок не призводить до негативних наслідків втрати енергетичних ресурсів і дозволяють накопичувати живу біомасу личинок з високим вмістом поживних речовин.

Повідомляється багато прикладів запропонованих поживних середовищ для лабораторного утримання популяцій мухи *Hermetia Illucens* L. [24, 36]. Проте, ми адаптували сапрофага саме на широковідомих субстратах котрі притаманні для нашого регіону. Наші дослідження показали, загальні закономірності засвоєння поживних речовин у популяції мухи. Власне личинки сапрофага на запропонованих нами субстратах характеризувалися високою життєздатність, цей показник коливався в межах 84 – 98 %, що свідчить про здатність виду розвиватись на дієтах з низьким вмістом поживних речовин. Проте, спостерігались зміни у тривалості розвитку та накопичені маси личинок у порівнянні зі збалансованим субстратом. Так, найбільший приріст біомаси визначався у субстраті із зернових культур (висівки, шроти, комбікорма), ймовірно, такий ефект спричинив комбінований вміст білку та вологи (згідно даних дієта ПВ містить 15,6 г/100г білок).

Проте, безпечність харчових продуктів у всьому світі регулюється правовими нормами. Прикладом, країни ЄС у цьому відношенні мають більш суворі правила щодо комах в якості нових харчових ресурсів. За їхнім регламентом сировина має бути досліджена у всіх аспектах і тільки тоді комаха може використовуватись у харчовому раціоні людини [37-40].

У подальшому наші дослідження будуть направленні на більш детальні та глибокі дослідження безпечності та ризиків щодо споживання біомаси личинок як дієтичної добавки до харчового раціону людей. А саме, санітарні показники (мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні організми), умовно-патогенні, патогенні, плісняві гриби та дріжджі, організми, які провокують псування продуктів, а також органолептичні показники та ін. Мікробіологічне аналізування дасть змогу оцінити якість біоматеріалу як сировини у харчових технологіях, а також виявити мікробіологічні чинники, які можуть негативно впливати на здоров'я людського організму.

Висновок. Підводячи підсумок можна констатувати, що популяції чорної львінки успішно адаптується та вирощується у країнах з помірно-континентальним кліматом, що дозволить її потенційно використовувати як джерело білку у харчових технологія людини. Біохімічний склад біомаси личинок наближається до показників м'ясних продуктів, це дає змогу використовувати її як дієтичну добавку. Не зважаючи, що на законадовчому рівні використання цієї сировини

у харчових раціонах людини не передбачено, проте саме наші подальші дослідження направлені вирішені цієї проблеми, адже сільськогосподарський сектор значно виріс за останні два десятиліття, як у землекористуванні, так і у виробництві продуктів харчування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Vovkotrub, V., Iakubchak, O., Vovkotrub, N., Shevchenko, L., Lebedenko, T., Holembovska, N., Pylypchuk, O., & Omelian, A. Quality and safety of pork meat after cooling and treatment with lactic starters. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 2024. 439–452. https://doi.org/10.5219/1954

2. Statkevych, O. I., Kolomiiets, Y. V., Holembovska, N. V., Israelian, V. M., Babycho A., Slobodyanyuk, N. M., Babytskiy, A. I., & Statkevych, A. O. Effects of nutrient medium on various-age larvae of Hermetia illucens (Diptera, Stratiomyidae). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(4), 2024. 907-911. https://doi.org/10.15421/0224131

3. Kruk, O., Ugnivenko, A., Nosevych, D., Antoniuk, T., Slobodyanyuk, N., Israelian, V., … & Naumenko, T. Beef quality and sensory traits in relation to subcutaneous fat color in dairy bulls. Scifood, 19, 2025. 327-342. https://doi.org/10.5219/scifood.35

4. Holembovska, N., Volkhova, T., Israelian, V., Statkevych, O., Dorozhko, V., Drozd, P., … & Tverezovska, N. Optimization of the recipe of cooked sausage products with the addition of cuttlefish liver, red caviar, and spelt flour. Scifood, 19, 2025. 376-393. https://doi.org/10.5219/scifood.46

5. Razanova, O. P., & Beznosyuk, A. M. Prospects for the use of meal from black lionfish larvae in pig feeding. Bulletin of the Sumy National Agrarian University (Animal Husbandry). Issue 1 (56). 2024. Pp. 91-99. https://doi.org/10.15673/gpmf.v22i1.2390

6. Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., & Jakubczyk, A. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. Food Research International, 77, 2015. 460-466. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008

7. Feng, Y., Chen, X. M., Zhao, M., He, Z., Sun, L., Wang, C. Y., & Ding, W. F., Edible insects in China: Utilization and prospects. Insect science, 25(2), 2018. 184-198. https://doi.org/10.1111/1744-7917.12449

8. Halloran, A., Flore, R., Vantomme, P., & Roos, N. Edible insects in sustainable food systems. Vol. 10, 2018. pp. 978-3. Cham: Springer. https://doi.org/10.3390/ijerph192214823

9. Metlitska, O.I., Melnychuk, S.D., Spiridonov, V.G. Insects – a source of nutrients and biologically active substances. Bulletin of Agrarian Science. Series: Livestock, Veterinary Medicine, 2017. pp. 29-35.

10. Salomone, R.; Saija, G.; Mondello, G.; Giannetto, A.; Fasulo, S.; Savastano, D. Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of life cycle assessment to process using Hermetia illucens. J. Clean. Prod. 2017. pp. 890–905. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.154

11. Cickova, H., Newton, G. L., Lacy, R. C. & Kozanek, M. The use of fly larvae for organic waste treatment. Waste Manag. 35, 2015. 68–80. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026

12. Sheppard, D.C., Newton, G.L., Thompson, S.A., Savage, S. A value-added manure management-system using the black soldier fly. Bioresour. Technol. *50*, 1994. pp. 275–279. https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90102-3

13. Spranghers, T.; Noyez, A.; Schildermans, K.; De Clercq, P. Cold hardiness of the black soldier fly (diptera: Stratiomyidae). J. Econ. Entomol. 2017, *110*, pp. 1501–1507. https://doi.org/10.1093/jee/tox142

14. Cullere, M.; Tasoniero, G.; Giaccone, V.; Acuti, G.; Marangon, A.; Dalle Zotte, A. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. Animal, 2017. 1–8. https://doi.org/10.1017/S1751731117001860

15. Evenhuis, N. L., & PAPE, T. Systema Dipterorum (version Nov 2024). In O. Bánki, Y. Roskov, M. Döring, G. Ower, D. R. Hernández Robles, C. A. Plata Corredor, T. Stjernegaard Jeppesen, A. Örn, T. Pape, D. Hobern, S. Garnett, H. Little, R. E. DeWalt, K. Ma, J. Miller, T. Orrell, R. Aalbu, J. Abbott, C. Aedo, et al., Catalogue of Life (Version 2024-12-19). Catalogue of Life, Amsterdam, Netherlands. https://doi.org/10.48580/dglq4-3bz

16. Judith, L. Capper, Sustainability and greenhouse gas emissions from beef production, Editor(s): Michael Dikeman, Encyclopedia of Meat Sciences (Third Edition), Elsevier, 2024. Pages 675-687b https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85125-1.00172-1.

17. Van Huis, A.; Van Itterbeeck, J.; Klunder, H.; Mertens, E.; Halloran, A.; Muir, G.; Vantomme, P. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy. 2013. p. 171.

18. Mlcek, J., Rop, J., Borkovcova, J. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe – a review. V. 64. № 3. 2014. P. 147–157. https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8

19. Fayaz, B., Fayaz, H. Prospectus of cultured meat – advancing meat alternatives. J. Food Sci. Technol. V. 48. 2011. P. 125–140.

20. Katayama, N., Ishikawa, Y., Takaoki, M. Entomophagy: A key to space agriculture. Adv. Space Res. V. 41. 2008. pp. 701–705. https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.01.027

21. Paoletti, M.G. Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails. Enfield. 2010. Science. 648 p.

22. Anankware, P.J., Fening, K.O., Osekre, E., Obeng-ofori, D. Insects as food and feed. International J. of Agricultural Research and Review. V. 3. № 1. 2015. pp. 143–151.

23. Myers, H. M., Tomberlin, J. K., Lambert, B. D., & Kattes, D. Development of black soldier fly larvae fed dairy manure. Environmental entomology, 37(1), 2008. pp. 11-15. https://doi.org/10.1093/ee/37.1.11

24. Scala, A., Cammack, J.A., Salvia, R. Rearing substrate impacts growth and macronutrient composition of *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) larvae produced at an industrial scale. *Sci Rep* 10, 2020. 19448. https://doi.org/10.1038/s41598-020-76571-8

25. Слободянюк Н.М., Голембовська Н.В., Менчинська А.А., Андрощук О.С., Тулуб Д.О. Технологія переробки риби. К.: ЦП «Компринт», 2018. – 264 с.

26. Tomberlin, J.K.; Van Huis, A.; Benbow, M.E.; Jordan, H.; Astuti, D.A.; Azzollini, D.; Banks, I.; Bava, V.; Borgemeister, C.; Cammack, J.A. Protecting the environment through insect farming as a means to produce protein for use as livestock, poultry, and aquaculture feed. J. Insects Food Feed, *1*, 2015. pp. 307–309. https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0098

27. Meyer-Rochow, V.B.; Chakravorty, J. Notes on entomophagy and entomotherapy generally and information on the situation in India in particular. Appl. Entomol. Zool, 48, 2013. pp. 105–112.

28. Hanboonsong, Y. Edible insects and associated food habits in Thailand. Forest insects as food: humans bite back, 173, 2010. pp. 182.

29. Defoliart, G.R.; Dunkel, F.V.; Gracer, D. The Food Insects Newsletter Volumes 1–13, 1988 through 2000: Chronicle of a Changing Culture Unabridged Collection of the Food Insects Newsletter; Aardvark Global Publishing Company, L.L.C.: Salt Lake City, UT, USA. 2009. p. 414.

30. Megido, R.C.; Sablon, L.; Geuens, M.; Brostaux, Y.; Alabi, T.; Blecker, C.; Drugmand, D.; Haubruge, É.; Francis, F. Edible insects acceptance by belgian consumers: Promising attitude for entomophagy development. J. Sens. Stud. 2014. 29, pp. 14–20. https://doi.org/10.1111/joss.12077

31. Wang, Y. S., & Shelomi, M. Review of black soldier fly (Hermetia illucens) as animal feed and human food. Foods, 6(10), 2017. p. 91. https://doi.org/10.3390/foods6100091

32. Shelomi, M. The meat of affliction: Insects and the future of food as seen in expo 2015. Trends Food Sci. Technol, *56*, 2016. pp. 175–179. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.08.004

33. Veldkamp, T.; Bosch, G. Insects: A protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. Anim. Front. *5*, 2015. pp. 45–50. https://doi:10.2527/af.2015-0019

34. Smetana, S., Palanisamy, M., Mathys, A., Heinz, V. Sustainability of insect use for feed and food: life cycle assessment perspective J. Clean. Prod., 137, 2016. pp. 741-751, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.148

35. Smetana, S., Mathys, A., Knoch, Heinz V. Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes. Int. J. Life Cycle Assess., 20, 2015. pp. 1254-1267, https://doi.org/10.1007/s11367-015-0931-6

36. Elhag, O., Zhou, D., Song, Q., Soomro, A. A., Cai, M., Zheng, L., … & Zhang, J. Screening, expression, purification and functional characterization of novel antimicrobial peptide genes from Hermetia illucens (L.). PloS one, 2017. 12(1), e0169582. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169582

37. Makkar, H, Tran, G, Heuzé, V and Ankers, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal feed science and technology, 197. 2014. pp. 1-33. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008

38. Gowe, C. Review on potential use of fruit and vegetables by-products as a valuable source of natural food additives. Food Sci. Qual. Manag. 45, 2015. pp. 47–61.

39. Knowles, T.; Moody, R.; Mceachern, M.G. European food scares and their impact on EU food policy. Br. Food J.109, 2007. pp. 43–67. https://doi.org/10.1108/00070700710718507

40. Siegrist, M. Factors influencing public acceptance of innovative food technologies and products. Trends Food Sci. Technol. 2008. 19, pp. 603–608. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.01.017

41. European Commission. Regulation (EU) 2017/893 of 24 May 2017 amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as regards the provisions on processed animal protein. 2017. Available online: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2017.138.01.0092.01.ENG&toc=OJ:L:2017:138:TOC (accessed on 12 May 2024).

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 636.4.087:636.085.6
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.26

ВПЛИВ ФЕРМЕНТНОЇ ДОБАВКИ НА ЗАБІЙНІ ТА М'ЯСНІ ПОКАЗНИКИ СВИНЕЙ НА ВІДГОДІВЛІ

***Войціцький О.В.** – аспірант кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій, Вінницький національний аграрний університет*
orcid.org/0000– 0001– 8703– 1480

У статті наведено результати дослідження впливу ферментної кормової добавки «Целозим» на забійні та м'ясні показники свиней на відгодівлі. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності використання кормів у свинарстві, покращення перетравності поживних речовин та оптимізації структурно-морфологічних характеристик туші. Метою дослідження було комплексне оцінювання дії ферментного препарату на основні виробничі показники, у тому числі на передзабійну масу, забійну масу, вихід туші, морфологічний склад та індекс м'ясності.

Дослід проведено на свинях однієї вікової групи, яких поділено на контрольну та три дослідні групи. Тварини дослідних груп отримували комбікорм, збагачений ферментною добавкою у різних дозах, тоді як свині контрольної групи перебували на базовому раціоні. За період відгодівлі реєстрували динаміку живої маси та загальний стан тварин. Після досягнення забійної кондиції було проведено забій і визначено масу парної та охолодженої туші, забійний вихід, а також площу «м'язового вічка». Морфологічний склад оцінювали за вмістом м'язової, жирової та кісткової тканин у туші, а також за виходом основних анатомічних відрубів.

Отримані результати свідчать, що включення ферментної добавки до раціону сприяло підвищенню передзабійної маси тварин, збільшенню маси охолодженої туші та покращенню виходу м'яса. У дослідних групах відмічено зростання площі «м'язового вічка» та індексу м'ясності, що вказує на покращення структурно-функціональних характеристик м'язової тканини під впливом ферментів. Використання ферментної добавки сприяло також оптимізації співвідношення м'язової та жирової тканин, зменшенню частки кісток та покращенню відтворення високоякісних відрубів. Статистично достовірні відмінності (P<0,05–0,001) підтверджують ефективність ферментного препарату у годівлі свиней.

Таким чином, застосування ферментної кормової добавки «Целозим» під час відгодівлі свиней забезпечує підвищення їх продуктивності та покращує м'ясні характеристики туші, що може бути рекомендовано для використання у промислових господарствах з метою підвищення економічної рентабельності виробництва.

***Ключові слова:** свині, ферментна добавка, відгодівля, забійні показники, морфологічний склад, м'ясність, туша.*

Voitsitskyi O.V. Influence of an Enzyme Additive on the Slaughter and Meat Indices of Fattening Pigs

The article presents the results of a study on the effect of the enzyme feed additive "Celozym" on the slaughter and meat characteristics of fattening pigs. The relevance of the research is determined by the need to improve feed efficiency, increase nutrient digestibility, and optimize the morphological structure of pig carcasses under modern industrial production conditions. The aim of the study was to conduct a comprehensive assessment of the enzyme preparation's influence on the main productive traits, including preslaughter weight, carcass weight, dressing percentage, carcass morphology, and meatiness indicators.

The experiment was carried out on pigs of the same age and productivity group, which were divided into a control and three experimental groups. Experimental pigs received compound feed

© Войціцький О.В., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

supplemented with different doses of the enzyme additive, whereas the control group was fed a basal diet. Throughout the fattening period, live weight gain and general health status were monitored. Upon reaching market weight, pigs were slaughtered and parameters such as warm and chilled carcass weight, dressing yield, and the area of the longissimus dorsi muscle ("muscle eye") were measured. Carcass morphology was evaluated by determining the proportions of muscle, fat, and bone tissues, as well as the yield of main anatomical cuts.

The results demonstrated that supplementation with the enzyme additive contributed to increased preslaughter and chilled carcass weight, improved meat yield, and enhanced carcass quality. Experimental groups showed larger muscle eye area and higher meatiness index, indicating an improvement in muscular tissue development under the action of exogenous enzymes. The additive also favorably influenced the muscle-to-fat ratio, reduced bone percentage, and increased the production of high-value cuts. Statistically significant differences ($P<0.05–0.001$) confirm the effectiveness of the enzyme supplement in pig feeding.

In conclusion, the use of the enzyme feed additive "Celozym" during the fattening period enhances productive performance and improves carcass quality traits in pigs, making it a promising tool for increasing efficiency and profitability in commercial swine production.

Key words: *pigs, enzyme additive, fattening, slaughter traits, carcass morphology, meatiness, carcass quality.*

Вступ. Ефективність відгодівлі свиней та формування високоякісних туш значною мірою залежить від повноцінного використання поживних речовин раціону. Одним із найбільш дієвих способів оптимізації годівлі є застосування ферментних кормових добавок, які сприяють поліпшенню перетравності білків, жирів і клітковини, інтенсифікують ріст тварин та позитивно впливають на якість м'ясної продукції. За даними зарубіжних досліджень, ферментні препарати здатні підвищувати прирости та покращувати показники туші, однак комплексна оцінка їх впливу на забійні властивості, морфологічний склад туші та вихід сортових відрубів все ще є недостатньо вивченою. У вітчизняній літературі також бракує робіт, що поєднують аналіз м'язової, жирової та кісткової часток із показниками м'ясності, площі м'язового вічка та товарної структури туші. Це визначає актуальність проведення даної роботи та зумовлює необхідність комплексного дослідження цього питання. Метою досліджень є встановлення впливу ферментної кормової добавки «Целозим» на забійні та морфологічні показники туші свиней на відгодівлі, включно з масою основних тканин, індексом м'ясності, площею м'язового вічка та виходом сортових відрубів.

Постановка проблеми. Сучасне свинарство потребує підвищення ефективності відгодівлі та одержання туш високої м'ясної якості при мінімальних витратах кормів. Одним із найперспективніших шляхів оптимізації годівлі є застосування ферментних кормових добавок, здатних покращувати перетравність білків, жирів і клітковини та посилювати використання поживних речовин раціону. Проте, незважаючи на численні дослідження, більшість із них охоплює лише загальні показники росту свиней та конверсію корму, тоді як комплексний вплив ферментних препаратів на забійні властивості, морфологічний склад туші, співвідношення м'язової, жирової й кісткової тканин, площу м'язового вічка, індекс м'ясності та вихід сортових відрубів залишається недостатньо вивченим.

У контексті зростаючих вимог до товарної якості м'ясної продукції та економічної ефективності виробництва така наукова прогалина є суттєвою. Саме тому актуальним постає завдання – встановити, якою мірою ферментна кормова добавка здатна покращувати структуру туші свиней і формувати їх м'ясну продуктивність, що має важливе значення як для наукових досліджень, так і для практики сучасного свинарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення ефективності відгодівлі свиней та покращення м'ясних якостей туш є ключовими завданнями сучасного тваринництва. Одним із перспективних напрямів є використання у раціонах ферментних та біологічно активних добавок, які забезпечують підвищення доступності поживних речовин, стимулюють ріст тварин, оптимізують конверсію корму та покращують якість продукції. Світові дослідження підтверджують, що застосування екзогенних ферментів у годівлі свиней сприяє підвищенню перетравності білка, жиру та клітковини, що позитивно позначається на загальній продуктивності та морфологічній будові туші.

Дослідження науковців [1] встановили, що додавання протеази спричинює зростання середньодобових приростів, підвищення перетравності протеїну та зменшення товщини жирової тканини у відгодівельних свиней.

Додавання протеази позитивно впливає на показники вирощування свиней. Зокрема, встановлено, що використання протеази, отриманої з *Pseudoalteromonas arctica*, у раціонах відгодівельних свиней забезпечує суттєве підвищення середньодобових приростів, покращення засвоєння протеїну та інших поживних речовин, а також сприяє оптимізації якості туші. Крім того, спостерігається зниження товщини жирової тканини та покращення деяких фізико-хімічних характеристик м'яса, що вказує на комплексну технологічну ефективність ферментної добавки [2].

Особливу увагу в останні роки приділяють комбінованим фітобіотичним та пребіотичним добавкам. Так, у дослідженн [3] продемонстрували, що поєднання каробового шроту, цикорію та пажитника призводить до збільшення площі «м'язового вічка» та підвищення м'ясності туші свиней. Цей результат є важливим для промислового свинарства, адже площа м'язового вічка є одним з найбільш інформативних показників м'ясної продуктивності.

Комплексні ферментні композиції також знаходять широке застосування. Встановлено, що поєднання ферментних препаратів із рослинними відходами (чайний жом) сприяє зростанню маси парної туші та підвищує вихід м'язової тканини. Автори пов'язують цей ефект із оптимізацією перетравності клітковини та поліпшенням кишкової мікробіоти [4]. Подібні тенденції описані в роботі A. Torres-Pitarch [5] та співавторів, де застосування карбогідрази підвищувало перетравність некрохмальних полісахаридів та сприяло кращому використанню енергії корму.

Цінну інформацію щодо впливу структури раціону на морфологічні особливості туші надають дослідження, присвячені альтернативним джерелам білка. Зокрема часткова або повна заміна соєвого шроту на мікроводорість спіруліну забезпечує зростання м'ясності туші, зменшення жирових відкладень та підвищення індексу м'ясності [6].

Ферментні добавки широко застосовують у свинарстві для підвищення перетравності поживних речовин, оскільки свині не здатні повністю розщеплювати некрохмальні полісахариди та інші антинутрієнти кормів. Використання ксиланаз, β-глюканаз, фітаз і протеаз сприяє кращому засвоєнню енергії та амінокислот, що позитивно впливає на прирости та конверсію корму. Дані літератури свідчать, що ферменти також можуть покращувати забійні та м'ясні показники – збільшувати масу туші, вихід м'якотних частин і зменшувати товщину жирової тканини. Це підкреслює їхню ефективність у підвищенні продуктивності відгодівельних свиней [7].

Робота Cebulska A. та колег [8] підтверджує аналогічні закономірності при використанні кормових бобових культур у раціоні. Це підкреслює важливість

корекції годівлі у формуванні морфологічних характеристик туші свиней.

Важливе місце у вивченні ролі ферментів у годівлі свиней займають оглядові аналітичні праці. Дані щодо впливу екзогенних ферментів на перетравність нутрієнтів та наочно продемонстрували, що ферменти здатні компенсувати обмеження рослинних компонентів кормів, знижувати в'язкість кормових мас та покращувати доступність поживних речовин. Проте автори зазначають, що більшість досліджень зосереджені на ростових параметрах, а вплив ферментних препаратів на забійні та морфологічні показники тіла оцінено недостатньо [7, 9, 10]

Дослідження науковців підтверджують, що кормові стимулятори та ферменти мають позитивний вплив на загальну продуктивність і базові забійні характеристики, однак вони майже не містять даних щодо сортового розрубу, співвідношення м'яса, сала та кісток, а також площі м'язового вічка [11, 12].

Так, І.І. Ібатуллін, та колеги у своїх численних роботах з годівлі свиней зазначають, що застосування ферментних препаратів дозволяє підвищувати перетравність клітковини, покращувати використання енергії кормів та зменшувати витрати на відгодівлю. Вони підкреслюють, що саме недоступність частини поживних речовин у традиційних раціонах свиней спричиняє недоотримання продуктивності – це безпосередньо підсилює актуальність ферментних добавок [13].

Дослідження українських учених М.О. Мазуренка, В.А. Болоховської та А.В. Гуцола довели, що введення ферментних препаратів у раціони свиней сприяє підвищенню передзабійної маси, покращенню інтенсивності росту й оптимізації морфологічного складу туші. Автори відзначають, що ферменти найбільше впливають на використання білка та енергії корму, що збігається з висновками сучасних зарубіжних досліджень [14, 15].

У роботах О.О. Мисенко та інших вітчизняних науковців простежується чітка тенденція: корекція годівлі (зокрема шляхом ферментних, пробіотичних або фітогенних добавок) сприяє зростанню м'ясності туш, збільшенню частки найдорожчих відрубів та зменшенню жирових відкладень [16].

Таким чином, як вітчизняні, так і зарубіжні дослідження підтверджують, що хоча кормові та ферментні добавки активно використовуються у свинарстві і достовірно підвищують продуктивність, питання їхнього комплексного впливу на забійні показники, морфологічний склад туші, індекс м'ясності та вихід сортових відрубів вивчене неповною мірою. Саме це формує важливу наукову проблему, яку спрямоване вирішити представлене дослідження.

Метою дослідження є комплексна оцінка впливу ферментної кормової добавки «Целозим» на забійні, морфологічні та м'ясні показники свиней на відгодівлі з визначенням її ефективності у формуванні структури туші та якості м'ясної продукції.

Методика досліджень. Дослідження проводили на свинях однієї вікової та продуктивної групи, яких розподілили на контрольну та три дослідні групи. У раціони тварин дослідних груп вводили ферментну кормову добавку «Целозим» у різних дозах, тоді як контрольна група отримувала базовий раціон без ферменту. Протягом відгодівлі реєстрували динаміку живої маси, споживання корму та клінічний стан тварин.

Після досягнення забійної кондиції проводили контрольний забій, визначали передзабійну й забійну масу, масу парної та охолодженої туші, забійний і товарний вихід. Морфологічний склад туші оцінювали за співвідношенням м'язової, жирової та кісткової тканин. Площу «м'язового вічка» вимірювали за стандартною методикою шляхом розтину довгого м'яза спини.

Отримані дані опрацьовували методами варіаційної статистики з використанням показників середнього значення та його похибки; достовірність різниць визначали за рівнями значущості $P<0,05$; $P<0,01$; $P<0,001$.

Виклад основного матеріалу. Для оцінювання ефективності застосування ферментної кормової добавки у годівлі свиней на відгодівлі нами проведено комплексне дослідження забійних та м'ясних показників тварин. Аналіз фізіологічних параметрів перед забоєм, масо-енергетичних характеристик туші та структурних елементів морфологічного складу дає можливість об'єктивно визначити рівень впливу ферментної добавки на формування продуктивності та якісні показники м'ясної сировини.

У подальшому викладенні наведено результати визначення основних забійних параметрів, які включають передзабійну масу, забійну масу, масу парної та охолодженої туші, забійний вихід і вихід туші. Дані щодо цих показників подано в таблиці 1, що відображає порівняльну характеристику контрольної та дослідних груп тварин.

Таблиця 1

Забійні та морфологічні показники свиней

Показник	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Передзабійна маса, кг	110,3±0,25	116,0±0,30*	119,2±0,23***	122,0±0,21***
Забійна маса, кг	79,4±2,35	83,3±2,03***	85,8±1,33*	87,0±1,08*
Маса парної туші, кг	76,9±3,10	80,5±2,75	83,2±2,44	85,3±5,13
Забійний вихід, %	72,0±1,95	71,8±1,57	72,0±1,95	71,3±4,57
Вихід туші, %	69,7±0,83	69,4±2,50	69,8±2,05	69,9±4,94
Маса голови, кг	6,15±0,32	6,19±0,15	6,25±0,23	6,28±0,53
Маса охолодженої туші, кг	75,8±3,13	79,3±2,34	82,0±2,03	84,8±5,35

Дані табл. 1 даних свідчить, що згодовування ферментної кормової добавки справило суттєвий позитивний вплив на формування забійних показників піддослідних тварин. Передзабійна маса свиней достовірно зростала відповідно до рівня застосування добавки: у тварин 2-ї, 3-ї та 4-ї дослідних груп вона була вищою на 5,7; 8,9 та 11,7 % порівняно з контролем ($p\leq0,05–0,001$). Це свідчить про більш інтенсивне нагромадження живої маси в процесі відгодівлі за рахунок покращення перетравності та використання поживних речовин.

Подібна тенденція простежується і щодо забійної маси. У 2-й групі приріст відносно контролю становив 4,9 %, у 3-й – 8,1 %, а в 4-й – 9,6 %, причому різниця має статистичне підтвердження ($p\leq0,05–0,001$). Отримані результати вказують на підвищення продуктивності відгодівельних свиней на тлі використання ферментної добавки.

Показники маси парної туші демонструють аналогічну закономірність: приріст цього параметра у 2-й, 3-й та 4-й групах становив відповідно 4,7; 8,2 та 11,0 % порівняно з контрольною. Незважаючи на те, що різниця не в усіх випадках була статистично значущою, встановлена динаміка є стабільною і підтверджує загальну тенденцію до збільшення маси туші під впливом ферментного комплексу.

Забійний вихід у тварин усіх груп залишався на одному рівні (71,3–72,0 %), що свідчить про відсутність істотного впливу добавки на співвідношення основних тканин туші на момент забою. Подібну стабільність спостережено і щодо виходу туші (69,4–69,9 %). Це означає, що збільшення масових показників туші зумовлене саме приростом живої маси, а не зміною структурного складу.

Маса голови та маса охолодженої туші зростали пропорційно до загальної живої маси тварин, що також підтверджує ефективність використаних ферментних препаратів. Порівняно з контролем, у 4-й групі маса охолодженої туші була вищою на 9,9 %, що узгоджується з тенденцією, встановленою за іншими параметрами.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що введення ферментної добавки до раціону свиней сприяло покращенню їхніх забійних показників завдяки оптимізації процесів травлення та підвищенню біологічної доступності компонентів корму. Найвищі результати отримані у 3-й та 4-й дослідних групах, що вказує на дозозалежну ефективність ферментного препарату.

Подальший етап дослідження був спрямований на оцінювання морфологічного складу туші свиней, оскільки саме співвідношення м'язової, жирової та кісткової тканин є ключовим показником м'ясної продуктивності та визначає товарну цінність свинини. Вивчення цих параметрів дозволяє комплексно оцінити вплив ферментної добавки не лише на приріст живої маси, але й на якісний склад туші, що має суттєве значення для виробництва м'ясної сировини. Основні результати морфологічного аналізу наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Морфологічні показники туші свиней

Показник	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Товщина шпику, мм	20,8±0,39	23,2±1,34	23,5±0,83	24,8±0,25
Внутрішній жир, кг	1,63±0,22	1,68±0,13	1,70±0,09	1,71±0,11
Площа «м'язового вічка», $см^2$	35,8±0,72	36,0±0,53	36,8±0,42	38,3±0,19*
Маса м'яса, кг	42,4±5,26	44,5±3,25	46,7±2,87	49,2±3,20
Вихід м'яса, %	55,95	56,13	56,95	58,05
Маса сала, кг	23,3±2,72	24,5±1,85	26,4±2,95	27,1±4,25
Вихід сала, %	30,72	30,95	32,15	31,94
Маса кісток, кг	10,1±0,95	10,3±2,43	8,9±2,35	8,5±0,15
Вихід кісток, %	13,33	12,92	10,90	10,03
Індекс м'ясності	4,19	4,36	5,25*	5,79*

Аналіз даних табл. 2 свідчить, що введення ферментної добавки до раціону свиней сприяло помітному покращенню морфологічних характеристик туші. Одним із важливих показників є товщина шпику, оскільки цей параметр використовується для оцінки вгодованості та м'ясності тварин. Товщина шпику у дослідних групах збільшувалася відповідно до рівня ферментної добавки і в 4-й групі була на 19,2 % більшою, ніж у контролі. Це може бути пов'язано з активізацією ліпідного обміну та покращенням засвоєння енергії корму.

Показники внутрішнього жиру змінювалися незначно, що свідчить про стабільність цього компонента туші і відсутність надмірного нагромадження жирової тканини під впливом ферментної добавки. Така рівномірність може бути наслідком спрямованої дії ферментів на перетравність структурних компонентів корму, без стимулювання надлишкового ліпогенезу.

Важливим інтегральним показником є площа «м'язового вічка», що характеризує розвиток найдовшого м'яза спини та корелює з загальною м'ясністю туші. У піддослідних групах зареєстровано стабільне зростання цього показника: від 36,0 см² у 2-й групі до 38,3 см² у 4-й, що на 7,0 % перевищує контроль. У 4-й групі різниця була статистично достовірною ($p \leq 0,05$), що свідчить про покращене протеїнове забезпечення та більш ефективний синтез м'язової тканини.

Маса м'яса у тушах дослідних тварин також зростала пропорційно дозі ферментного препарату. Порівняно з контрольною групою, тварини 3-ї та 4-ї груп мали вищу масу м'яса на 10,1 % і 16,0 % відповідно. Вихід м'яса у відсотковому співвідношенні зростав від 55,95 % у контролі до 58,05 % у 4-й групі, що свідчить про зростання частки м'язової тканини в структурі туші.

Маса сала та вихід сала демонстрували тенденцію до зростання, що свідчить про дещо інтенсивніший розвиток жирової тканини за умов використання ферментів. Проте співвідношення між м'язовою і жировою тканиною зберігалося оптимальним, що підтверджується зменшенням маси та відсоткової частки кісткової тканини у 3-й та 4-й групах. У 4-й групі вихід кісток зменшився на 24,7 % порівняно з контролем, що вказує на підвищення м'ясності туші.

Завершальним інтегральним показником є індекс м'ясності. У контролі він становив 4,19, тоді як у 3-й та 4-й дослідних групах – 5,25 та 5,79 відповідно. Це на 25,4 % і 38,2 % більше за контроль, що наочно демонструє значний позитивний вплив ферментної добавки на морфологічні параметри.

Для більш повної оцінки впливу ферментної добавки на м'ясну продуктивність свиней проведено аналіз сортового складу туші та виходу основних анатомічних частин. Оцінювання маси м'яса різних гатунків, співвідношення між першим і другим гатунком, а також виходу основних відрубів дозволяє більш детально охарактеризувати формування товарної цінності туші та структуру м'ясної сировини під впливом ферментної кормової добавки. Узагальнені результати подано в табл. 3, вони відображають зміни сортовості туші та виходу відрубів залежно від рівня ферментної добавки в раціоні.

Аналіз отриманих даних свідчить про чітку позитивну тенденцію щодо збільшення маси охолодженої туші та її складових за умов застосування ферментної добавки. Маса охолодженої туші у піддослідних групах зростала поступово: на 4,6 % у 2-й групі, на 8,2 % у 3-й та на 11,9 % у 4-й групі порівняно з контролем. Це узгоджується з динамікою живої маси та забійних показників, підтверджуючи кращу реалізацію поживних речовин за наявності ферменту.

Показники маси м'яса першого гатунку демонструють аналогічну закономірність: приріст становив 5,2 % у 2-й групі, 9,4 % – у 3-й та 13,6 % – у 4-й групі. Відповідний відсоток першого гатунку також поступово підвищувався від 84,26 % у контролі до 85,6 % у 4-й групі, що свідчить про збільшення частки високоцінних м'ясних тканин у структурі туші. Частка другого гатунку, навпаки, зменшувалася, що є індикатором покращення загальної якості туші.

Особливо показовими є зміни у виході основних відрубів. Масу лопаткової частини у дослідних групах підвищено на 3,5–6,8 %, що може бути пов'язано зі збільшенням розвитку мускулатури передньої частини туші. Спинний відруб

демонструє рівномірний приріст у всіх дослідних групах (до 12,3 % у 3-й групі), що свідчить про стимулювання росту найдовшого м'яза спини – одного з ключових елементів м'ясної продуктивності.

Таблиця 3

Сортовий розруб туші

Показник	Група			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Маса туші охолодженої, кг	75,8±3,13	79,3±2,34	82,0±2,03	84,8±5,35
Перший гатунок, кг	63,9±2,56	67,2±2,96	69,9±1,97	72,6±3,52
%	84,26	84,5	85,2	85,6
Другий гатунок, кг	11,93±0,15	12,0±0,22	12,13±0,20	12,21±0,24
%	15,74	15,19	14,84	14,40
Вихід відрубів				
Лопатковий, кг	26,95±0,58	27,89±1,25	28,46±0,36	28,79±1,25
Спинний, кг	6,97±1,25	7,51±0,95	7,82±1,75	7,83±1,03
Поперековокрижовий, кг	3,90±0,72	4,49±0,83	4,77±0,93	4,84±0,90
Грудинка, кг	3,38±0,95	3,61±0,48	4,75±0,53	5,50±1,25
Окорок, кг	28,84±1,25	30,14±2,55	30,62±2,4	32,33±1,25
Рулька, кг	2,78±0,13	2,75±0,25	2,70±0,10	2,65±0,19
Голяшка, кг	2,96±0,10	2,91±0,17	2,91±0,25	2,87±0,20

Поперековокрижовий відруб, який характеризує розвиток задньої частини туші, також збільшувався залежно від рівня ферменту, досягаючи максимального підвищення у 4-й групі (на 24,1 % порівняно з контролем). Істотне збільшення маси грудинки – на 6,8 %, 40,5 % та 62,7 % у 2-й, 3-й і 4-й групах відповідно – свідчить про інтенсивніший розвиток м'язо-жирового комплексу цієї частини туші.

Окорок – найцінніша частина туші – мав найбільші прирости: на 4,5 %, 6,2 % і 12,1 % відповідно у дослідних групах. Така закономірність підтверджує ефективність ферментної добавки у стимулюванні розвитку задньої частини тіла, що визначає загальну товарну якість туші.

Менш виражені, але закономірні зміни спостерігалися для рульки та голяшки: їх маса дещо зменшувалася від 1-ї до 4-ї груп, що свідчить про перерозподіл масоенергетичних ресурсів на користь більш цінних відрубів.

Узагальнюючи, можна зробити висновок, що застосування ферментної кормової добавки призвело до покращення сортового складу туші, підвищення маси найцінніших відрубів та зменшення частки другорядних частин. Найбільш виражений ефект відмічено у 3-й та 4-й групах, що вказує на дозозалежну дію ферментного препарату та підтверджує його доцільність у годівлі свиней на відгодівлі.

Порівняльна діаграма показує, що найбільшу частку в структурі туші в усіх групах займає окорок – від 37,34 до 38,11 %, причому його вихід дещо зростає у 4-й дослідній групі. Це свідчить про покращення розвитку задньої частини туші, яка є найбільш м'ясною та цінною у товарному відношенні.

Лопатковий відруб демонструє поступове зниження частки – від 35,55 % у контролі до 33,95 % у 4-й групі. Це може бути зумовлено тим, що при оптимізації перетравності поживних речовин енергія переважно спрямовується на

інтенсивніший розвиток задньої та вентральної частини туші (окорок, грудинка), що підтверджується їх приростами.

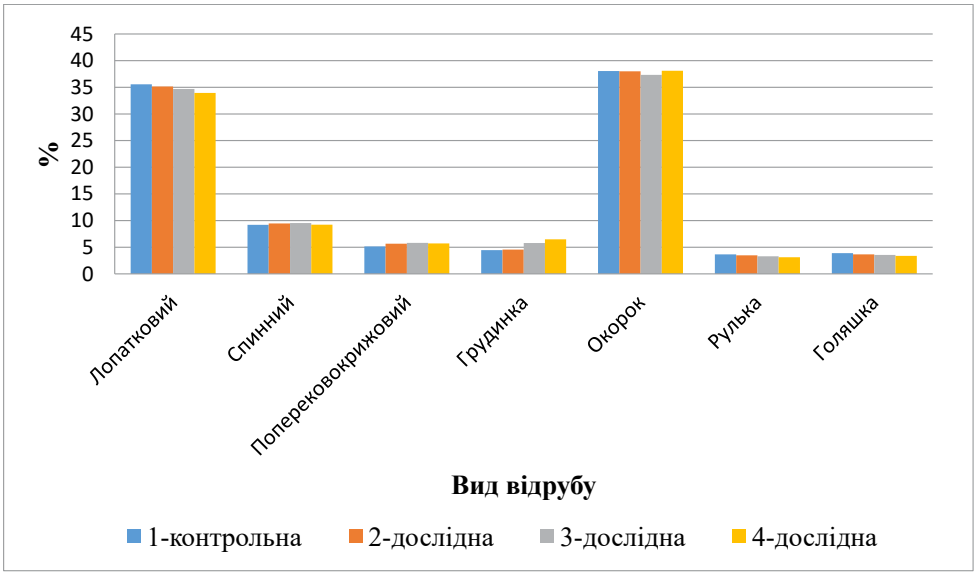


Рис. 1. Вихід основних відрубів, %

Спинний відруб, навпаки, демонструє незначне зростання у 2-й та 3-й групах (до 9,54 %), що свідчить про покращений розвиток найдовшого м'яза спини. Це узгоджується з даними морфологічного складу щодо збільшення площі «м'язового вічка».

Поперековокрижовий відруб стабільно зростає в дослідних групах, максимального значення досягаючи у 3-й групі (5,82 %). Це є важливим показником покращення м'ясності задньої частини туші.

Особливо виражені зміни спостерігаються для грудинки: її частка зростає від 4,46 % у контролі до 6,49 % у 4-й групі (+45,5 %). Активніше формування цієї частини туші пов'язане зі збільшенням як м'язової, так і жирової тканини та свідчить про високу енергетичну забезпеченість тварин.

Для рульки та голяшки відзначено поступове зниження частки в структурі туші. Це є наслідком загального перерозподілу тканин на користь м'язових відрубів та збільшення виходу високоякісних частин.

Висновки. Дослідження показало, що застосування ферментної кормової добавки у відгодівлі свиней сприяє достовірному збільшенню передзабійної та забійної маси, а також зростанню маси парної й охолодженої туші. Найбільш виражений ефект спостерігався у тварин 3-ї та 4-ї дослідних груп, що свідчить про дозозалежну біологічну активність ферментного препарату. Водночас забійний вихід залишався стабільним, що вказує на те, що підвищення масових показників відбувалося без суттєвих змін у базовому структурному складі туші.

Покращення морфологічних характеристик підтверджено підвищенням маси м'яса та зниженням частки кісткової тканини, що забезпечило зростання загальної

м'ясності туші. Під впливом ферментної добавки збільшувався вихід цінних анатомічних частин – грудинки, поперековокрижового відрубу та окорока, що значно підвищує товарну цінність туші. Зростання індексу м'ясності до 5,79 у 4-й дослідній групі порівняно з 4,19 у контролі підтверджує покращення розвитку м'язової тканини та ефективність ферментного препарату у формуванні високоякісної м'ясної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Lee, J.J., Choe, J., Kang, J., Cho, J.H., Park, S., Perez-Maldonado, R., Cho, J.Y., Park, I.-H., Kim, H.B., Song, M. Dietary protease improves growth rate and protein digestibility of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science and Technology*. 2020. Vol. 62(3). P. 313–320. DOI: https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.3.313

2. Liu, X., Yin, J., Kim, I.H. Effect of protease derived from Pseudoalteromonas arctica supplementation on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, noxious gas emission and blood profiles in finishing pigs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2019. Vol. 103(6). P. 1926–1933. DOI: 10.1111/jpn.13202

3. Juhász, Á., Molnár-Nagy, V., Bata, Z., Tso, K.H., Posta, K. Phytobiotic-Prebiotic Feed Additive Containing a Combination of Carob Pulp, Chicory, and Fenugreek Improve Growth Performance, Carcass Traits, and Fecal Microbiota of Fattening Pigs. *Animals*. 2023. Vol. 13(23). 3621. DOI: https://doi.org/10.3390/ani13233621

4. Yang, R., Li, Y., Lei, Z., et al. Dietary supplementation with complex enzymes and tea residue improved the production efficiency of Xiangling pigs. *Animals*. 2025. Vol. 15(9). 1229. DOI: https://doi.org/10.3390/ani15091229

5. Torres-Pitarch, A., Manzanilla, E.G., Gardiner, G.E., O'Doherty, J.V. Effect of cereal soaking and carbohydrase enzyme supplementation on nutrient digestibility and growth performance in grow-finish pigs. *Scientific Reports.* 2020. Vol. 10. 1236. DOI: 10.1038/s41598-020-57668-6

6. Don, G., Giannuzzi, D., Toscano, A., Schiavon, S., Gallo, L. Growth performance and carcass traits of growing and finishing pigs fed diets with a partial to total replacement of soybean meal with Spirulina powder. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2025. Vol. 16. 77. DOI: https://doi.org/10.1186/s40104-025-01197-7

7. Sureshkumar, S., Jungwon, Y., Kim, I.H. Optimising nutrient utilisation in swine diets: The role of enzyme supplementation in alternative and traditional feedstuffs – A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2025. Vol. 34(1). P. 45–60. DOI: https://doi.org/10.22358/jafs/196815/2025

8. Cebulska, A., Jankowiak, H., Nevrkla, P., Weisbauerova, E. Fattening results and carcass quality of growing finishing pigs fed a mixture with different proportions of legume seeds. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2025. Vol. 34(2). P. 209–216. DOI: https://doi.org/10.22358/jafs/193035/2024

9. Войціцький О.В., Новгородська Н.В. Ферменти та їх застосування в раціонах свиней. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2023. Т. 25. № 98. С. 77–82. DOI: https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

10. Новгородська Н.В., Фабіянська О.Л. Використання ферментних препаратів у годівлі свиней. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2022. Т. 24. № 97. С. 70–75. DOI: 10.32718/nvlvet-a9712 https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture

11. Thacker, P.A., Haq, I. Effect of enzymes, flavour and organic acids on nutrient digestibility, performance and carcass traits of growing–finishing pigs fed diets containing dehydrated lucerne meal. *J. Sci. Food Agric.* 2009. Vol. 89(1): 101-108. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.3415

12. Olayeni, T.B. Rafiu, T.A. Adedoja, M.A. Adedoja, S.A. Growth performance and carcass traits of weaner pigs fed diets supplemented with varying levels of wonderful kola (*Buchholzia coriacea*). 2022. Vol. 12(1), pp. 69-74.

13. Ібатуллін І.І., Мельник Ю.Ф., Отченашко В.В.,та ін. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин: навчальний посібник. К.: 2015. 422 с.

14. Мазуренко М. О., Ремінний О. І., Болоховський В. В. Вплив згодовування ферментного препарату МЕК-БТУ-3 на м'ясо-сальні показники свиней. Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: зб. наук. праць ХДЗВА. 2007. Вип. 15. Т. 1. Ч. 1. С. 79 – 84.

15. Гуцол А. В., Гуцол Н. В. Використання міновіту при виробництві свинини. Корми і кормовиробництво. 2010. № 67. С. 183–187.

16. Мисенко, О. О. Продуктивність та морфологічні показники туші свиней за різних рівнів протеїну в раціоні. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 3. С. 72–75.

Дата першого надходження рукопису до видання: 12.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 636.7:159.9:612.8
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.27

ПОВЕДІНКОВА ТА РОБОЧА РЕАКТИВНІСТЬ СЛУЖБОВИХ ПОРІД СОБАК У ПРОЦЕСІ КОРОТКОТРИВАЛОГО ТРЕНУВАЛЬНОГО ЦИКЛУ

Ведмеденко О.В. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри технологій виробництва та переробки сільськогосподарської продукції імені В.Г. Пелиха,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0001-8091-9516
Шнайдер С.Л. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри ветеринарії, гігієни та розведення тварин імені В.П. Коваленка,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0007-4492-3164
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 сучасних умовах актуальним є науково обґрунтоване вдосконалення підготовки службових собак з урахуванням їхніх породних і функціональних особливостей. Ефективність службового використання собак визначається рівнем адаптації до тренувального навантаження, якістю взаємодії з провідником, стабільністю мотивації та емоційною врівноваженістю, що зумовлює необхідність дослідження динаміки їхньої поведінкової й робочої реактивності.

Метою дослідження було здійснити порівняльний аналіз змін поведінкових і робочих характеристик німецької вівчарки, бельгійської вівчарки малінуа та середньоазіатської вівчарки впродовж 10-денного тренувального циклу. Зазначені породи різняться типом вищої нервової діяльності, орієнтацією на людину та функціональним призначенням, що дало змогу оцінити вплив породної належності на перебіг адаптаційних процесів. Оцінювання проводили за комплексом показників, що включав рівень упевненості, контакт з провідником, мотивацію (харчову та ігрову) та емоційний стан, виражений шкалою «збудженість/млявість». Установлено, що всі досліджувані породи демонстрували загальну позитивну динаміку адаптації до тренувального процесу, однак темп і вираженість змін істотно відрізнялися.

Німецька вівчарка характеризувалася збалансованим зростанням упевненості, поступовим покращенням контакту з провідником і стабільною мотивацією, що забезпечувало формування оптимального робочого стану на 6–8-й день тренувань. Бельгійська вівчарка малінуа вирізнялася найвищою швидкістю адаптації, інтенсивним зростанням керованості та мотиваційної активності й швидким зниженням емоційної напруженості після початкової фази навчання. Середньоазіатська вівчарка відзначалася повільнішим, але стабільним формуванням робочих навичок, високою стресостійкістю та відносною автономністю, що відповідає її охоронному функціональному типу.

Отримані результати підтверджують визначальну роль породних особливостей у формуванні робочої реактивності службових собак та обґрунтовують доцільність диференційованого підходу до організації тренувального процесу з метою оптимізації програм їх підготовки.

Ключові слова: *службові собаки; поведінкова реактивність; робоча реактивність; адаптація до тренувань; мотивація; емоційний стан; контакт з провідником; породні особливості.*

© Ведмеденко О.В., Шнайдер С.Л., Карпенко О.В., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Vedmedenko O.V., Shnaider S.L., Karpenko O.V. Behavioral and working reactivity of service dog breeds during a short-term training cycle

In modern conditions, it is relevant to scientifically substantiate the improvement of service dog training, taking into account their breed and functional characteristics. The effectiveness of service dog utilization is determined by their level of adaptation to training loads, the quality of interaction with their handler, the stability of motivation, and emotional balance, which necessitates the study of the dynamics of their behavioral and working reactivity.

The aim of the study was to conduct a comparative analysis of changes in behavioral and working characteristics of the German Shepherd, Belgian Malinois Shepherd, and Central Asian Shepherd Dog over a 10-day training cycle. These breeds differ in the type of higher nervous activity, orientation towards humans, and functional purpose, which allowed for an assessment of the influence of breed on the course of adaptation processes. Evaluation was carried out using a set of indicators that included the level of confidence, contact with the handler, motivation (food and play), and emotional state expressed on the "arousal/lethargy" scale. It was established that all studied breeds demonstrated a general positive dynamics of adaptation to the training process; however, the rate and intensity of changes differed significantly.

The German Shepherd was characterized by balanced growth in confidence, gradual improvement in contact with the handler, and stable motivation, which led to the formation of an optimal working state on the 6th–8th day of training. The Belgian Malinois Shepherd stood out for its highest speed of adaptation, intensive growth in controllability and motivational activity, and a rapid decrease in emotional tension after the initial learning phase. The Central Asian Shepherd Dog was noted for slower but stable formation of working skills, high stress resistance, and relative autonomy, which corresponds to its guarding functional type.

The obtained results confirm the decisive role of breed-specific characteristics in shaping the working reactivity of service dogs and substantiate the need for a differentiated approach to training organization in order to optimize training programs.

Key words: *service dogs; behavioral reactivity; working reactivity; training adaptation; motivation; emotional state; handler contact; breed characteristics.*

Постановка проблеми. Ефективність службових собак визначається рівнем сформованості їхніх поведінкових і робочих реакцій, що залежать від породних особливостей, мотивації та адаптаційних можливостей. Застосування уніфікованих тренувальних програм без урахування породної специфіки може знижувати керованість і викликати емоційне перенапруження. Недостатність порівняльних даних обумовлює потребу в аналізі динаміки поведінкових і робочих показників різних порід для обґрунтування диференційованих підходів до їх підготовки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження поведінки службових собак поєднують етологію, когнітивну психологію та прикладну кінологію й зосереджуються на механізмах навчання та розробці стандартизованих методів оцінки емоційної реактивності. Їх метою є підвищення ефективності тренувальних програм, урахування породних і індивідуальних особливостей та зменшення відсіву. Показник «страх/реактивність» розглядають як стабільний предиктор успішності підготовки, що обґрунтовує необхідність ранньої поведінкової оцінки [1].

Дослідження показують, що стійкість сформованої поведінки до змін (наприклад, навичок, здобутих під час тренування) залежить від історії посилень. Врахування закономірностей поведінкової інерції дозволяє зміцнювати бажані реакції та зменшувати небажані, оптимізуючи тренувальну стратегію службових собак [2]. Оглядові роботи підкреслюють значення психобіологічних факторів – темпераменту, мотивації та стресової реактивності – для успішного навчання та виконання службових завдань, а також важливість індивідуальних особливостей поведінки, рівня збудження, мотивації та взаємодії з тренером для формування міцного робочого фундаменту [3]. Сучасні дослідження показують, що вивчення поведінкової реактивності службових собак потребує комплексної оцінки темпераменту,

мотивації, методів навчання та взаємодії з провідником. Поєднання теоретичних концепцій і емпіричних даних підвищує ефективність тренувальних програм та їх адаптацію до різних порід, що актуально для сільськогосподарського, охоронного та патрульного використання собак. Незважаючи на наявні дослідження [4, 5], порівняльна динаміка формування поведінкової та робочої реактивності різних порід у короткотривалих циклах недостатньо вивчена, особливо щодо змін упевненості, контакту з провідником, мотивації та емоційного стану, що ускладнює наукове обґрунтування оптимальних режимів навантаження.

Постановка завдання. Службові породи собак відрізняються темпами адаптації, керованістю, мотивацією та стресостійкістю, що визначає ефективність їх практичного використання. У зв'язку з цим актуальним є порівняльне дослідження динаміки поведінкових і робочих реакцій різних порід у процесі систематичних тренувань. Метою дослідження було порівняти зміни поведінкової та робочої реактивності німецької вівчарки, бельгійської вівчарки малінуа та середньоазіатської вівчарки протягом 10-денного тренувального циклу. Для досягнення мети передбачено такі завдання: оцінити динаміку рівня впевненості собак як показника адаптації; проаналізувати зміни контакту з провідником як індикатора керованості та ефективності взаємодії; визначити особливості формування і стабільності мотиваційної реакції (харчової та ігрової); дослідити зміни емоційного стану (збудженість/млявість) упродовж тренувального циклу; порівняти адаптаційні та робочі можливості досліджуваних порід з урахуванням їхніх породних особливостей. Отримані результати мають практичне значення для оптимізації тренувальних програм службових собак та обґрунтування диференційованих підходів до дресирування залежно від породної специфіки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз поведінкової й робочої реактивності службових собак дає змогу оцінити їхню придатність до спеціалізованих завдань. Порівняльні дані німецької вівчарки за 10 днів тренувань свідчать про чітку адаптацію до навчального процесу та посилення контакту з провідником. За даними табл. 1 і рис. 1, усі показники змінювалися з різною інтенсивністю, однак їх загальна динаміка свідчить про формування стабільних навичок, зростання впевненості та врівноваження емоційного стану.

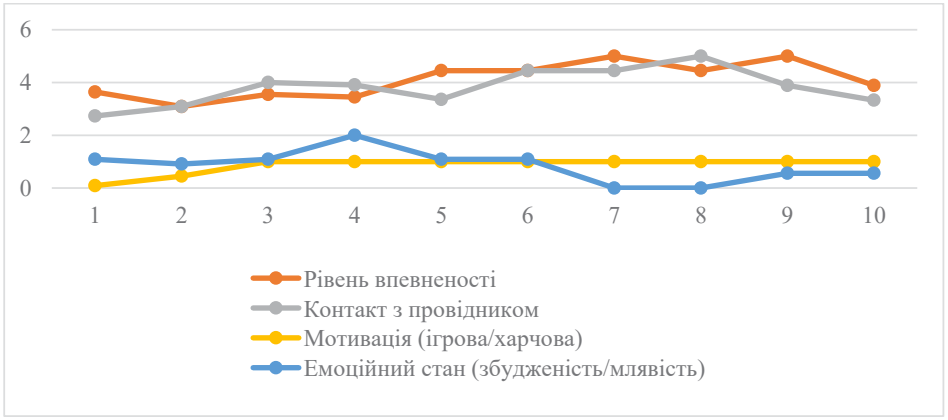


Рис. 1. Динаміка загальної поведінкової й робочої реактивності німецької вівчарки протягом 10-денного тренувального циклу

Таблиця 1

Загальна поведінкова й робоча реактивність німецької вівчарки

День тренувань	Рівень впевненості (1-5 балів)	Контакт з провідником (1-5 балів)	Мотивація (ігрова/харчова)	Емоційний стан (збудженість/млявість)
1	3,64±0,31	2,73±0,36	0,09±0,09	1,09±0,31
2	3,09±0,31	3,09±0,31	0,45±0,16	0,91±0,31
3	3,55±0,16	4,00±0,00	1,00±0,00	1,09±0,31
4	3,45±0,16	3,91±0,31	1,00±0,00	2,00±0,00
5	4,45±0,16	3,36±0,47	1,00±0,00	1,09±0,31
6	4,45±0,16	4,45±0,16	1,00±0,00	1,09±0,31
7	5,00±0,00	4,45±0,16	1,00±0,00	0,00±0,00
8	4,45±0,16	5,00±0,00	1,00±0,00	0,00±0,00
9	5,00±0,00	3,89±0,32	1,00±0,00	0,56±0,16
10	3,89±0,32	3,33±0,48	1,00±0,00	0,56±0,16

Початковий рівень упевненості становив 3,64 бали і в перші три дні коливався в межах 3,09–3,55, що відповідає періоду адаптації. На 5–6-й день зафіксовано різке зростання показника до 4,45 бали (+22 % від початкового рівня). Максимум – 5,00 балів – зафіксовано на 7-й та 9-й день, що свідчить про досягнення пікової психоемоційної стабільності та оптимальної включеності в роботу. На 10-й день показник знизився до 3,89, ймовірно через стомлення після інтенсивного навантаження. Це свідчить про зростання довіри, кращу інтерпретацію команд і підвищення керованості. На 9–10-й день показник знизився до 3,33–3,89 бала, ймовірно внаслідок накопичення втоми або ускладнення вправ, що тимчасово погіршило контакт.

Мотивація стабілізувалася на рівні 1,00 бала з 3-го дня і зберігалася до завершення циклу. Різке зростання з 0,09 до 1,00 бала вже на 3-й день свідчить про швидке формування стійкої умовнорефлекторної реакції та високий рівень зацікавленості у роботі.

Емоційний стан характеризувався найбільшими коливаннями: пік збудженості зафіксовано на 4-й день (2,00 бала), після чого показник поступово знижувався і на 7–8-й день досяг 0,00, що відповідає оптимальному робочому стану. Наприкінці циклу спостерігалося незначне підвищення (0,56 бала), яке залишалося в межах фізіологічної норми.

Упродовж 10-денного тренувального циклу німецька вівчарка проявила стійку позитивну динаміку поведінкових і робочих показників: зростання впевненості та покращення контакту з провідником поєднувалися зі стабільною мотивацією й емоційною врівноваженістю. Пікові значення на 6–8-й день відображають оптимальний рівень працездатності, тоді як незначне зниження наприкінці циклу, ймовірно зумовлене втомою, не змінює загальної позитивної тенденції. Отримані результати підтверджують високу адаптивність німецької вівчарки до систематичних тренувань та ефективність застосованих методів підготовки для службового використання.

Аналіз поведінки та робочих характеристик бельгійських вівчарок також показав чітку позитивну динаміку адаптації до тренувального навантаження та взаємодії з провідником (табл. 2; рис. 2). Рівень впевненості собак демонстрував

тенденцію до зростання: із 3,0 балів на перший день до 4,5 балів на 5-й день та максимальних 5,0 балів на 7-й та 9-й дні тренувань.

Таблиця 2

Загальна поведінкова й робоча реактивність бельгійської вівчарки

День тренувань	Рівень впевненості (1-5)	Контакт з провідником (1-5)	Мотивація (ігрова/харчова)	Емоційний стан (збудженість/млявість)
1	3,00±0,00	3,50±1,50	0,00±0,00	1,00±1,00
2	3,00±1,00	3,00±1,00	0,50±0,50	1,00±1,00
3	3,50±0,50	4,00±0,00	1,00±0,00	1,00±1,00
4	3,50±0,50	4,00±1,00	1,00±0,00	2,00±0,00
5	4,50±0,50	3,50±1,50	1,00±0,00	1,00±1,00
6	4,50±0,50	4,50±0,50	1,00±0,00	0,00±0,00
7	5,00±0,00	4,50±0,50	1,00±0,00	0,00±0,00
8	4,50±0,50	5,00±0,00	1,00±0,00	0,00±0,00
9	5,00±0,00	4,00±1,00	1,00±0,00	0,00±0,00
10	4,00±1,00	3,50±1,50	1,00±0,00	0,00±0,00

Динаміка свідчить про успішну адаптацію, зниження настороженості та формування стійкої поведінкової реакції. Незначне падіння до 4,0 балів на 10-й день може бути через втому або складність вправ.

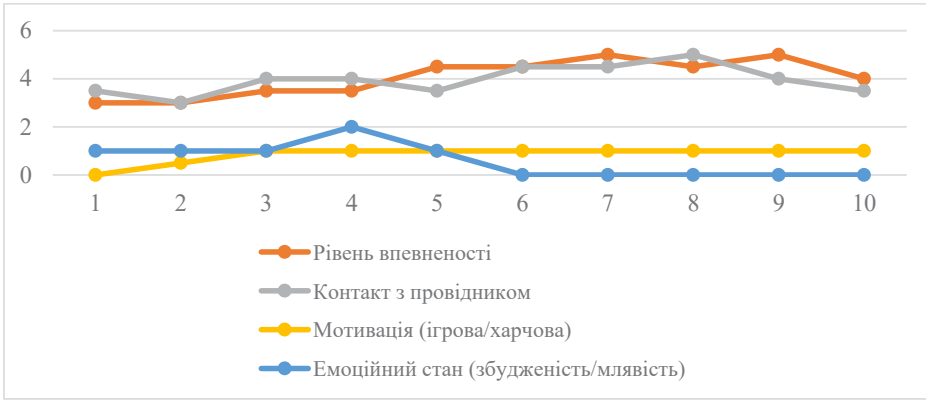


Рис. 2. Динаміка загальної поведінкової й робочої реактивності бельгійської вівчарки протягом 10-денного тренувального циклу

«Контакт з провідником покращувався: від 3,0–3,5 балів у перші дні до стабільних 4,0–5,0 балів у другій половині циклу, з піком 5,0 балів на 8-й день, що свідчить про формування ефективного робочого зв'язку. Тимчасові коливання до 3,5–4,0 балів у дні з підвищеним навантаженням відображають короткочасне зниження концентрації. Мотиваційна реакція бельгійських вівчарок була менш вираженою: відсутня у перший день (0,0 балів) та стабілізувалася на 1,0 балу з 3-го дня, що свідчить про ефективне підкріплення провідником і формування інтересу

до вправ. Емоційний стан за шкалою «збудженість/млявість» поступово стабілізувався: із 1,0–2,0 балів на початкових етапах до 0,0 балів з 6-го дня, що відображає зменшення стресу та підвищення здатності до роботи у стані емоційної рівноваги. Така динаміка характерна для малінуа з високим порогом збудливості, які швидко переходять від хаотичної реактивності до контрольованої робочої активності під час регулярних тренувань.

Показники свідчать про формування стійкого робочого стану, оптимізацію взаємодії з провідником та зниження емоційної напруженості. Різке підвищення впевненості та покращення контакту в перші 3–5 днів відображає високу адаптивність бельгійських вівчарок і швидке засвоєння тренувальних навичок, характерне для службових собак з високою нервово-поведінковою мобільністю.

Протягом 10 днів середньоазіатські вівчарки показували поступове, хоч нерівномірне покращення робочих і поведінкових показників. Загальна тенденція свідчить про повільніший темп адаптації породи, але підтверджує здатність формувати стійкі навички при регулярних тренуваннях (табл. 3; рис. 3). Рівень упевненості зріс із 2,17 до 4,00 балів (≈84 % приросту), що відображає поступову адаптацію до тренувального середовища та зниження реакції на нові стимули. Тимчасове падіння в середині циклу, ймовірно, пов'язане з втомою чи монотонністю вправ, проте відновлення високих значень наприкінці підтверджує стабільність формування навички.

Показник контакту з провідником зростав до максимуму на 6-й день (≈86 % приросту), що для породи з природною автономністю є показовим. Подальше зниження наприкінці циклу відображає схильність середньоазіатських вівчарок працювати самостійно та меншу залежність від провідника.

Таблиця 3

Загальна поведінкова й робоча реактивність середньоазіатської вівчарки

День тренувань	Рівень впевненості (1-5)	Контакт з провідником (1-5)	Мотивація (ігрова/харчову)	Емоційний стан (збудженість/млявість)
1	2,17±0,17	2,33±0,21	1,00±0,00	0,00±0,00
2	2,67±0,21	3,00±0,26	1,00±0,00	0,00±0,00
3	2,83±0,17	3,17±0,17	1,00±0,00	1,00±1,00
4	3,67±0,21	4,00±0,26	1,00±0,00	0,33±0,33
5	3,83±0,41	4,00±0,37	1,00±0,00	0,67±0,42
6	4,00±0,52	4,33±0,33	1,00±0,00	0,00±0,00
7	3,50±0,43	3,50±0,56	1,00±0,00	0,17±0,17
8	3,17±0,70	3,17±0,54	0,50±0,22	0,50±0,22
9	2,83±0,54	2,83±0,60	0,50±0,22	0,50±0,22
10	4,00±1,00	3,50±1,50	1,00±0,00	0,00±0,00

Короткочасні коливання мотивації та поведінки середньоазіатських вівчарок не свідчать про погіршення тренувальної реактивності, а відображають природний тип поведінки породи. Мотиваційна реакція була найменш стабільною: у перші дні показник становив 1,0 бал, що відповідає помірній харчовій та слабкій ігровій мотивації.

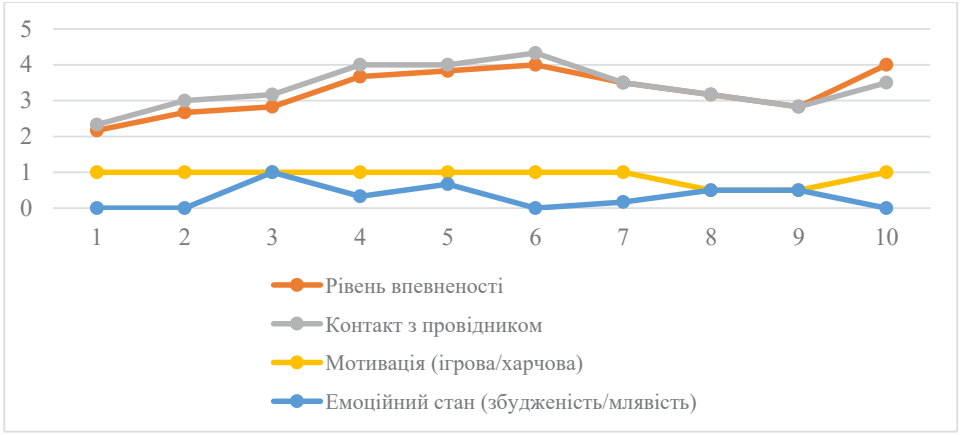


Рис. 3. Динаміка загальної поведінкової й робочої реактивності середньоазіацької вівчарки протягом 10-денного тренувального циклу

Наприкінці циклу рівень мотивації знизився до 0,5 балів через можливе перенасичення харчовими стимулами, втому або зменшення новизни вправ, проте на фінальний день відновився до вихідного рівня, що засвідчує здатність собаки відновлювати ефективний робочий стан за умови оптимізації навантаження та варіативності підкріплення. Емоційний стан залишався стабільно низьким, що відображає врівноважений тип нервової системи, характерний для охоронної породи. Епізодичне підвищення збудженості на 3-й та середніх днях пов'язане з активізацією після адаптації і підвищенням інтенсивності вправ. Періодичне «обнулення» емоційної реакції підтверджує високу стресостійкість та здатність працювати в стабільному психологічному стані без надмірної напруги. Середньоазіатська вівчарка демонструє повільнішу, але стабільну динаміку формування робочих навичок, з поступовим зростанням упевненості та покращенням контакту з провідником. Короткочасні коливання показників відображають природну адаптаційну криву для собак з врівноваженим типом ВНД і відносно низькою мотиваційною активністю. Порода проявляє достатній потенціал до навчання за умови коротких структурованих занять, помірної стимуляції та методів, що враховують її природну незалежність.

Порівняльний аналіз показав, що бельгійська вівчарка малінуа вирізняється найвищою робочою реактивністю, орієнтованістю на провідника та стабільною мотивацією, але потребує кваліфікованого тренера через схильність до емоційного перенапруження. Німецька вівчарка поєднує високу працездатність, керованість та стабільність емоційного стану, що робить її найбільш універсальною серед досліджених порід. Середньоазіатська вівчарка має повільніший темп навчання, виражену незалежність і вибіркову мотивацію, але відзначається високою стресостійкістю та здатністю до автономного прийняття рішень, що цінно для охоронних функцій.

Висновки і пропозиції. Загалом результати дослідження підтверджують, що породні особливості визначають характер і темпи формування поведінкових та робочих реакцій собак та обумовлюють необхідність диференційованого підходу до організації та планування тренувального процесу. Для бельгійської вівчарки малінуа ефективність забезпечується оптимізацією мотиваційного драйву та

контролем рівня збудженості; для німецької вівчарки – структурованим навчанням із рівномірним навантаженням; для середньоазіатської вівчарки – короткими сесіями, мінімізацією надмірної стимуляції та акцентом на формуванні стабільного контакту з провідником.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Dollion N., Paulus A., Champagne N., St-Pierre N., St-Pierre É., Trudel M. Fear/Reactivity in working dogs: An analysis of 37 years of behavioural data from the Mira Foundation's future service dogs. *Applied Animal Behaviour Science*. Vol. 221. 2019. P. 104864. DOI: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104864.
2. Nathaniel J Hall. Persistence and resistance to extinction in the domestic dog: Basic research and applications to canine training. *Behav Processes*. 2017. 141. P. 67-74. DOI: https://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.04.001.
3. Troisi C.A., Mills D.S., Wilkinson A., Zulch H.E. Behavioral and Cognitive Factors That Affect the Success of Scent Detection Dogs. *Comparative Cognition & Behavior Reviews.* Vol. 14. P. 51-76. 2019. DOI: https://doi.org/10.3819/CCBR.2019.140007.
4. Ведмеденко О.В. Аналіз екстер'єру та робочих якостей службових собак різних порід. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки Вип. 143. С. 192-199. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.24
5. Воїнова О.В., Ведмеденко О.В. Оцінка впливу породи та статі на робочі якості службових собак. Таврійський науковий вісник: Серія Сільськогосподарські науки Вип. 136. С. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.26

Дата першого надходження рукопису до видання: 19.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 502:316.614
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.28

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ ГРОМАД

Сакун А.О. *– д.філос., доцент,*
доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/0000-0002-1079-7856
Байрачний В.Б. *– к.т.н., доцент,*
професор кафедри хімічної техніки та промислової екології,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/0000-0001-8397-3489
Новожилова Т.Б. *– доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології,*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/0000-0003-2551-6954
Косенкова І.Д. *– студентка,*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/0009-0001-2204-0906

Стаття присвячена аналізу процесу формування екологічної культури громад як ключового інструменту сталого розвитку територій та підвищення екологічної безпеки населення. У роботі розглядаються сучасні теоретичні підходи до поняття «екологічна культура», її структура, змістові характеристики та зв'язок із екологічною свідомістю. Окрема увага приділяється впливу соціальних, освітніх та інформаційних чинників на розвиток екологічної культури в умовах урбанізації, зростання антропогенного навантаження та глобальних екологічних викликів. Проаналізовано роль закладів освіти, неформальної екоосвіти, соціальних мереж, медіапростору та громадських ініціатив у формуванні екологічного стилю поведінки населення. Підкреслено значення активної позиції місцевого самоврядування, законодавчих механізмів і державної екополітики у створенні сприятливих умов для розвитку екологічної культури на рівні громад. У статті наведено приклади успішних практик України та Європейського Союзу, що демонструють ефективність комплексного підходу: поєднання просвітництва, участі населення у прийнятті рішень, інформаційного супроводу та мотиваційних моделей поведінки. Окремо розглянуто проблеми й бар'єри, що стримують формування екологічної культури, серед яких низький рівень екологічної грамотності, соціальна пасивність, економічні обмеження, дефіцит комунікації між владою та громадою, а також наслідки воєнних подій для екологічної свідомості населення. Зроблено висновок, що розвиток екологічної культури громад є тривалим процесом, який потребує міжсекторальної взаємодії, постійної освітньої підтримки та активного залучення громадян. Формування екологічно відповідального

© Сакун А.О., Байрачний В.Б., Новожилова Т.Б., Косенкова І.Д., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

суспільства розглядається як необхідна умова забезпечення екологічної безпеки, підвищення якості життя та переходу до моделі сталого розвитку України.

Ключові слова: *екологічна культура, екологічна свідомість, сталий розвиток, екотрансформація, екоініціативи, екологічна безпека.*

Sakun A.O., Bairachnyi V.B., Novozhylova T.B., Kosenkova I.D. Formation of environmental culture in communities

The article is devoted to the analysis of the process of forming environmental culture in communities as a key instrument for sustainable territorial development and the enhancement of environmental safety for the population. The study examines modern theoretical approaches to the concept of «environmental culture», its structure, content characteristics, and connection with environmental awareness. Particular attention is paid to the influence of social, educational, and informational factors on the development of environmental culture under conditions of urbanization, increasing anthropogenic pressure, and global environmental challenges. The role of educational institutions, non-formal environmental education, social networks, media space, and community initiatives in shaping environmentally responsible behaviour within the population is analysed. The article highlights the importance of an active position of local self-government, legislative mechanisms, and state environmental policy in creating favourable conditions for the development of environmental culture at the community level. The paper provides examples of successful practices in Ukraine and the European Union that demonstrate the effectiveness of a comprehensive approach combining education, public participation in decision-making, information support, and motivational behavioural models. The study also addresses the problems and barriers that hinder the formation of environmental culture, including a low level of environmental literacy, social passivity, economic limitations, insufficient communication between authorities and communities, as well as the impact of wartime events on environmental awareness. It is concluded that the development of environmental culture in communities is a long-term process requiring cross-sectoral cooperation, continuous educational support, and active citizen engagement. The formation of an environmentally responsible society is considered a necessary condition for ensuring environmental security, improving quality of life, and transitioning to a sustainable development model in Ukraine.

Key words: *environmental culture, environmental awareness, sustainable development, eco-transformation, eco-initiatives, environmental safety.*

Актуальність теми дослідження. Формування екологічної культури громади набуває особливої актуальності в умовах загострення глобальних екологічних криз, зростання антропогенного навантаження та погіршення якості природного середовища. Важливість проблеми зумовлена тим, що рівень екологічної свідомості населення безпосередньо впливає на стан довкілля, ефективність природоохоронної діяльності та результативність впровадження стратегії сталого розвитку на місцевому рівні. Громади, які володіють належною екологічною культурою, демонструють вищий рівень участі населення у прийнятті рішень, більш відповідальне природокористування, готовність підтримувати екологічні ініціативи та долучатися до практик сортування відходів, ресурсозбереження й охорони природи.

Актуальність теми зростає у зв’язку з війною, що призвела до масштабних екологічних ризиків, порушення інфраструктури, зниження якості життя та зростання соціальної напруги в громадах. За таких умов формування екологічної культури населення стає не лише інструментом екологічної стабілізації, але й важливим фактором соціальної сталості, відновлення територій та екологічної безпеки. Крім того, інтеграція України до європейського простору вимагає зміцнення екологічної компетентності громад, розвитку екопросвіти, формування сталих моделей поведінки та впровадження принципів зеленої економіки.

Постановка проблеми. Попри наявність законодавчих засад екологічної політики в Україні та розвиток екопросвітницьких ініціатив, рівень екологічної

культури більшості громад залишається недостатнім для забезпечення сталого природокористування та ефективної реалізації екологічних реформ. У суспільстві спостерігається низька екологічна свідомість, обмежена готовність населення до екологічно відповідальної поведінки, слабка залученість громадян до ухвалення екологічних рішень, що ускладнює імплементацію екоорієнтованих стратегій місцевого розвитку.

Ситуація ускладнюється браком системної екологічної освіти, недостатньою інформатизацією населення, економічними бар'єрами та нерівномірністю розвитку екологічних ініціатив між громадами. В умовах війни посилилися екологічні ризики, зросло техногенне навантаження на території, а питання екологічної культури відсунулося на другий план, що призводить до втрати ціннісних орієнтирів і зниження відповідальності за стан довкілля.

Методика досліджень. У дослідженні застосовано комплексний методологічний підхід, спрямований на аналіз процесу формування екологічної культури громад. Основу методики становить системний і міждисциплінарний аналіз наукових джерел, що дає змогу розглядати екологічну культуру як багатокомпонентне соціально-екологічне явище. Для узагальнення теоретичного матеріалу використано методи контент-аналізу, порівняльного аналізу та класифікації літературних джерел, які дозволили виявити ключові підходи, поняття та тенденції у сфері екологічної освіти та екологічної поведінки населення.

Метод аналітичного узагальнення застосовано для інтерпретації світового та українського досвіду формування екологічної культури громад, зокрема оцінювання ефективності освітніх практик, місцевих політик, медіапростору та громадських ініціатив. Також використано методи дедукції та індукції для встановлення взаємозв'язків між екологічною свідомістю населення, рівнем соціальної активності та результативністю екологічних програм.

Таким чином, поєднання теоретичного аналізу, узагальнення практик, систематизації літературних даних і критичного порівняння забезпечило наукову обґрунтованість результатів і дало змогу сформувати комплексне бачення процесів розвитку екологічної культури громад.

Результати досліджень. Сучасні наукові дослідження підтверджують, що екологічна культура (як компонент екологічної свідомості та поведінки) формується внаслідок інтеграції знань, мотиваційних установок і практичних навичок, здобутих через освіту та соціальні взаємодії. Систематичний аналіз літератури показує, що екологічна грамотність і екологічна поведінка є тісно пов'язаними конструкціями: вищий рівень екологічної грамотності сприяє більшій проекологічній поведінці в різних групах населення [1, с. 2; 2, с. 3].

Зокрема, велике дослідження в Туреччини продемонструвало, що екологічна грамотність і усвідомлення свого «екологічного сліду» значно впливають на екологічну поведінку дорослих респондентів ($p < 0,05$), при цьому усвідомлення сліду частково опосередковує вплив знань на поведінку [1, с. 4]. Це підтверджує ідею того, що знання про довкілля мають переноситися в повсякденну поведінку для формування стійких екологічних практик.

Інтеграція екологічної літератури у систему освіти розглядається як ключовий механізм формування екологічної культури. Систематичний огляд досліджень показав, що підвищення екологічної грамотності через шкільну та позашкільну освіту сприяють зростанню усвідомлення екологічних проблем і мотивують до сталого способу життя [3, с. 4; 4, с. 5]. Подібні висновки містяться і у дослідженні [5, с. 6], де описано, що педагогічні стратегії, які поєднують знання, соціальну

взаємодію та активну участь, ефективно сприяють розвитку екологічної грамотності серед учнів середніх шкіл.

Аналіз трендів наукових публікацій показує, що дослідження екологічної грамотності в освіті мають постійний зріст, що свідчить про зростаюче академічне визнання важливості цієї теми для сталого розвитку [6, с. 4]. Ці огляди систематично підкреслюють роль екологічної освіти в стимулюванні позитивних змін у ставленнях і практиках людей, що є основою екологічної культури в громадах [7, с. 2].

Крім того, окремі роботи вказують на вплив соціальних та екологічних факторів на екологічну грамотність: наприклад, дослідження серед молоді в урбанізованих умовах показало, що соціальні чинники (такі як характер поселення, доступ до інформації та локальні екологічні програми) впливають на рівень екологічної обізнаності та поведінки [8, с. 5]. Ці висновки узгоджуються з ідеєю, що екологічна культура формується не лише через індивідуальні знання, а й через соціальне середовище й локальні практики.

Педагогічні та освітні дослідження також підкреслюють, що формування екологічної культури має охоплювати не тільки знання, а і мотивацію та практичну участь учнів у реальних екологічних діях – наприклад, через проекти з 3R (Reduce, Reuse, Recycle), волонтерські екологічні акції чи участь у громадах [9, с. 4]. Це узгоджується з концепцією, що екологічна культура – це поведінкова компетентність, що формується через системну освіту та соціальні практики.

У сукупності наукові дані свідчать про те, що формування екологічної культури в громадах потребує комплексного підходу, що включає формальну освіту, неформальне навчання, соціальні ініціативи та підтримку з боку місцевих інститутів влади. Такий інтегрований підхід забезпечує зростання екологічної свідомості, проекологічної поведінки та життєвих практик, що відповідають принципам сталого розвитку [10, с. 5].

Висновки. Проведений огляд наукових джерел засвідчив, що формування екологічної культури є ключовим чинником сталого розвитку та підвищення екологічної безпеки на рівні громад. Узагальнення результатів сучасних досліджень показує, що рівень екологічної культури безпосередньо залежить від екологічної грамотності населення, якості та доступності екологічної освіти, наявності соціальної мотивації та ефективності практичних екологічних програм у громадах.

Отже, формування екологічної культури громад є тривалим і багатовимірним процесом, який потребує комплексного підходу, врахування локальних особливостей, міжсекторальної співпраці та активного включення громадян. Результати дослідження доводять, що розвиток екологічної культури є необхідною умовою підвищення якості життя, мінімізації антропогенного впливу та реалізації стратегії сталого розвитку України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Yildirim M. S., Elkoca A., Gökçay G., Yılmaz D. A., Yıldız M. The relationship between environmental literacy, ecological footprint awareness and environmental behavior in adults. BMC Public Health. 2025. Vol. 25. Article 551. DOI: 10.1186/s12889-025-21340-3.

2. Chao Y. L. Different tracks, same greenness? Environmental literacy and knowledge differences among student groups. Cogent Social Sciences. 2024. Vol. 10. DOI: 10.1080/2331186X.2024.2357922.

3. Sanchez S. J. A typology of Sustainability Literacy and Environmental Literacy: systematic literature review. Frontiers in Education. 2025. Vol. 10. Article 1490791. DOI: 10.3389/feduc.2025.1490791.

4. Ariyatun A., Sudarmin S., Wardani S., Saptono S., Winarto W. Bibliometric analysis of environmental literacy in sustainable development: a comprehensive review based on Scopus data from 2013 to 2023. International Journal of Educational Methodology. 2024. Vol. 10, № 1. P. 179–195. DOI: 10.12973/ijem.10.1.979.

5. Xiong Z., Song Y., Zhu R. Pedagogical strategies for teaching environmental literacy in secondary school education: a systematic review. Sustainability. 2025. Vol. 17. Article 9104. DOI: 10.3390/su17209104.

6. Rofiqi A. Environmental literacy research trends in education: systematic literature review. Assimilation: Indonesian Journal of Biology Education. 2024. Vol. 7, № 2. DOI: 10.17509/aijbe.v7i2.69055.

7. Harris N. C., et al. Neighborhood characteristics and environmental literacy in urban youth. Journal of Environmental Education Research. 2025. DOI: 10.1016/j. cities.2025.106042.

8. Mustofa A. Analysis of environmental literacy and awareness to maintain the environment. Edubiotik Journal. 2023. Vol. 18, № 1. P. 1–10.

9. Gunamantha I. M., Dantes I. N. Cultivating environmental literacy in the classroom: a study of knowledge, attitudes and behavior toward 3R in Indonesian elementary education in support of SDG 4.7. Lifestyle Journal: SDGs Review. 2025. Vol. 5, № 6. Article e06779. DOI: 10.47172/2965-730X.SDGsReview.v5.n06.pe06779.

10. Sucilestari R., et al. Enhancing environmental literacy through project-based edu-tourism in mangrove ecosystems: the influence of student's initial academic ability. Journal of Environment and Sustainability Education. 2025. Vol. 3, № 4. DOI: 10.62672/ joease.v3i4.130.

Дата першого надходження рукопису до видання: 19.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 504.5:614.7:330.34(477)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.29

ДІАГНОСТИКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Писаренко П.В. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-4915-265X
Самойлік М.С. – *д.е.н.,*
професор кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-2410-865X
Галицька М.А. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-2579-0515
Грищенко О.Л. – *аспірант кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля,*
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0009-5870-0484
Бибик І.Ю. – *аспірант кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля,*
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-7976-510X
Середа Б.С. – *аспірант кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля,*
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0002-5278-9333

Питання забезпечення екологічної безпеки регіонів через врегулювання цілей та завдань соціально-економічного розвитку системи та негативними наслідками від її дії на довкілля з урахуванням впливу дестабілізуючих факторів насьогодні набуває особливої актуальності. Тому метою даного дослідження стала діагностика екологічного ризику здоров'я населення з врахуванням соціально-економічних детермінант, що дозволить оцінити ефективність управління екологічною безпекою у регіональному розрізі.

При побудові моделі «екологічний ризик здоров'ю населення – соціально-еколого-економічні чинники» використано метод економіко-математичного моделювання. Після ідентифікації системи одночасних рівнянь використано двокроковий МНК. Після перевірки на некоректність і гомоскедастичність залишків на основі тесту Дарбіна-Уотсона та тесту Уайта визначено, що метод трьохкрокового МНК є більш ефективний ніж двокроковий, так як випадкові залишки різних рівнянь даної моделі взаємно корельовано, тобто їх коваріаційна матриця відрізняється від діагональної.

© Писаренко П.В., Самойлік М.С., Галицька М.А., Грищенко О.Л., Бибик І.Ю., Середа Б.С., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

У результаті підставлення статистичних даних за 2015-2021 рр. перше рівняння моделі підтвердило припущення про суттєвий вплив забруднення ґрунтів на формування екологічного ризику, оскільки при збільшенні обсягу надходження забруднень у ґрунти на 1 га, скоректований рівень захворюваності підвищиться на 32,41 %. Чинником зниження ризику виступає показник задоволеності населення в послугах охорони здоров'я, оскільки при збільшенні кількості лікарень на 1 од./тис. осіб рівень захворюваності знизиться на 0,173%. Друге рівняння вказує на те, що економічний розвиток регіонів України сильно обумовлений атмосферним забрудненням і забрудненням водного середовища. З третього рівняння моделі можна зробити висновок, що при збільшенні рівня захворюваності на 1% рівень бідності виросте на 1,735%, що підтверджує гіпотезу про наявність екологічно-сфокусованих соціальних проблем.

У результаті моделювання залежності соціально-економічних від екологічних факторів встановлено, що втрати економіки регіону від екологічно обумовленої захворюваності становлять 3,4-3,6%, при цьому вклад забруднення води – 3%, забруднення повітря – 7%; забруднення ґрунтів – 11%, при цьому спостерігається тенденція до їх зростання. Таким чином запропонована методика оцінки екологічного ризику здоров'я населення з врахуванням соціально-економічних детермінант, як інструментальна підтримка ухвалення рішень по вибору найбільш пріоритетних стратегій екобезпечного економічного розвитку, буде не лише сприяти поліпшенню екологічної ситуації, але і приведе до створення ефективнішої політики забезпечення екологічно безпечного економічного розвитку в Україні і регіонах.

Ключові слова: *екологічний ризик, збиток за забруднення довкілля, екологічна безпека, забруднення довкілля, соціально-економічний розвиток.*

Pysarenko P.V., Samojlik M.S., Galytska M.A., Hryshchenko O.L., Bybyk I.YU., Sereda B.S. Diagnostics of environmental risks of population health and influence on socio-economic development of regions of Ukraine

The issue of ensuring the ecological safety of regions through the regulation of the goals and objectives of the socio-economic development of the system and the negative consequences of its action on the environment, taking into account the influence of destabilizing factors, is gaining particular relevance today. Therefore, the purpose of this study was to diagnose the ecological risk to the health of the population, taking into account socio-economic determinants, which will allow assessing the effectiveness of environmental safety management in a regional context.

When building the model «ecological risk to the health of the population – socio-ecological and economic factors», the method of economic and mathematical modeling was used. After identifying the system of simultaneous equations, a two-step OLS was used. After checking for incorrectness and homoscedasticity of the residuals based on the Durbin-Watson test and the White test, it was determined that the three-step LMS method is more effective than the two-step one, since the random residuals of different equations of this model are mutually correlated, that is, their covariance matrix differs from the diagonal one. As a result of substituting statistical data for 2015-2021, the first equation of the model confirmed the assumption of a significant impact of soil pollution on the formation of environmental risk, since with an increase in the volume of pollution entering the soil per 1 ha, the adjusted incidence rate will increase by 32.41%. The factor reducing the risk is the indicator of population satisfaction with health services, since with an increase in the number of hospitals by 1 unit/thousand people, the incidence rate will decrease by 0.173%. The second equation indicates that the economic development of the regions of Ukraine is strongly conditioned by atmospheric pollution and water pollution. From the third equation of the model, it can be concluded that with an increase in the incidence rate by 1%, the poverty rate will increase by 1.735%, which confirms the hypothesis of the presence of environmentally focused social problems. As a result of modeling the dependence of socio-economic on environmental factors, it was found that the losses of the region's economy from environmentally caused morbidity are 3.4-3.6%, with the contribution of water pollution – 3%, air pollution – 7%; soil pollution – 11%, with a tendency to their growth. Thus, the proposed methodology for assessing the environmental risk to public health, taking into account socio-economic determinants, as an instrumental support for decision-making on the choice of the most priority strategies for environmentally safe economic development, will not only contribute to improving the environmental situation, but will also lead to the creation of a more effective policy for ensuring environmentally safe economic development in Ukraine and the regions.

Key words: *environmental risk, damage from environmental pollution, environmental safety, environmental pollution, socio-economic development.*

Постановка проблеми. Екологічні проблеми сьогодення спричиняють небезпеку існування людини на всіх рівнях – від локального до глобального. Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід'ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України [1].

Насьогодні процес управління екологічною безпекою відбувається в умовах наростання невизначеності і навіть конфліктності між елементами даної системи. Зміна характеру природокористування у соціально-економічній системі повинна змінити і методи управління ним в напрямку сталого розвитку, який передбачає перехід до біосферної моделі розвитку природокористування, безпечний у всіх аспектах прояву розвитку техносфери і збереження збалансованого стану природного середовища, тобто їх гармонійне співіснування в рамках встановлених допустимих обмежень. Оскільки природа розвивається по об'єктивним законам, управлінські і регулюючі впливи будуть мати цільовий напрямок на складні активно функціонуючі господарські і технологічні системи, які розглядаються як елементи соціоекосистеми. У залежності від ієрархічного рівня досліджуємої системи формуються управлінські впливи різного ступеня узагальнення для державного, регіонального і місцевого рівнів управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед наслідків ігнорування екологічного чинника у системі загроз економічній безпеці регіонів України слід виділити: погіршення якості життя населення, збільшення смертності та захворюваності у результаті забруднення довкілля; збільшення витрат на ліквідацію наслідків антропогенного впливу на довкілля; ресурсно-сировинна та енергетична криза; погіршення якості середовища проживання та продуктів харчування населення; техногенні та природні небезпечні процеси, деградація екосистем тощо. Як зазначають Tu Y.-X. [2], Л. Мельник [3], В. Трегобчук [4], більшість кризових явищ в економіці країни та її регіонів породжено домінуванням витратного підходу до виробництва, який спричиняє знищення (вичерпання) не лише обмежених планетарних запасів сировини та енергії, а й позитивного організаційно-управлінського потенціалу основних продуктивних сил, перетворюючи їх на руйнівні. Основа виробництва знищується на рівні зв'язків людини і природи, тому для подолання кризи слід змінити як форму продуктивних сил (зокрема технологій), так і спрямованість продуктивних сил, а також їх розміщення у просторі.

Таким чином, особливої актуальності набуває питання забезпечення екологічної безпеки регіонів через врегулювання цілей та завдань соціально-економічного розвитку системи та негативними наслідками від її дії на довкілля з урахуванням впливу дестабілізуючих факторів. Насьогодні дослідженням питань забезпечення екологічної безпеки займаються вчені різних наукових напрямків, у тому числі техніко-економічного (А.Г. Шапар [5], М.С. Мальований [6], та ін.); природничого (Г.О. Білявський [7], Г.І. Рудько [8], В.Ю. Некос [9] та ін.), еколого-економічного (З.В. Герасимчук [10], Б.М. Данилишин [11], С.І. Дорогунцов [12], Хвесик М.А, Бистряков І.К. [13], Харічков С.К. [14] та ін.). Розглядаючи питання екологічної безпеки науковці приділяють особливу увагу гармонізації екологічних та економічних аспектів розвитку соціально-економічних систем за рахунок зменшення антропогенного навантаження на довкілля. При цьому дослідження впливу екологічного чинника на соціально-економічний розвиток регіонів України за допомогою методів математичного моделювання є актуальним насьогодні.

Метою даного дослідження є здійснити діагностику екологічного ризику здоров'я населення у контексті його впливу на соціально-економічний розвиток що

дозволить оцінити ефективність управління екологічною безпекою у регіональному розрізі.

Методика. Для побудови адекватної моделі «екологічний ризик здоров'ю населення – соціально-еколого-економічні чинники» використано метод економіко-математичного моделювання, а саме, систему одночасних рівнянь для відображення складних взаємозалежностей, а в якості індикаторів показники, представлені у таблиці 1. В даному випадку після ідентифікації системи одночасних рівнянь доцільним є використання двокрокового МНК. Для розрахунку використані статистичні дані по регіонах України до 2022 року [15].

Результати дослідження.

Для оцінки впливу екологічного ризику здоров'я населення регіону на соціально-економічний розвиток регіону розроблена авторська модель, що відображає взаємозалежності в системі відносин «людина-середовище» з врахуванням різних соціально-економічних чинників та представляє собою систему одночасних економетричних рівнянь вигляду [16]:

$$\begin{cases} M = a_0 + a_1\tilde{W} + a_2 D + a_3 P + u_1 \\ P = \beta_0 + \beta_1 \tilde{A} + \beta_2 \widetilde{G} + \beta_3 C + u_2 \\ C = \varphi_0 + \varphi_1 M + u_3 \end{cases}, \quad (1)$$

де $a_0, a_1, a_2, a_3, \beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \varphi_0, \varphi_1$ – параметри регресії; u_1, u_2 – випадкові члени регресії.

У даному рівнянні показник захворюваності населення (M) розглядається як функція від соціально-еколого-економічних факторів, що мають безпосередній вплив на здоров'я населення: вплив забруднення ґрунтового покриву ($\widetilde{W}$), як джерела харчових продуктів, ступінь задоволення потреб у послугах охорони здоров'я (D) і рівень екологічної небезпеки регіональної економіки (P). Рівень екологічної небезпеки регіональної економіки (P) обумовлений соціально-екологічними факторами, а саме побічними ефектами від виробництва забруднення атмосфери ($\widetilde{A}$) та гідросфери ($\widetilde{G}$), рівнем «соціального неблагополуччя» в регіоні (С), детермінуючим з однієї сторони потенційні можливості по покращенню навколишнього середовища, а з іншої сторони спостерігається оборотній зв'язок: рівень захворюваності (M) у багато чому визначає рівень «соціального неблагополуччя» в регіоні, так як більш висока захворюваність провокує більшу кількість втрачених робочих днів і погіршення матеріальних умов.

Передбачається, що коефіцієнти повинні містити наступні знаки:

$$a_1 > 0, a_3 > 0, \beta_1 > 0, \beta_2 > 0, \varphi_1 > 0, a_2 < 0, \beta_3 < 0.$$

В залежності від кінцевих прикладних цілей змінні моделі підрозділяються на:

– екзогенні: A_1- об'єм викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел на душу населення; A_2 – об'єм викидів забруднюючих речовин в атмосферу від нестаціонарних джерел на душу населення; G – об'єм скидань забруднюючих речовин в гідросферу на душу населення; D – забезпеченість населення лікарками;

– ендогенні: M- скоректований рівень захворюваності; P – кількість підприємств-забрудників на душу населення; Y – рівень бідності.

Таблиця 1

Показники оцінки збитку за забруднення навколишнього середовища

Група	Показники	Розрахунок	Показники стимулятори (С) та дистимулятори (Д)
1	2	3	4
Вода	обсяг оборотної води	$\frac{Ob_{ri}}{Ob_{ri}} \cdot \frac{Ob_{ri}}{Ob_{ri}}$ Ob_{ri} – обсяг оборотної води для регіонів України Ob_{ri} – обсяг оборотної води для України Ob_{ri} – споживання свіжої води для регіонів України Ob_{ri} – споживання свіжої води для України	С
	забір води	$\frac{Зв_{ri}}{Зв_{ri}}$ $Зв_{ri}$ – забір води із природних водних обсягів для використання у розрахунку на одну особу для регіонів України $Зв_{ri}$ – забір води із природних водних обсягів для використання у розрахунку на одну особу для України	Д
	скидання забруднених зворотніх вод	$\frac{Сзв_{ri}}{Зв_{ri}} \cdot \frac{Сзв_{ri}}{Зв_{ri}}$ $Сзв_{ri}$ – обсяг скидання забруднених зворотніх вод для регіонів України $Сзв_{ri}$ – обсяг скидання забруднених зворотніх вод для України $Зв_{ri}$ – показник загального водовідведення для регіонів України $Зв_{ri}$ – показник загального водовідведення для України	Д
	потужність очисних споруд	$\frac{Ос_{ri}}{Зв_{ri}} \cdot \frac{Ос_{ri}}{Зв_{ri}}$ $Ос_{ri}$ – показник потужності очисних споруд для регіонів України $Ос_{ri}$ – показник потужності очисних споруд для України $Зв_{ri}$ – показник загального водовідведення для регіонів України $Зв_{ri}$ – показник загального водовідведення для України	С
Атмосфера	викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря	$\frac{Шр_{ri}}{Шр_{ri}}$ $Шр_{ri}$ – обсяг викиду шкідливої речовини в атмосферне повітря для регіонів України $Шр_{ri}$ – обсяг викиду шкідливої речовини в атмосферне повітря для України	Д
Відходи	утворення відходів I-III класів небезпеки	$\frac{Утв_{ri}}{Утв_{ri}}$ $Утв_{ri}$ – обсяг утворення відходів I-III класів небезпеки на одну особу для регіонів України $Утв_{ri}$ – обсяг утворення відходів I-III класів небезпеки на одну особу для України	Д
	утилізація відходів I-III класів небезпеки	$\frac{Утв_{ri}}{Зутв_{ri}} \cdot \frac{Утв_{ri}}{Зутв_{ri}}$ $Утв_{ri}$ – утилізація відходів I-III класів небезпеки для регіонів України $Утв_{ri}$ – утилізація відходів I-III класів небезпеки для України $Зутв_{ri}$ – загальне утворення відходів I-III класів для регіонів України $Зутв_{ri}$ – загальне утворення відходів I-III класів небезпеки для України	С
	техногенне навантаження	$\frac{Тн_{ri}}{Тн_{ri}}$ $Тн_{ri}$ – рівень техногенного навантаження території регіонів України полісами і звалищами ТПВ $Тн_{ri}$ – рівень техногенного навантаження території України полісами і звалищами ТПВ	Д
Грунт	площа земель	$\frac{Snзр_{ri}}{Sз_{ri}} \cdot \frac{Snзр_{ri}}{Sз_{ri}}$ $Snзр_{ri}$ – площа земель обсягів природно-заповідного фонду регіонів України $Snзр_{ri}$ – площа земель обсягів природно-заповідного фонду України $Sз_{ri}$ – площа земель регіонів України $Sз_{ri}$ – площа земель України	С
Охорона здоров'я	забезпечення населення лікарнями	$\frac{Зл_{ri}}{Зл_{ri}}$ $Зл_{ri}$ – рівень забезпечення населення лікарнями усіх спеціальностей для регіонів України $Зл_{ri}$ – рівень забезпечення населення лікарнями усіх спеціальностей для України	С
	забезпечення населення медичним персоналом	$\frac{Зм_{ri}}{Зм_{ri}}$ $Зм_{ri}$ – рівень забезпечення населення середнім медичним персоналом для регіонів України $Зм_{ri}$ – рівень забезпечення населення середнім медичним персоналом для України	С
	забезпечення населення лікарняними ліжками	$\frac{Зл.л_{ri}}{Зл.л_{ri}}$ $Зл_{ri}$ – рівень забезпечення населення лікарськими лікарняними ліжками для регіонів України $Зл_{ri}$ – рівень забезпечення населення лікарськими лікарняними ліжками для України	С
	чисельність оздоровлених людей	$\frac{Озд_{ri}}{Озд_{ri}}$ $Озд_{ri}$ – кількість оздоровлених у санаторно-курортних закладах для регіонів України $Озд_{ri}$ – кількість оздоровлених у санаторно-курортних закладах для України	С

Після перевірки адекватності отриманої моделі (через перевірку основних положень теореми Гаусса-Маркова) та перевірки на некоректність і гомоскедастичність залишків на основі тесту Дарбіна-Уотсона та тесту Уайта [17] визначено, що метод трьохкрокового МНК є більш ефективний ніж двокроковий, так як випадкові залишки різних рівнянь даної моделі взаємно корельовано, тобто їх коваріаційна матриця відрізняється від діагональної:

$$\begin{cases} M'_{\text{факт.і}} = \dfrac{a_0 + a_3\left(b_0 + b_3c_0\right)}{1 - a_3b_3c_1} + \dfrac{a_3b_1}{1 - a_3b_3c_1}\tilde{A} + \dfrac{a_1}{1 - a_3b_3c_1}\tilde{W} + \dfrac{a_3b_2}{1 - a_3b_3c_1}\tilde{G} + \dfrac{a_2}{1 - a_3b_3c_1}D \\ P'_{\text{факт.і}} = \dfrac{b_0 + b_3\left(c_0 + a_0c_1\right)}{1 - b_3c_1} + \dfrac{b_1}{1 - b_3c_1}\tilde{A} + \dfrac{a_1b_3c_1}{1 - b_3c_1}\tilde{W} + \dfrac{b_2}{1 - b_3c_1}\tilde{G} + \dfrac{a_2b_3c_1}{1 - b_3c_1}D \\ C'_{\text{факт.і}} = \dfrac{c_0 + c_1\left(a_0 + a_3b_0\right)}{1 - a_3b_3c_1} + \dfrac{a_3b_1c_1}{1 - a_3b_3c_1}\tilde{A} + \dfrac{a_1c_1}{1 - a_3b_3c_1}\tilde{W} + \dfrac{a_3b_2c_1}{1 - a_3b_3c_1}\tilde{G} + \dfrac{a_2c_1}{1 - a_3b_3c_1}D \end{cases}, \quad (2)$$

У результаті отримана модель залежності «екологічний ризик – соціально-еколого-економічні фактори» має вигляд:

$$\begin{cases} M = 6,43 + 32,41\tilde{W} - 0,173D + 0,604P \\ P = 41,29 + 14,43\tilde{A} + 15,49\tilde{G} - 1,28C \\ C = 39,65 + 1,735M \end{cases}, \quad (3)$$

У кожному рівнянні існують тісні (середня і сильна дія взаємодії) залежності результуючої змінної з факторами (табл. 2). Аналіз часткових коефіцієнтів кореляції показав, що залежності результату з факторами зостались на доволі високому рівні.

Таблиця 2

Матриця парних коефіцієнтів кореляції

		$\tilde{W}$	D	P'	M
Рівняння 1	$\tilde{W}$	*1*	*0,0974*	*0,5219*	*0,2106*
	D	*0,0974*	*1*	*0,574*	*-0,253*
	P'	*0,5219*	*0,574*	*1*	*0,3172*
	M	*0,2106*	*-0,253*	*0,3172*	*1*
Рівняння 2		$\tilde{A}$.	$\tilde{G}$.	C'.	P
	$\tilde{A}$	*1*	*0,197*	*-0,652*	*0,145*
	$\tilde{G}$	*0,197*	*1*	*-0,67*	*0,274*
	C'	*-0,652*	*-0,67*	*1*	*-0,382*
	P	*0,145*	*0,274*	*-0,382*	*1*
Рівняння 3			M'	C	
		M'	*1*	*0,2542*	
		C	*0,2542*	*1*	

Джерело: розраховано авторами (за статистичними даними до 2022 року, 2015-2021 рр.)

Таким чином, перше рівняння моделі підтвердило припущення про суттєвий вплив забруднення ґрунтів на формування екологічного ризику, оскільки при збільшенні обсягу надходження забруднень у ґрунти на 1 га, скоректований рівень захворюваності підвищиться на 32,41 %. Рівень екологічної небезпеки економіки регіону також здійснює безпосередній вплив на величину ризику внаслідок того, що при зростанні числа підприємств на 1 тис. шт./особу скоректований рівень захворюваності підвищиться на 0,604 %. Чинником зниження ризику виступає показник задоволеності населення в послугах охорони здоров'я, оскільки при збільшенні кількості лікарень на 1 од./тис. осіб рівень захворюваності знизиться на 0,173%.

Друге рівняння вказує на те, що економічний розвиток регіонів України силумовлений атмосферним забрудненням і забрудненням водного середовища, оскільки збільшення викидів та скидів забруднюючих речовин в атмосферу та гідросферу на 1 особу викликано зростанням числа підприємств-забрудників атмосфери та води відповідно. Рівень «соціального неблагополуччя» гальмує економічний розвиток регіону, що обумовлено тим, що при зростанні рівня бідності на 1% число підприємств-забрудників скоротиться на 1,28 тис.шт./особу. З третього рівняння моделі можна зробити висновок, що при збільшенні рівня захворюваності на 1% рівень бідності виросте на 1,735%, що підтверджує гіпотезу про наявність екологічно-сфокусованих соціальних проблем. На основі отриманої моделі здійснено прогноз соціально-економічного розвитку регіону при зростанні рівня екологічного ризику (рис. 1)

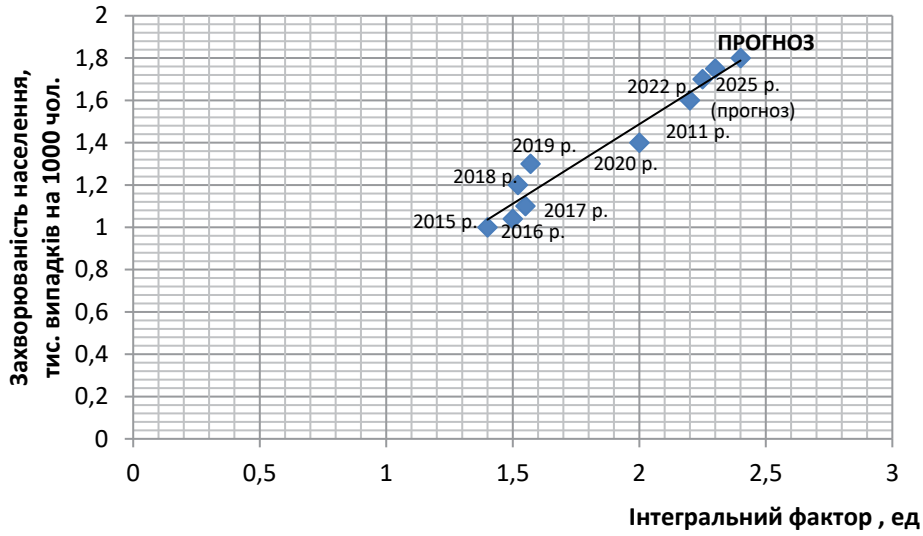


Рис. 1. Результати моделювання впливу соціально-еколого-економічних дестабілізуючих факторів екологічної безпеки регіону на рівень захворюваності населення, 2015-2022 рр.

Джерело: складено авторами

На основі результатів розрахунку напрямів мінімізації екологічного ризику за рівнянням (1) автором виокремлені типи регіонів (А – першочергова екологічна

стратегія, В – першочергова соціальна стратегія) по напрямку удосконалення системи екологічно безпечного розвитку регіонів України (табл. 3).

Вирішення проблем екологічно безпечного економічного розвитку регіонів України повинно носити комплексний характер і включати в себе удосконалення сучасних передових технологій, створення принципово нових наукоємних технологій, методів управління охороною навколишнього середовища і природокористування, розробку дієвої системи мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. У даних умовах тільки впровадження системи прийняття науково-обгрунтованих екологічно-безпечних соціально-економічних рішень, які базуються на адекватній оцінці ресурсно-екологічних загроз, може бути ефективним фактором, що впливає як на екологічну безпеку, так і на економічний розвиток.

Таблиця 3

Типологізація регіонів України по напрямку удосконалення системи екологічно безпечного розвитку регіонів України*

Тип		***Регіони***	***Першочергова стратегія***
Тип А	A_1	Івано-Франківська, Київська, Вінницька області	Ефективна стратегія охорони атмосферного повітря
	A_2	АР Крим, Львівська, Миколаївська, Одеська, Херсонська, Черкаська області, м.Київ та м. Севастополь	Ефективна стратегія охорони водних ресурсів
	A_3	Житомирська, Полтавська, Рівенська, Сумська, Волинська області	Ефективна стратегія охорони грунтів
	A_1A_2	Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Луганська області	Ефективна стратегія охорони атмосферного повітря та водних ресурсів
	A_2A_3	Чернігівська	Ефективна стратегія охорони водних ресурсів і грунтів
	$A_1A_2A_3$	Харківська	Ефективна стратегія охорони атмосферного повітря, водних ресурсів та грунтів
Тип В		Закарпатська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька, Кіровоградська області	Ефективна стратегія покращення системи охорони здоров'я

Джерело: складено авторами

Висновки. У результаті моделювання залежності соціально-економічних від екологічних факторів встановлено, що втрати економіки регіону від екологічно обумовленої захворюваності становлять 3,4-3,6%, при цьому вклад забруднення води – 3%, забруднення повітря – 7%; забруднення грунтів – 11%, при цьому спостерігається тенденція до їх зростання. Вирішення даних проблем потребує здійснення заходів щодо нейтралізації загроз екологічній безпеці регіонів України та формування ефективної регіональної політики забезпечення екологічної безпеки з урахуванням регіональної специфіки, що сприятиме ефективному соціально-економічному розвитку та зміцненню соціально-економічного потенціалу регіонів, збереженню навколишнього природного середовища, на яке має право населення згідно Конституції України.

Таким чином запропонована методика оцінки екологічного ризику здоров'я населення з врахуванням соціально-економічних детермінант, як інструментальна підтримка ухвалення рішень по вибору найбільш пріоритетних стратегій екобезпечного економічного розвитку, буде не лише сприяти поліпшенню екологічної ситуації, але і приведе до створення ефективнішої політики забезпечення екологічно безпечного економічного розвитку в Україні і регіонах. Обґрунтовано необхідність використання авторського підходу до екологічних ризиків з урахуванням їх зв'язку із соціально-економічними факторами, при розробці регіональної політики економічної безпеки, направленої на вирівнювання диспропорцій у системі забезпечення екологічної безпеки регіонів України, покращення їх соціально-економічного розвитку за рахунок впровадження ресурсозберігаючих збиткомінімізуючих інноваційних заходів з урахуванням регіональної специфіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Національна парадигма сталого розвитку України / за заг. ред. акад. Б. Є. Патона. – Київ : ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України», 2012. 72 с.
2. Tu, Y.-X., Kubatko, O., Melnyk, L., Li, R., Kovalov, B., Yaremenko, A. Economic, institutional and environmental drivers of SMEs' development in the EU: sustainable development goals perspective. *Environment, Development and Sustainability.* 2024. DOI: 10.1007/s10668-024-05686-z.
3. Melnyk, L., Kalinichenko, L., Rozghon, Y., Derykolenko, O., Kovtun, O., Tulyakov, O. Prospects of business process management based on chatbots. *Problems and Perspectives in Management*. – 2024. Vol. 22, № 2. DOI: 10.21511/ppm.22(2).2024.16.
4. Трегобчук, В. М. Концепція сталого розвитку для України. *Вісник Національної академії наук України* : загальнонаук. та громад.-політ. журн. 2002. № 2. Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/portal/All/herald/2002-02/7.htm (дата звернення: 24.09.2025).
5. Новітня парадигма вилучення природних ресурсів з навколишнього середовища / за заг. ред. чл.-кор. НАН України А. Г. Шапара. – Дніпро : Моноліт, 2018. 126 с.
6. Tymchuk, I., Malovanyy, M., Shkvirko, O., Chornomaz, N., Popovych, O., Grechanik, R., Symak, D. Review of the global experience in reclamation of disturbed lands. *Ecological Engineering & Environmental Technology.* 2021. – Vol. 22, Issue 1. DOI: https://doi.org/10.12912/27197050/132097.
7. Білявський, Г. О., Бутченко, Л. І. Основи екології: теорія та практикум : навч. посіб. – 3-є вид. – Київ : Лібра, 2006. 368 с.
8. Рудько, Г. І., Адаменко, О. М. Землелогія. Екологоресурсна безпека Землі. – Київ, 2009. 524 с.
9. Некос, В. Ю., Некос, А. Н., Сафранов, Т. А. Загальна екологія та неоекологія : підручник для студ. екол. спец. вищих навч. закладів. – Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. 588 с.
10. Герасимчук, З. В., Вахович, І. М. Організаційно-економічний механізм формування та реалізації стратегії розвитку регіону : монографія. – Луцьк : Вид-во ЛДТУ, 2022. 248 с.
11. Безпека регіонів України і стратегія її гарантування / Данилишин Б. М., Степаненко А. В., Ральчук О. М. та ін. ; за ред. Б. М. Данилишина. – Київ : Наук. думка, 2018. – У 2-х т. – Т. 1 : Природно-техногенна (екологічна) безпека. – 392 с.
12. Екосередовище і сучасність. Т. 8: Природно-техногенна безпека / Дорогунцов С. І., Хвесик М. А., Горбач Л. М. та ін. Київ : Кондор, 2008. 528 с.
13. Сталий розвиток: світоглядна ідеологія майбутнього / Хвесик М. А., Бистряков І. К., Левковська Л. В., Пилипів В. В; за ред. акад. НААН України М. А. Хвесика. Київ: ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розв. НАН України», 2012. 465 с.

14. Сучасні тенденції формування екологічної інфраструктури природокористування : монографія / Харічков С. К., Бережна І. В., Купінець Л. Є. та ін. ; за ред. д-ра екон. наук, проф. С. К. Харічкова. – Одеса : Ін-т пробл. ринку та екон.-екол. дослідж., 2012. 356 с.

15. Регіони України : статист. зб. / за ред. І. Вернера. Київ : Держ. служба статистики України, 2022. 276 с.

16. Самойлік, М. С., Онищенко, С. В. Еколого-економічна оцінка забруднення навколишнього середовища в системі екологічно безпечного розвитку регіонів України : монографія. Полтава : ПолтНТУ, 2012. 269 с.

17. Костюк, В. О. Прикладна статистика : навч. посіб. / В. О. Костюк ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2015. 192 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 07.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

UDC 591.9:595.42
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.30

SYNANTHROPIC ACARIDIA MITES AND THEIR THE NUMBER IN FARM BUILDINGS IN THE TERRITORY OF THE TRANSCARPATHIAN REGION

Dudynska A.T. *– Candidate of Biological Sciences,*
Associate Professor at the Department of Zoology,
Uzhhorod National University
orcid.org/0000-0001-7461-0512
Romanko V.O. *– Candidate of Agricultural Sciences,*
Associate Professor at the Department of Geodesy, Land Management and Geoinformatics,
Uzhhorod National University,
Part-time Leading Specialist
Transcarpathian Phytosanitary Testing Laboratory of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection
orcid.org/0000-0002-5263-4190
Adamchuk L.O. *– Doctor of Technical Sciences,*
Senior Research Fellow in the Sector of Bee Diseases,
Institute of Veterinary Medicine, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
orcid.org/0000-0003-2015-7956

The work is devoted to the study of the structure of acarid mite communities in synanthropic conditions and changes in their numbers under the influence of environmental factors at different altitudes. Purpose: to study the influence of various climatic conditions, altitude, and farm buildings on the abundance of synanthropic storage mites of dominant and subdominant species from the Acaridia group in the Transcarpathian region. Research objects – synanthropic storage mites from the Acaridia group. Research material – litter and fodder for animal collected from various farm buildings: haylofts, chicken coops, cowsheds, storage rooms, and outbuildings. Methods: analytical review on the subject of research; analysis of the biological characteristics of storage mites; experimental – microscopy for identifying mites and their numbers; determination of biodiversity indicators: dominance index, density and frequency of occurrence; mathematical and statistical – using computer mathematical functions built into the Microsoft Excel program 2003. Results. In the synanthropic conditions studied, 10 species of acarid mites were identified, which corresponded to the categories «dominant species» and «subdominant species». Namely, eight species – Tyrolichus casei, Tyrophagus perniciosus, Neoacotyledon sokolovi, Chortoglyphus arcuatus, Gohieria fusca, Lepidoglyphus burchanensis, Glycyphagus domesticus, and Lepidoglyphus destructor were classified as «subdominant species», regardless of the type of farm buildings, vertical zoning, and climatic conditions. The «dominant species» in the foothills and mountainous conditions included A. siro and T. putrescentiae. Meanwhile in the lowlands, only A. siro was the «dominant species». Conclusions. Among farm buildings, the highest number of acarid mites (dominant and subdominant species) was observed in cowsheds – 33.72 %, and the lowest – in haylofts, 12.29 % of the total number. The highest biodiversity indicators of acarid mites were observed in the foothills (the average number of mites in 1 sample was 7.86, density – 0.98, frequency of occurrence – 58.13, dominance index – 5.21). The lowest indicators were in the mountainous area (the average number of mites in 1 sample was 5.15, density was 0.64, frequency of occurrence was 44.94) and in the lowlands (dominance index was 4.22). The variety

© Dudynska A.T., Romanko V.O., Adamchuk L.O., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

of farm buildings and altitudinal zoning had different effects on the diversity and the number of acarid mites. The indicators of some mite species differed significantly from the general values.

Key words: *mites (dominant and subdominant species), altitudinal zonation, biodiversity indices.*

Дудинська, А.Т., Романко В.О., Адамчук Л.О. Синантропні акаридієві кліщі та їх чисельність в господарських будівлях на території закарпатської області

Робота присвячена дослідженню структури угруповань акаридієвих кліщів у синантропних умовах та зміни їх чисельності під впливом факторів навколишнього середовища за різної висотної зональності. Мета: дослідження впливу різних кліматичних умов, висотності та господарських будівель на чисельність синантропних комірних кліщів видів-домінантів та субдомінантів з групи Acaridia на території Закарпаття. Об'єкти досліджень. Синантропні комірні кліщі з групи Acaridia Матеріал досліджень – підстилка та корм для тварин, зібрані з різних господарських будівель: оборіг з сіном, курятники, хліви та складські приміщення домогосподарств. Методи: аналітичний огляд по тематиці досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців, аналіз біологічних особливостей комах-шкідників; експериментальний – мікроскопіювання для ідентифікації кліщів та їх чисельності; визначення показників біорізноманіття: індексів домінування, щільності та частоти трапляння; математико-статистичний – за допомогою комп'ютерних математичних функцій, вбудованих у програму Microsoft Excel 2003. Результати. В синантропних досліджуваних умовах виявляли 10 видів акаридієвих кліщів, які відповідали категоріям «види-домінанти» та «види-субдомінанти». А саме 8 видів – Tyrolichus casei, Tyrophagus perniciosus, Neoacotyledon sokolovi, Chortoglyphus arcuatus, Gohieria fusca, Lepidoglyphus burchanensis, Glycyphagus domesticus та Lepidoglyphus destructor відносили до категорії «види-субдомінанти», незалежно від типу господарських будівель, вертикальної зональності та кліматичних умов. До «домінантних видів» у передгір'ї та гірських умовах відносили A. siro та T. putrescentiae. Тоді як на низовині до «домінантних видів» належав лише A. siro. Висновки. Серед господарських будівель найвищу чисельність акаридієвих кліщів (видів-домінантів та субдомінантів) спостерігали у хлівах – 33,72 %, а найнижчу – в оборогах з сіном 12,29 % від загальної кількості. Найвищі показники різноманіття акаридієвих кліщів спостерігали у передгір'ї (середня кількість кліщів в 1 пробі становила 7,86, щільність – 0,98, частота трапляння – 58,13, індекс домінування – 5,21). Найнижчі показники були у гірській зоні (середня кількість кліщів в 1 пробі становила – 5,15, щільність – 0,64, частота трапляння – 44,94.) та на низовині (індекс домінування – 4,22). Різновидність господарських будівель та висотна зональність ***по-різному*** *впливали на різноманіття та чисельності акаридієвих кліщів. Показники у деяких видів кліщів значно відрізнялися від загальних значень.*

Ключові слова: *кліщі (види-домінанти та субдомінанти), висотна зональність, показники різноманіття.*

Relevance of the research topic and problem statement

Acarid mites are among the most common pests found in food storage and processing environments. These species are cosmopolitan in distribution, inhabiting a wide range of plant products. According to Jan Hubert (2012) and D. Collins (2012), the ability of these to exploit conditions of and organic-rich substrates makes them particularly harmful in poorly ventilated areas [1, 2].

The economic damage caused by storage mites is determined by many factors Thus, the authors Patrcia Vogel et al. (2021) and A. Malik et al. (2018) argue that as a result of the vital activity of mites, the mass of products decreases and its quality decreases They acquire a musty smell, becoming lumpy and unsuitable for human consumption and animal feed. Seed germination is significantly reduced [3, 4].

An analysis of recent studies and publications has shown that research is mainly conducted on the biology and development of acarid mites, their harmfulness, and control using various methods and preparations. In particular, the toxic effect of preparations that are alternative to chemical disinfection, such as inert powders, is being studied; determining the effectiveness of heat treatments against pests; increasing the range of

fumigants and their preparative forms, including chemical ones, for disinfection of plant products.

Thus, Sally Abbar et al. (2016) demonstrated that treatment with extreme temperatures can cause the mortality of *Tyrophagus putrescentiae* mite eggs [5].

The results of studies by Christos G. et al. (2025) on inert powders showed that zeolite was more effective than kaolin, regardless of dosage. 100% mortality of *T. putrescentiae* mites was determined at a concentration of 1000 ppm of zeolite in 72 hours. In contrast, survival of *T. putrescentiae* was observed at all doses of kaolin [6].

According to Nihal Kilic (2022), inert powders such as diatomite (obtained from fossilized remains of diatoms) were noted to have acaricidal properties for 24 hours and 25 °C against *T. putrescentiae* [7].

Maria Boukouvala et al. (2025) demonstrate the acaricidal efficacy of two inert diatomite-type powders, tested against different stages of development of *Acarus siro* and *T. putrescentiae* on wheat at two dose options. Both preparations demonstrated a dependence of efficacy (within the range of 84.4-97.0 %) on dosage and duration of treatment against acarid mites at all stages of development [8].

According to Zhao Y. et al. (2015), fumigation of dry-cured ham with phosphine against *T. putrescentiae* resulted in 99.8 % mortality at the post-embryonic stages [9].

Md. Mahbub Hasan et al. (2019) prove that *T. putrescentiae* eggs were more resistant to both fumigants compared to the mobile stages of mites [10].

According to Sally Abbar et al. (2018), a 36-hour fumigation at 1400 h*g (the product of concentration and fumigation duration) provided 100% mortality of all stages of the mite life cycle at 40 °C. Mite eggs, which were identified as the most resistant to the fumigant, were found to be more resistant to the fumigant [11]. However, further lowering of temperature negatively affected the effectiveness of sulfuryl fluoride. Thus, Md. Mahbub Hasan et al. (2021) demonstrate a slight mortality of mites when treated with sulfuryl fluoride for 48 hours at 23 °C [12].

A similar opinion was expressed by Romanko V. and Dudynska A. (2023) regarding the study of the toxic effect of phosphine, both individually and in combination with carbon dioxide. Unlike storage mites, when phosphine was used with carbon dioxide against insect pests of the genus *Sitophilus* and *Ephestia* at the same time, both the synergism of the gases and their effectiveness were noted [13].

There are a number of works on the features of the biology, development and harmfulness of *Carpoglyphus lactis*. This is a common species, which, according to Jan Hubert et all. (2014), is found in dried fruits, flour, wine, beer, dairy products, jams and honey [14]. Hamasen Aliakbarpouri, Qing-Hai Fan (2022) emphasize that *C. lactis* is cosmopolitan and has also been found on dead insects (mainly flies and beetle larvae), in bat roosts, beehives, and farm buildings [15]. However, according to Anar Bakr, et all. (2021), this species is primarily associated as a pest of stored products, which is successfully bred in laboratory conditions on dried apricots [16].

Literature data on the study of acarofauna in synanthropic conditions are limited. Thus, the presence of this mite in bee colonies on old honeycombs and in honey was noted in the works of a number of authors. In particular, Thi-Thu Nguyen et all. (2024) note that *Apis mellifera* colonies, especially weak ones, are very vulnerable to *C. lactis* mites, which can quickly infect and consume accumulated pollen, which leads to the weakening of colonies and their potential collapse [17]. Vijayakumar K. et all. (2013) draw attention to the fact that infection of *Trigona iridipennis* colonies with mites usually begins on honeycombs with pollen, and then spreads to honeycombs with brood.

They believe that the nutritional component of brood food quickly stimulates the growth of mites [18].

The presence of *C. lactis*, *Glycyphagus domesticus*, and *Tyrophagus longior* in hives in Great Britain was noted by Bowman, Clive (2023) [19].

Darliane Evangelho Silva et al. (2024) identified the mites' fauna in different environments of the chocolate production system in southern Brazil. In total, mites belonging to the families Acaridae, Anystidae, Blattisociidae, Cheyletidae, Glycyphagidae, Laelapidae, Pyemotidae, Tarsonemidae, Tetranychidae, Tydeidae, as well as Oribatida and Uropodina were found [20].

Henszel Ł. et al. (2011) determined the composition of acarofauna in samples of litter and animal feed taken from agricultural buildings in northwestern Poland. The results confirmed the high frequency of mites in the studied farm buildings [21].

Nickolas Palyvos et al. (2008) conducted a faunistic study of mites in synanthropic conditions in Greece. The study was conducted on grain crops (wheat, corn, oats, barley), flour, bran, industrial agricultural food products, dried fruits (walnuts, raisins), residues, and dust stored in warehouses. The highest levels and percentages of mite infestation were found in residual samples [22].

Kučerová Z. & Horák P. (2018) studied acarofauna on seed samples mainly of vegetable crops. Of these, 60 % were found to be infected with 14 species of mites [23].

It should be noted that this group of mites is also found in many biocenoses. Thus, within Ukraine, little research has been conducted on the complexes of these pests in semi-natural and anthropogenic biotopes over the last two decades. In particular, Oksentiuk Ya. et al. (2022) studied species groups of acarid mites in agricultural and industrial areas in the Polissya region (Zhytomyr region) [24].

Zhovnerchuk O.V. et al. (2024) studied other groups of mites, namely the Tetranychidae and Phytoseiidae families, in the conditions of the studied region (Transcarpathia) in different vertical zones. It was proved that the species composition of mites was significantly influenced by vertical zonation [25].

Dudynska A. et al. (2023) studied acarid mites in terms of fauna and ecology in the territory of Transcarpathia. However, the authors did not study in detail the species affiliation of mites and their abundance, depending on different farm buildings with reference to vertical zonation, which necessitated further scientific research in this direction [26].

Thus, the aim of the scientific research was to study and conduct a comparative analysis of the number of acarid mites of dominant and subdominant species in Transcarpathia under different climatic conditions, altitudinal zonation, and farm buildings.

Research methodology

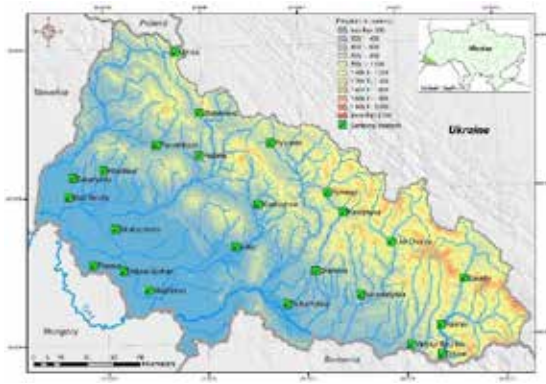
Observation and sampling of mites were carried out in chicken coops, cowsheds, storage rooms and haylofts during the summer period from 2018 to 2025. A total of 565 samples were collected and processed in synanthropic areas in the lowlands, foothills, and mountainous areas.

The material collection and analysis were performed in accordance with methods having been adapted to acarological studies. For quantitative collection, the Berleze method with Tulgren modification was used. All mite counts were performed using an Omax binocular microscope. The collected material was stored in entomological tubes in a 70 % alcohol solution. To determine the species composition of acarid mites, permanent preparations were made using Hoyer's mounting fluid. Mathematical functions built into Microsoft Excel were used for statistical processing. To characterize species biodiversity, dominance, density, and frequency indices were determined [26].

A hypsometric and a climatic map were developed using modern geoinformation systems in the ArcGIS 10.4.1 software environment, showing the sampling points during the fi eld research period [27].

The choice of collection site was determined by the landscape and climatic characteristics of different altitude zones, as this could potentially affect the species diversity and distribution of mites. Also, within a single settlement, samples were collected from different farm buildings.

Thus, taking into account the indicators of vertical zonation (Fig. 1a), the average monthly temperature in July (Fig. 1b), and the average annual precipitation (Fig. 1c), the territory of the collection sites was conditionally divided into three parts (zones):



а

б

в

Fig. 1. Map of acarid mites' collection sites in Transcarpathian Region: a – map of Transcarpathian Region by altitudinal zonation; b – air temperature map of Transcarpathian Region; c – precipitation map of Transcarpathian Region [26]

1. «Lowland» with parameters (from 100 to 200 meters above sea level; from "18" to "21 and above" °C; from "less than 700" to "800" mm). This zone included such settlements as: Velyka Beyhan, Mali Heyivtsi, Baranyntsi, Strabichovo, Khudlovo, Popovo, Muzhiyevo, and Sokyrnytsya.

2. «Foothills» (from 201 to 400 meters above sea level; within 16–17 °C; within 800– 1000 mm). This zone included such settlements as: Dilove, Polyana, Dragovo, Poroshkovo, Kushnytsya, Novoselytsya, Bilky and Velikiy Bychkiv.

3. «Mountain» zone with indicators (over 401 meters above sea level; within “17” and “less than 15” °C; within 900–1000 mm). This zone included such settlements as: Rakhiv, Synevyr, Zhdenievo, Pylypets, Uzhok, Kolochava, Ust-Chorna i Keveliv (fig. 1).

Thus, each zone was represented by 8 settlements where material was collected. In each settlement, farm buildings were selected in this way, in which, at the same time, it was possible to collect material (litter) of haylofts (1), chicken coops (2), of cowsheds (3) of storage rooms (4).

Research results

It should be noted that not all collection sites were subject to the parameters of the zones we have listed. For some settlements, it was necessary to apply an individual approach, which was based on the values of altitude zoning indicators and climatic conditions.

For example, the village of Uzhok was classified as a “mountainous area.” Despite relatively high temperatures (16-17 °C), this settlement is located at a fairly high altitude (576 meters above sea level), which is why Uzhok was classified as a “mountainous area.” Similarly, despite being located 173 meters above sea level, the village of Bilky was classified as a “foothill zone” because the average monthly precipitation and July temperature were only 800-900 mm and 17 °C, respectively. These values differ significantly from the climatic indicators of the “Lowlands”.

In general, the amplitude of the vertical zonation of the collection sites ranged from 103 (Mali Heyivtsi) to 627 meters above sea level (Synevyr); temperature ranged from“21 °C and above” (Strabichovo, Mali Heyivtsi, Muzhiyevo, Velyka Beyhan, Popovo) to “less than 15 °C” (Pylypets); the amount of precipitation ranged from“less than 700” (Popovo, Velyka Beyhan, Mali Heyivtsi, Muzhiyevo) to 1000 mm (Dragovo, Kushnytsya, Novoselytsya, Rakhiv, Polyana, Pylypets, Synevyr, Ust-Chorna, Kolochava, Keveliv).

A correlation was ascertained between the above parameters: direct correlation between vertical zonation and precipitation (0.81); inverse correlation between vertical zonation and temperature (-0.87), as well as between temperature and precipitation (-0.92).

According to these studies, a total of 26 species of acarid mites were found in farm buildings in Transcarpathia (25 in the lowlands, 22 in the foothills, and only 17 in the mountainous areas). Of these, 10 species corresponded to the most numerous categories, namely “dominant species” and “subdominant species. These are five species, namely *Acarus siro*, *Tyrolichus casei*, *Tyrophagus putrescentiae, Tyrophagus perniciosus, Neoacotyledon sokolovi,* which belong to the Acaridae family; the species *Chortoglyphus arcuatus*, which belongs to the Chortoglyphidae family; and four species – *Gohieria fusca, Glycyphagus domesticus, Lepidoglyphus burchanensis, Lepidoglyphus destructor,* which belong to the Glycyphagidae family.

The difference in species composition and number of mites in different vertical zones is indicated by the research of Zhovnerchuk O.V. et al. (2024). The species composition of tetranychids was highest in the lowlands (23), slightly lower in the foothills (19), and lowest in the mountainous zone (11 species). For other mites – phytocide’s – species richness was highest in the foothills (38 species), 25 in the lowlands, and lowest in the mountainous area with 21 species. The authors explain this difference by the significant differences in temperature and humidity regimes between altitude zones, as well as the different range of host plants that the studied groups of mites feed on [25].

In general, among farm buildings, the smallest number of synanthropic mites of dominant and subdominant species was found in haylofts – only 39.87 individuals per

sample on average, or 12.29 % of the total number in farm buildings. Within the altitude zones, the number varied from 9.94 % (lowlands) to 14.99 % (mountainous areas) of the total number of mites in farm buildings.

Significantly higher mite numbers were observed of storage rooms – 78.39 individuals in one sample, or 23.74 % of the total number. That is, compared to haylofts, the number of acarid mites of storage rooms was 1.93 times higher. Within the altitude zones, the number mites ranged from 22.65 % (lowlands) to 25.80 % (mountainous areas) of the total number.

In chicken coops, the number of mites was 103.61 individuals, or 30.26 % of the total number. That is, the number of acarid mites was 2.46 times higher than in haylofts. Depending on the altitude above sea level, the number of mites ranged from 25.13 % (mountainous areas) to 34.98 % (lowlands) of the total number.

The highest mite numbers were observed in barns – 112.81 individuals, or 33.72 % of the total. That is, compared to haylofts, the number of acarid mites in barns was 2.74 times higher. Within the altitude zones, the number of mites ranged from 32.42 % (lowlands) to 34.66% (foothills) of the total number.

This sequence of values is probably due to the more optimal conditions for the development of mites of cowsheds, where relatively stable and high temperature and humidity levels are maintained, as well as a sufficient amount of nutritious substrate.

However, it should be noted that the number of some individual mites of dominant and subdominant species and their ratio in farm buildings differed significantly from the above-mentioned general values. In particular, *T. casei* was noted for its low number in haylofts and high numbers of these mites in storage rooms. Thus, the average number of *T. casei* and its percentage ratio in farm buildings was as follows: in haylofts – only 0.21 individuals, or 1.79 % of the total number; in chicken coops – 3.35 individuals, or 28.78 %; in storage rooms – 3.67 individuals, or 31.50 %; the highest indicator was in cowsheds – 4.42 individuals, or 37.94 % (Figs. 2, 3).

In contrast to the general indicators, *T. perniciosus* was noted for its low numbers in haylofts and high numbers in chicken coops and cowsheds. Thus, the average number of *T. perniciosus* and its percentage in farm buildings was as follows: in haylofts – only 0.20 individuals, or 1.59 % of the total number; in storage rooms – 3.55 individuals, or 28.27%; in chicken coops – 4.28 individuals, or 34.04 %; the highest indicator was in cowsheds – 4.53 individuals, or 36.10 % (Figs. 2, 3).

C. arcuatus did not show significant amplitude in numbers in different altitude zones and farm buildings. In addition, a high number of mites was observed in haylofts, at 3.78 individuals, or 18.66 %. In other farm buildings, the numbers of *C. arcuatus* were as follows: in chicken coops – 5.13 individuals, or 25.37%; in storage rooms – 5.33 individuals, or 26.36 %; the highest indicator was in cowsheds – 5.99 individuals, or 29.61 % (Fig. 2, 3).

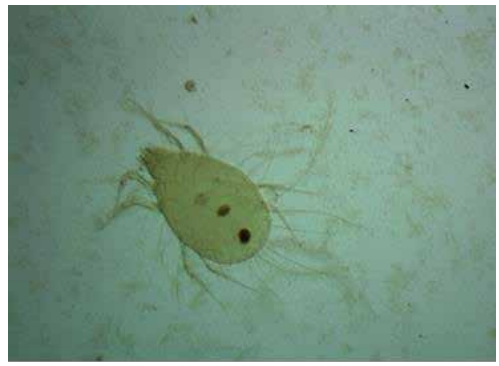
Unlike the overall indicators, the highest number of *L. destructor* was found in storage rooms -7.57 individuals, or 37.27 %. In addition, a low number of mites was observed in haylofts – 0.94 individuals, or 4.64 %. In other farm buildings, the number of *L. destructor* was as follows: in chicken coops – 5.04 individuals, or 24.84 %; in cowsheds – 6.75 individuals, or 33.25 %.

A distinctive feature of *G. fusca* was that their highest its numbers were found in storage rooms, amounting to 6.15 individuals or 44.27 %. In addition, a relatively low number of mites was observed in cowsheds and chicken coops, at 2.49 individuals, or 17.94 %, and 2.84 individuals, or 20.46 %, respectively. In contrast to the overall indicators, a high number of *G. fusca* was also noted in haylofts, at 2.41 individuals, or 17.34 %.

Tyrolichus casei

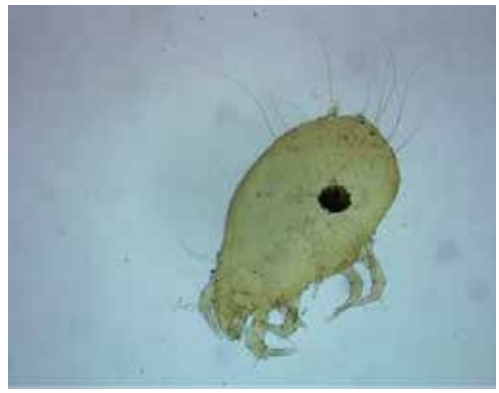
Tyrophagus perniciosus

Chortoglyphus arcuatus



Glycyphagus domesticus

hypopus and adult *Acarus siro*



Tyrophagus putrescentiae

Fig. 2. General view of acarid mites

Source: compiled by the authors

A special feature of *L. burchanensis* was that the highest its number was observed in chicken coops – 11.53 individuals or 40.07 %. Besides, they noted a low number of mites in haylofts – 0.73 individuals or 2.52 %. In other farm buildings, the number of *L. burchanensis* was as follows: in storage rooms – 5.61 individuals or 19.48 %; in cowsheds – 10.92 individuals or 37.93 % (Fig. 3).

In species such as *A. siro*, *T. putrescentiae*, *N. sokolovi*, *Gl. domesticus* (Figs. 2, 3), a similar distribution of mite numbers was observed in farm buildings with overall values.

Our research partially agrees with the data of a number of authors. Thus, Oksentiuk Ya. et al. (2022) found 30 species of mites in agricultural facilities (barns for storing animal feed, farm buildings, beehives, and vegetable storage facilities), while in our case, we found 26 species. For comparison, researchers found only 11 species of acarids in industrial facilities. The authors explain that the greater diversity of acarid species in agricultural facilities is due to more variable conditions, closer to natural ones, and less anthropogenic pressure compared to industrial facilities. The difference in the number of mites between them is due to compliance with sanitary and hygienic standards and methods of pest control in industrial facilities [24].

In Greece, Nickolas Palyvos et al. (2008) recorded the highest numbers in samples from bedding materials or residual materials in agricultural storage facilities [22].

The results of Henszel Ł. et al. (2011) confirm the significant number of mites in the studied farm buildings. The greatest species abundance was observed in animal feed samples and samples from chicken coops, and the least in cow barn bedding [21].

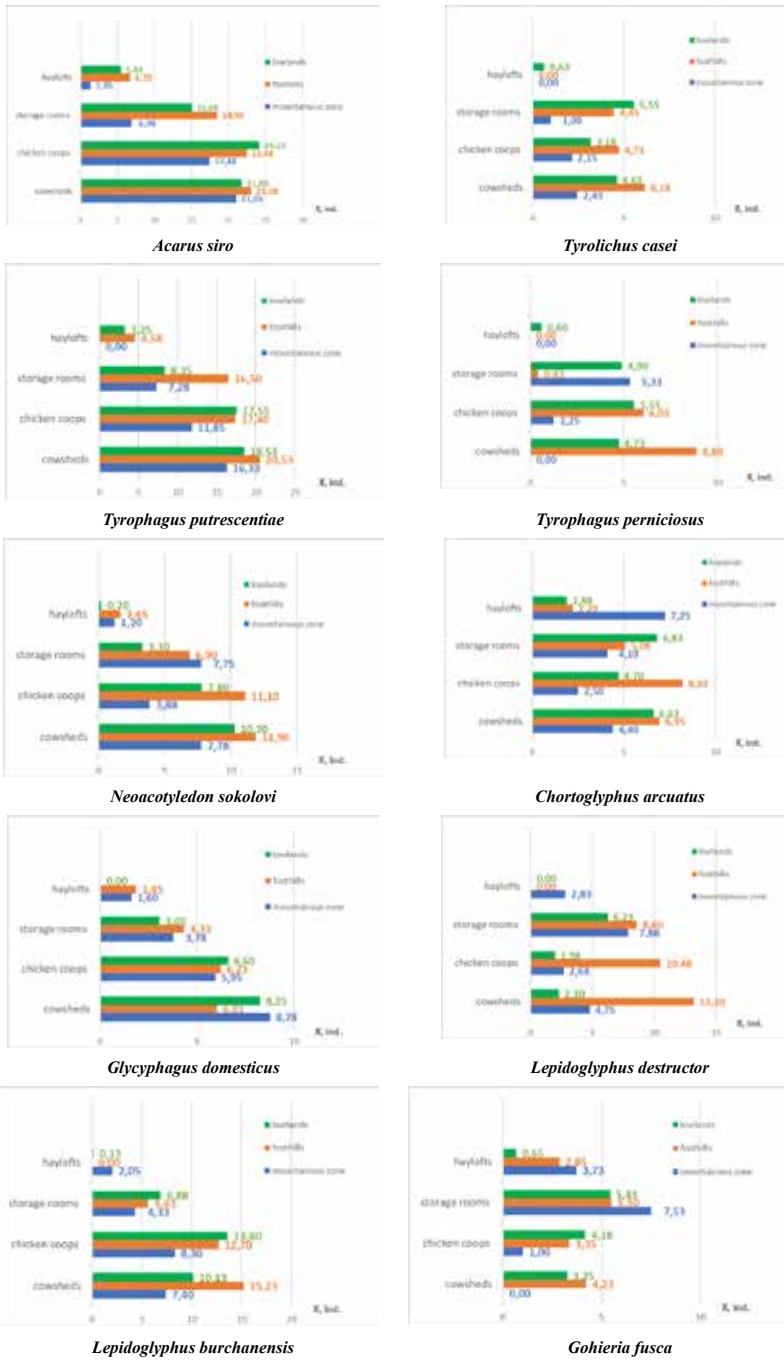
The general indicators of acarid mite diversity (dominant and subdominant species) in different areas of the Transcarpathia were as follows: in the lowlands, the average number of mites in 1 sample (further in the text $\bar{X}$, *ind.*) was 6.45, density (further in the text *V., ind*.) was 0.81, frequency of occurrence (further in the text *P., %*) was 50.75, and dominance index (further in the text *Di*) was 4.22. The diversity indicators of acarid mites in the foothills were higher than in the lowlands, which is probably due to more optimal climatic conditions for the development of mites. Thus, the $\bar{X}$ index was 7.86 *ind.*, *V.* – 0.98 *ind.*, *P.* – 58.13 %, *Di* – 5.21. The lowest indices were observed in the mountainous zone: $\bar{X}$ index – 5.15 *ind.*, *V.* – 0.64 *ind.*, *P.* – 44.94 %. The exception was *Di*, which was higher in the mountainous area (4.77) than in the lowlands.

However, it should be noted that the biodiversity indicators of some individual dominant and subdominant mites' species in different areas of the Transcarpathian region differed significantly from the above-mentioned general values. Thus, within the foothill zone, indicators such as $\bar{X}$ were 2.74 times higher for *T. casei*, 2.67 times higher for *V.*, 2.72 times higher for *P.*, and 4.25 times higher for *Di*. compared to the mountain zone. For comparison, the overall diversity indices of acarid mites in the foothills were 1.52, 1.53, 1.29, and 1.09 times higher than in the mountainous zone, respectively (Fig. 4).

Unlike the overall values, in *T. perniciosus*, biodiversity indicators were highest in the lowlands ($\bar{X}$ – 3.94, *V.* – 0.49, *P.* – 33.75, *Di*. – 1.45). The corresponding indices in mountainous areas were significantly lower, namely 2.40, 2.33, 2.16, and 3.22 times lower, respectively.

Among *N. sokolovi* mites, the lowest diversity indices were found in the lowlands ($\bar{X}$ – 5.38, *V.* – 0.67, *P.* – 48.13, *Di*. – 2.81). In the foothills, these indicators were higher by 1.47, 1.48, 1.49, and 1.99 times, respectively.

In terms of vertical zonation, analysis of quantitative indicators of *C. arcuatus* biodiversity showed that, unlike the above-mentioned species, there were no significant differences in their values. Thus, the highest indicators ($\bar{X}$ – 5.61, and *V.* – 0.7) were observed in the foothill zone; *P.* (51.88) – in the lowlands, and *Di.* (3.87) – in the mountain zone.



Acarus siro | *Tyrolichus casei*

Tyrophagus putrescentiae | *Tyrophagus perniciosus*

Neoacotyledon sokolovi | *Chortoglyphus arcuatus*

Glycyphagus domesticus | *Lepidoglyphus destructor*

Lepidoglyphus burchanensis | *Gohieria fusca*

Fig. 3. Number of acarid mites (dominant and subdominant species) in farm buildings in different areas of Transcarpathia

Note: X, ind. – the average number of mites in 1 sample
Source: compiled by the authors

Unlike the mentioned species, *Gl. domesticus* diversity indicators were highest in the mountainous area ($\bar{X}$ – 5.03, *V.* – 0.63, *P.* – 48.75, *Di*. – 4.26). Meanwhile, the lowest indices, $\bar{X}$ – 4.48 and V. – 0.56, were observed in the lowlands, and *P. (*40.0) and *Di.* (1.81) – in the foothills.

In *L. destructor*, biodiversity indicators were highest in the foothills ($\bar{X}$ – 8.07, *V.* – 1.01, *P.* – 66.88, *Di.* – 5.31). In contrast to the general indicators, the lowest diversity values for mites were observed in the lowlands, which were 3.07, 3.06, 1.95, and 5.04 times lower than in the foothills, respectively.

Analysis of biodiversity indicators for *G. fusca* in different areas of the Transcarpathian region showed insignificant differences in their values. Slightly lower values were found in the mountainous area. Thus, the value of $\bar{X}$ was 3.06, *P.* – 38.13, and *V.* – 0.38. However, *Di*. was the highest and was – 2.03. Another's highest indicators of diversity of *G. fusca* were determined in other zones. Thus, in the foothills, $\bar{X}$ was 3.98, and the indicator *V.* was 0.5. The indicator *P.* (42.5) was found in the foothills and lowlands.

In species such as *A. siro, T. putrescentiae*, and *L. burchanensis*, a similar distribution of mite diversity across vertical zonation was observed, with general values.

In general, among acarid mites, *A. siro* had the highest biodiversity indexes and number of mites, which was classified as a "dominant species" in all vertical zones. Thus, depending on the zone, the *Di* ranged from 13.1 to 15.02; *V.*–from 1.46 to 2.21; *P.*–from 64.38 to 86.25; and $\bar{X}$ – from 11.69 to 17.69. The number of individuals, depending on the farm buildings, varied from 1.35 to 24.15. The highest number of *A. siro* was observed in cowsheds and chicken coops–35.83 and 34.84 % of the total number, respectively (Fig. 2, 4).

T. putrescentiae should also be included in the category of "dominant species." However, in the lowlands, the *Di* was only 9.23, which is equivalent to "subdominant species." The highest biodiversity indices for this species of mites ($\bar{X}$ – 14.75, *V.* – 1.84, *P.* – 80, *Di.* – 11.62) were observed in the foothills. In farm buildings, the highest number of *T. putrescentiae* was observed in cowsheds – 38.96 of the total number (Fig. 2, 4).

The results of the study coincide with data from a number of works on biodiversity and dominance indicators in the acarofauna of species such as *A. siro* and *T. putrescentiae*. Thus, Henszel Ł. et al. (2011) prove that in samples taken from agricultural building bedding, the frequency of occurrence was 72.3 % for *Lepidoglyphus (Glycyphagus) destructor*, *Cheyletus* sp. (52.7), *A. siro* (41.8), and *T. putrescentiae* (40.0 %) [21].

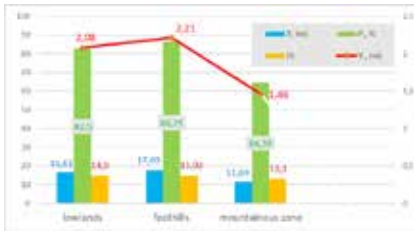
Nickolas Palyvos et al. (2008) found that among acarid mites collected from synanthropic environments, *L. destructor*, *T. putrescentiae*, and *A. siro* were dominant [22].

When studying the mite fauna during chocolate production in southern Brazil, Darliane Evangelho Silva et al. (2024) found that *Brachytydeus oregonensis* and *T. putrescentiae* were the most numerous species [20].

Kučerová Z., Horák P. (2018) demonstrated that in seed samples of predominantly vegetable crops, *A. siro* was the dominant pest mite in all indicators studied. Species such as *T. putrescentiae* and *L. destructor* also showed high indicators [23].

Oksentiuk Ya. et al. (2022) prove that in samples collected from various industrial facilities in the Zhytomyr region, the dominant species were *A. siro* (*Di*. – 17.76), *Gl. domesticus* (*Di*. – 10.6), and *L. destructor* (*Di*. – 7.22) [24].

Thus, based on the analysis of the collected material in various farm buildings, the diversity of acarid mites and their numbers in the Transcarpathian region have been determined.

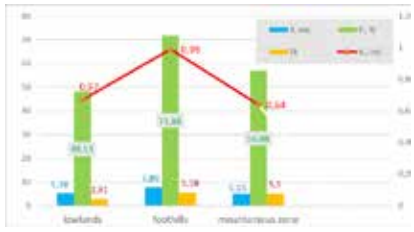


Acarus siro

Tyrolichus casei

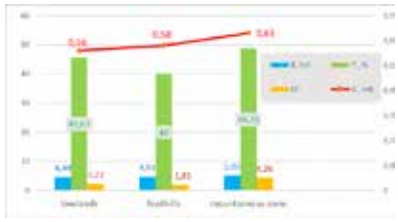
Tyrophagus putrescentiae

Tyrophagus perniciosus

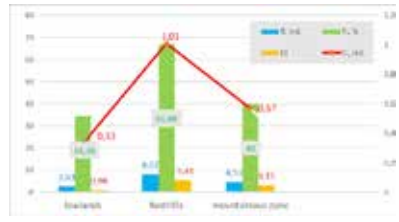


Neoacotyledon sokolovi

Chortoglyphus arcuatus



Glycyphagus domesticus



Lepidoglyphus destructor

Lepidoglyphus burchanensis

Gohieria fusca

Fig. 4. Biodiversity indicators of acarid mites (dominant and subdominant species) in different areas of Transcarpathian region

Note: Di – dominance index, V, ind. – density (individuals); P % – frequency of occurrence; X, ind. – the average number of mites in 1 sample

Source: compiled by the authors

Conclusions and prospects for further research

Ten species of acarid mites were found in farm buildings in the Transcarpathian region, corresponding to the categories "dominant species" and "subdominant species."

In general, haylofts, independently of zoning, had the lowest numbers of acarid mites (only 39.87 individuals on average, or 12.29 % of the total number in farm buildings). Within the altitude zones, the abundance ranged from 9.94 % (lowlands) to 14.99 % (mountainous areas) of the total number of mites. The highest number of acarid mites was found in cowsheds – 112.81 individuals, or 33.72 % of the total number. Within the altitude zones, the number ranged from 32.42 (lowlands) to 34.66 % (foothills) of the total number.

The number of some singly collected mites of dominant and subdominant species and their proportion in farm buildings differed significantly from the above-mentioned general values. In particular, the highest numbers of *L. destructor* and *G. fusca* were found in storage rooms – 7.57 individuals, or 37.27 %, and 6.15 individuals, or 44.27 %, respectively. The highest number of *L. burchanensis* was observed in chicken coops – 11.53 individuals, or 40.07 %. A high number of *G. fusca* was found in haylofts – 2.41 individuals, or 17.34 %, and a very low number was in *T. perniciosus* and *T. casei* – only 0.20 individuals, or 1.59 %, and 0.21 individuals, or 1.79 %, respectively, of the total number.

The general indicators of acarid mite diversity (dominant and subdominant species) in different areas of the Transcarpathian region were as follows: in the lowlands, the average number of mites was 6.45, density was 0.81, frequency of occurrence was 50.75, and dominance index was 4.22. The highest biodiversity indicators for acarid mites were observed in the foothills, and the lowest in the mountainous zone.

Unlike the general values in *N. sokolovi* and *L. destructor*, the lowest biodiversity indicators were found in the lowlands; in *Gl. domesticus*, the highest were in the mountainous zone; in *T. perniciosus*, the highest were in the lowlands, and in *C. arcuatus* and *G. fusca*, no significant difference in biodiversity indicators was observed in different vertical zones.

In our opinion, further research in this area is also relevant in other territories of the Carpathian region, in particular in the Lviv and Ivano-Frankivsk regions.

Funding: This work was funded by the International Visegrad Fund under the Project ID 52510340 Title, 2025-2026.

Part of the research was funded by the National Scholarship Programme of the Slovak Republic (NSP), awarded to Leonora Adamchuk under application ID 57381.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Acknowledgments: The co-author, Andreia Dudynska, gratefully acknowledges the support of the International Visegrad Fund under Research Internship ID 52510340, within which new knowledge and scientific results were obtained.

The co-author, Leonora Adamchuk, gratefully acknowledges that the results presented in this article were achieved during a research stay in Slovakia supported by the National Scholarship Programme of the Slovak Republic (NSP), ID 57381.

REFERENCES:

1. Hubert Jan. The Pest Importance of Stored Product Mites (Acari: Acaridida). Nova Publisher ISBN: 978-1-61942-086-1. 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/259470810

2. Collins D.A. A review on the factors affecting mite growth in stored grain commodities. *Exp. Appl. Acarol*. 2012. 56, 191-208. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10493-012-9512-6

3. Vogel Patrcia, Liberato da Silva Guilherme, Zanatta Esswein Isadora, Dallazen Maria Cristina, Heidrich Daiane, Pagani Danielle Machado, Hoehne Lucélia, Scroferneker Maria Lúcia, Valente Patricia, Ferla Noeli Juarez. Effects of infestations of the storage mite *Tyrophagus putrescentiae* (Acaridae) on the presence of fungal species and mycotoxin production in stored products. *J. Stored Prod. Res*. 2021. 94, doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101883

4. Malik A., Gulati R., Duhan K., Poonia A. *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acari: Acaridae) as a pest of grains: A review. J. *Entomol. Zool. Stud*. 2018. 6, 2543–2550 URL: chrome-extension: //efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue2/PartAC/6-2-135-200.pdf

5. Abbar Sally, Schilling Wes, Phillips Thomas. Time–Mortality Relationships to Control *Tyrophagus putrescentiae* (Sarcoptiformes: Acaridae) Exposed to High and Low Temperatures. *Journal of Economic Entomology.* 2016. 109(5): tow159 DOI: 10.1093/jee/tow159

6. Athanassiou Christos G, Rumbos Christos I., Agrafioti Paraskevi, Sakka Maria. Acaricidal Effect of Zeolite and Kaolin Against *Tyrophagus putrescentiae* on Wheat. *Agronomy.* 2025. 15(4):799 DOI: 10.3390/agronomy15040799

7. Kilic Nihal. Efficacy of dust and wettable powder formulation of Diatomaceous earth (Detech) in the control of *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acari: Acaridae). *Insects*. 2022. 13 (10): 857 DOI: 10.3390/insects13100857

8. Boukouvala, Maria, Filintas, Constantin, Kavallieratos Nickolas G. Acaricidal efficacy of diatomaceous earths on different Life Stages of *Acarus siro* L. and *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank). *Insects*. 2025. 16 (7): 693. DOI: 10.3390/insects16070693

9. Zhao Y, Sally, Abbar, Thomas, Phillips, Wes, Schilling. Phosphine fumigation and residues in dry-cured ham in commercial applications meat. *Science*. 2015. 107: 57-63. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.04.008

10. Md. Mahbub Hasan, Michael J. Aikins, Wes, Schilling, Thomas, Phillips. Comparison of methyl bromide and phosphine for fumigation of *Necrobia rufipes* (Coleoptera: Cleridae) and *Tyrophagus putrescentiae* (Sarcoptiformes: Acaridae). Pests of high-value stored products. *Journal of Economic Entomology*. 2019. 113 (1). DOI: 10.1093/jee/toz319

11. Sally Abbar, Ozgur Saglam, Wes Schilling, Tom Phillips. Efficacy of combining sulfuryl fluoride fumigation with heat to control the ham mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Sarcoptiformes: Acaridae). *Journal of Stored Products Research*. 2018. 76: 7-13 DOI: 10.1016/j.jspr.2017.11.008

12. Md. Mahbub Hasan, Michael J. Aikins, Wes Schilling, Thomas Phillips. Sulfuryl fluoride as a methyl bromide alternative for fumigation of *Necrobia rufipes* (Coleoptera: Cleridae) and *Tyrophagus putrescentiae* (Sarcoptiformes: Acaridae), major pests of animal-based stored products. *Journal of Stored Products Research*, 2021. 91:101769 DOI: 10.1016/j.jspr.2021.101769

13. Романко В.О., Дудинська А.Т. Синергізм суміші фосфіну та вуглекислого газу при фумігації проти хлібних шкідників запасів. *Аграрні інновації*, 2023. № 1. С. 113-119. doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.15

14. Hubert Jan, Nesvorná Marta, Kopecky Jan, Kopecky Jan. *Carpoglyphus lactis* (Acari: Astigmata) from various dried fruits differed in associated micro-organisms. *Journal of Applied Microbiology*. 2014. 118(2). DOI: 10.1111/jam.12714

15. Hamasen Aliakbarpouri, Qing-Hai Fan. The genus *Carpoglyphus* (Acariformes: Carpoglyphidae) *Zoosymposia.* 2022. 22: 231–23. doi.org/10.11646/zoosymposia.22.1.133

16. Anar Bakr, Hussien A. Rezk, Madiha M Abd El-Hamid, Sohair I Osman. Studying the Biology of *Carpoglyphus lactis* (L.) Reared on Dried Apricots and Its Control Using Plant Oil Extracts. *Alexandria Science Exchange Journal*. 2021. 42 (2): 4-7-411 DOI:10.21608/asejaiqjsae.2021.171640

17. Thi-Thu Nguyen, Mi-Sun Yoo, Hyang-Sim Lee, So-Youn Youn, Se-Ji Lee, Su-Kyoung Seo, Jaemyung Kim, Yun-Sang Cho. Molecular Identification and Prevalence of the Mite *Carpoglyphus lactis* (Acarina: Carpoglyphidae) in *Apis mellifera* in the Republic of Korea. *Insects*, 2024. 15(4), 271; doi.org/10.3390/insects15040271

18. Vijayakumar, K. Muthuraman, M., Jayaraj, R. Infestation of *Carpoglyphus lactis* (Linnaeus) (Acari: Carpoglyphidae) on *Trigona iridipennis* (Apidae: Meliponinae) from India. *Sch. J. Agric. Sci*., 2013. 3, 25–28 URL: https://www.researchgate.net/publication/258048605_Infestation_of_Carpoglyphus_lactis_Linnaeus_Acari_Carpoglyphidae_on_Trigona_iridipennis_Apidae_Meliponinae_from_India

19. Bowman Clive. Variation in the trophic morphology of *Astigmatid mites* common in UK beehives. *Proceedings of the 9th Symposium of the EurAAc, Bari, July, 12th–15th*. 2023. Volume: 63 Issue: Suppl pages: 4-16 doi.org/10.24349/z9n6-u3t3

20. Darliane Evangelho Silva, Rita T.L. da Silva, Almeida Paz, Noeli Juarez Ferla. Mites in chocolate production system: A case study in southern Brazil. *Systematic and applied acarology*. 2024. 29(4):501-510. DOI: 10.11158/saa.29.4.4

21. Łukasz Henszel, Elżbieta Kalisińska, Danuta I. Kosik-Bogacka, Wanda Kuźna-Grygiel. Preliminary Studies on Storage Mites in Litter and Animal Fodder Collected from Farm Buildings in Northwestern. *Poland Polish Journal of Environmental Studies*. 2011. 20 (3): 795-800. URL: https://www.researchgate.net/publication/287282301_Preliminary_Studies_on_Storage_Mites

22. Nickolas Palyvos, Nickolas G Emmanoue, Costas J Saitanis. Mites associated with stored products in Greece. *Experimental and applied acarology*. 2008. 44 (3): 213–226. DOI: 10.1007/s10493-008-9145-y

23. Kučerová Z., Horák P. Arthropod Infestation in Samples of Stored Seeds in the Czech Republic. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2018. 40 (No. 1):11-16. DOI: 10.17221/3694-CJGPB

24. Oksentiuk Ya. R., Liashevych A. M., Lupaina I. S. Acaridid mite species communities in agricultural and industrial objects of storing and concentration of nutritive substrates in Zhytomyr Polissia. *Zoodiversity.* 2022. 56 (4): 232–330. DOI: https://doi.org/10.15407/zoo2022.04.323

25. Zhovnerchuk O.V., Kolodochka L.O., Dudynska A.T., Abrazhevych P.A., Romanko V.O. Ecologo-faunistic review of tetranychid (Acariformes: Tetranychoidea) and phytoseiid mites (Parasitiformes: Phytoseiidae) in the Transcarpathian Region, Ukraine. *Systematic and Applied Acarology,* 2024. 29 (3), 411-433. https://doi.org/10.11158/saa.29.3.5

26. Dudynska A. T., Romanko. V. O., Dudynsky T. T., Karabiniuk M. M., Zhovnerchuk O. V. Species Diversity and Distribution of Synanthropic Acarid Mites (Acariformes, Acaridia) in Transcarpathia. *Zoodiversity*. 2023. Vol. 57 No. 4. https://doi.org/10.15407/zoo2023.04.283

27. Karabiniuk M., Melnychuk V., Romanko V., Radysh I., Kachailo, M. Pasture farming and its impact on the geoecological situation in the Rakhiv District of Transcarpathian Region. 16th International Conference *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Monitoring 2022*, 1-5 doi.org/10.3997/2214-4609.2022580156

Дата першого надходження рукопису до видання: 10.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 631.416.2
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.31

ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ РУХОМИМИ СПОЛУКАМИ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ВМІСТ ГУМУСУ ТА ЗМІНУ КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТІВ

Дмітрієвцева Н.В. *– к.с-г.н.,*
учений секретар,
Інститут сільського господарства Західного Полісся Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-7963-6436

У статті розглянуто вплив забруднення сполуками важких металів на вміст гумусу та зміну кислотності ґрунтів. Встановлено зниження рівня внесення мінеральних добрив майже у 2 рази та органічних добрив у 15 разів. Відмічено призупинення проведення робіт із хімічної меліорації, площі провапнованих ґрунтів скоротилися майже у 9 разів, відбувається не обґрунтоване внесення фізіологічно кислих добрив, що сприяє підкисленню ґрунтів, винесенню кальцію та магнію врожаєм сільськогосподарських культур. Результатами XI туру агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення встановлено, що 32,6% обстежених земель сільськогосподарського призначення мають кислу реакцію ґрунтового розчину. Результатами досліджень встановлено, що 31,4 % площ ґрунтів Рівненської області мають низьку та 50,2% середню забезпеченість умістом гумусу. Чорноземи, ясно-сірі та темно-сірі ґрунти Зони Лісостепу характеризуються середнім умістом гумусу. Дуже низьким умістом гумусу характеризуються дерново-підзолисті ґрунти зони. На лучних та торфово-болотних ґрунтах зони Лісостепу відмічно високий та дуже високий уміст гумусу. Дерново-підзолисті ґрунти зони Лісостепу характеризуютья близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину. Лучні та торфово-болотні ґрунти характеризуються слаболужною реакцією ґрунтового розчину. На чорноземних та ясно-сірих ґрунтах встановилася нейтральна реакція ґрунтового розчину. Для темно-сірих ґрунтів встановлено зміну реакції ґрунтового розчину з нейтральної до близької до нейтральної.

Для 6,9 % земель сільськогосподарського призначення Рівненської області встановлено дуже високий та високий рівень забруднення рухомими сполуками свинцю. Для 7,5 % земель сільськогосподарського призначення Рівненської області встановлено помірний та середній рівень забруднення рухомими сполуками кадмію. Проведеним кореляційно-регресійним аналізом встановлений дуже тісний та тісний зв'язки між впливом забруднення різних типів ґрунту свинцем, кадмієм, цинком і міддю та зміною кислотності ґрунту і вмістом гумусу, де коефіцієнти кореляції коливаються у межах r= 0,60-0,99.

Ключові слова: *ґрунт, моніторингова ділянка, важкі метали, кислотність ґрунту, органічна речовина, кореляційний аналіз.*

Dmitriievtseva N.V. Establishing the impact of pollution with mobile heavy metals on humus content and changes in soil acidity

The article examines the impact of heavy metal pollution on the humus content and changes in soil acidity. It was found that the level of mineral fertilizer application was reduced by almost 2 times and organic fertilizer application by 15 times. Chemical land reclamation work has been suspended, the area of calcified soils has decreased by almost 9 times, and physiologically acidic fertilizers are being applied without justification, which contributes to soil acidification and the leaching of calcium and magnesium by crop yields. The results of the 11th round of agrochemical certification of agricultural lands showed that 32,6% of the surveyed agricultural lands have an acidic soil solution reaction. The results of the research showed that 31,4% of the soil areas of the Rivne region have low and 50,2% have average humus content.

© Дмітрієвцева Н.В., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Chernozems, light gray and dark gray soils of the Forest-Steppe Zone are characterized by an average humus content. The sod-podzolic soils of the zone are characterized by a very low humus content. The meadow and peat-bog soils of the Forest-Steppe Zone have a significantly high and very high humus content. Sod-podzolic soils of the Forest-Steppe zone are characterized by a soil solution reaction close to neutral. Meadow and peat-bog soils are characterized by a slightly alkaline soil solution reaction. On chernozem and light gray soils, a neutral soil solution reaction was established. For dark gray soils, a change in the reaction of the soil solution from neutral to close to neutral was established.

For 6,9% of agricultural lands in the Rivne region, a very high and high level of contamination with mobile lead compounds was established. Moderate and medium levels of contamination with mobile cadmium compounds were found for 7,5% of agricultural land in the Rivne region.

The conducted correlation-regression analysis established a very close and close relationship between the impact of contamination of various types of soil with lead, cadmium, zinc and copper and changes in soil acidity and humus content, where the correlation coefficients range from r= 0,60-0,99.

Key words: *soil, monitoring area, heavy metals, soil acidity, organic matter, correlation analysis.*

Актуальність теми дослідження. Моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення це один із заходів у галузі охорони земель, оскільки основними завданнями моніторингу земель є прогноз еколого-економічних наслідків деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів.

Об'єктами дослідження є процеси, що протікають в основних типах ґрунтів Рівненської області. Предметом дослідження є агрофізичні показники та властивості основних типів ґрунтів Рівненської області. Дослідження проводилися на 16-ти моніторингових ділянках, розташованих на поширених ґрунтах зони Лісостепу Рівненської області. Мета досліджень полягає у встановленні закономірностей зміни агрохімічних показників основних типів ґрунтів зони Лісостепу Рівненської області. Для досягнення цієї мети передбачалось вирішити такі завдання: з'ясувати основні фактори антропогенезу, що сприяють погіршенню агрофізичних показників ґрунту; вивчити основні причини зниження вмісту гумусу та підвищення кислотності ґрунтів; провести оцінку динаміки зміни основних агрофізичних та агроекологічних показників; з'ясувати закономірності міграції важких металів у основних типах ґрунтів; встановити закономірності впливу забруднення основних типів ґрунтів важкими металами на зміну агрофізичних показників (вміст гумусу, реакція ґрунтового розчину).

Постановка проблеми.

За даними досліджень Медведєва В.В., Мірошниченка М.М., Макаренко Н.А., Клименка М.О., Балюка С.А., Фатєєва А.І. та інших в останнє десятиріччя агрофізичний стан ґрунтового покриву суттєво погіршується, проявляються такі фактори деградації ґрунтового покриву як зниження гумусу та підвищення кислотності ґрунтів внаслідок антропогенного навантаження на агроценози, низького рівня удобрювання ґрунтів органікою та мінеральними добривами, призупинення або повна відсутність проведення вапнування кислих ґрунтів [1-5]. Моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення це один із заходів у галузі охорони земель, оскільки основними завданнями моніторингу земель є прогноз еколого-економічних наслідків деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів [6].

За твердженням Гамалей В. І., Шевченко І. П., поглинання важких металів значною мірою залежить від складу і властивостей ґрунту, зокрема особливе значення у цих процесах має органічна речовина, яка різниться за кількістю та якістю

щодо різних типів ґрунтів [7]. Зростання вмісту гумусу в ґрунті за наявності важких металів відзначено в роботі, що пояснюється негативним впливом полютантів на стан мікробоценозу та зниженням біологічної активності ґрунтів.

Екзогенне привнесення до ґрунту полютантів призводить до негативних змін агрофізичних показників ґрунту [8-9]. Необхідно також зазначити, що ступінь техногенного впливу багато в чому залежить від типу ґрунту. Низькобуферні ненасичені основами, малогумусні дерново-підзолисті ґрунти піддаються значному впливу забруднюючих речовин. В умовах кислого середовища полютанти трансформуються у більш рухомі міграційно здатні сполуки, які можуть надходити до нижче розташованих шарів і до ґрунтових вод, тим самим підсилюючи несприятливий екологічний вплив. В умовах нейтрального та лужного середовища на високобуферних ґрунтах (чорноземах) полютанти, як правило, знаходяться у неактивному стані і малодоступній для рослин формі.

Отже, низький рівень родючості і ступінь окультурення ґрунтів, який унеможливлює ефективне введення виробництва з високим техногенним навантаженням, а також невідповідність встановленим нормам вмісту токсичних речовин у ґрунті є основними причинами контролю техногенного навантаження на зміну агрофізичних показників ґрунту у мережі спостережень на моніторингових ділянках.

Метою досліджень є встановлення закономірностей впливу забруднення основних типів ґрунтів важкими металами на зміну агрофізичних показників.

Методика досліджень. Агрохімічне обстеження земель сільськогосподарського призначення проводилося згідно з чинними стандартами і методиками:

– визначення pH проводилося іонометричний метод визначення pH сольової витяжки в ґрунтах;

– визначення гумусу проводиться за методом Тюріна шляхом окислення його в ґрунті в сірчанокислому середовищі двохромовокислим калієм при нагріванні з наступним фотоколориметруванням;

– визначення вмісту свинцю, кадмію, цинку, міді у ґрунтових зразках проводили у витяжці в амонійно–ацетатному буфері з pH 4,8, методом атомно-абсорбційної спектрометрії на спектрофотометрі С–115М [10].

Результати досліджень. Проведеними нами дослідженнями встановлено, що намітилася тенденція до зниження обсягів внесення мінеральних добрив майже у 2 рази як в області в цілому так і по зонах Полісся і Лісостепу. У порівнянні з 1986-1990 рр. роками виявлено зниження рівня внесення добрив з 240 кг/га д. р. до 158 кг/га д. р. у 2016-2020 рр. Також відмічається зниження застосуванням органічних добрив у порівнянні з 1986-1990 рр. (11,9 т/га) рівні внесення органічних добрив скоротилися майже у 15 разів та становили 1,1 т/га. Фактично ми можемо констатувати факт повного призупинення проведення робіт із хімічної меліорації, площі провапнованих ґрунтів скоротилися майже у 9 разів, у порівнянні з 1986-1990 рр. відбувається не обґрунтоване внесення фізіологічно кислих добрив, що сприяє підкисленню ґрунтів, винесенню кальцію та магнію врожаєм сільськогосподарських культур.

Як свідчать результати XI (2016-2020 рр.) туру агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення 32,6% обстежених земель сільськогосподарського призначення мають кислу реакцію ґрунтового розчину. Результатами досліджень встановлено, що 31,4 % площ ґрунтів Рівненської області мають низьку та 50,2% середню забезпеченість умістом гумусу.

У результаті проведених досліджень на моніторингових ділянках спостереження основних типів ґрунтів зони Лісостепу протягом п’яти років встановлено,

що уміст гумусу коливається в межах: ясно-сірих ґрунтах 2,0–2,3 %, при середньому показнику 1,8 %; темно-сірих ґрунтах 2,2–2,4 %, при середньому показнику 2,3 %; чорноземних – 2,3–2,5 %, при середньому показнику 2,4 %. Уміст гумусу в дерново-підзолистих коливався у межах 1,7–1,9 %, середній показник становив 1,8 %. У лучних та торфово-болотних ґрунтах уміст гумусу протягом останіх п'яти років коливався у межах 4,0–4,3 % та 6,0–6,4 % відповідно. При середньому показнику, який встановився відповідно 4,2 та 6,2 %. Таким чином, основні типи ґрунтів зони Лісостепу за умістом гумусу можна розмістити у спадаючий ряд: торфово-болотні>лучні>чорноземні>темно-сірі>ясно-сірі>дерново-підзолисті.

Чорноземи, ясно-сірі та темно-сірі ґрунти Зони Лісостепу характеризуються середнім умістом гумусу. Дуже низьким умістом гумусу характеризуються дерново-підзолисті ґрунти зони. На лучних та торфово-болотних ґрунтах зони Лісостепу відмічно високий та дуже високий уміст гумусу.

З динаміки зміни кислотності ґрунтів моніторингових ділянок зони Лісостепу видно, що показник pH_{KCl} на чорноземних ґрунтах коливався у межах 6,6–6,8 од. pH. На ясно-сірих ґрунтах показник кислотності ґрунтів коливався у межах 6,1–6,2 од. pH. Для темно-сірих показник кислотності ґрунтів коливався у межах 5,8–6,4 од. pH, встановлено зміну рекції ґрунтового розчину за останні п'ять років з нейтральної до близької до нейтральної.

Для торфово-болотних та лучних ґрунтів реакція ґрунтового розчину коливалася у межах 7,1–7,2 од. pH, що відповідає слаболужній реакції ґрунтового розчину. Дерново-підзолисті ґрунти зони Лісостепу характеризуютья близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину. Лучні та торфово-болотні ґрунти характеризуються слаболужною реакцією ґрунтового розчину. На чорноземних та ясно-сірих ґрунтах встановилася нейтральна реакція ґрунтового розчину. Для темно-сірих ґрунтів встановлено зміну реакції ґрунтового розчину з нейтральної до близької до нейтральної.

Розподіл площ по групах забруднення рухомими сполуками свинцю в ґрунтах внаслідок проведення агохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення області вказує на те, що 67,6 % земель забруднені рухомими сполуками свинцю, середньозважений показник на забруднену площу становить 1,50 мг/кг. Розподіл площ по групах забруднення рухомими сполуками кадмію в ґрунтах досліджуваних внаслідок проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення області вказує на те, що 36,0 % земель забруднені рухомими сполуками кадмію, середньозважений показник на забруднену площу становить 0,17 мг/кг.

У результаті проведених досліджень на моніторингових ділянках по основних типах ґрунтів зони Лісостепу уміст рухомих сполук свинцю орного шару коливається в межах: ясно-сірі – 1,23-4,10 мг/кг, темно-сірі – 1,18- 1,99 мг/кг, чорноземні – 1,15-1,66 мг/кг. Уміст кадмію в дерново-підзолистих, лучних та торфово-болотних ґрунтах становить 1,20, 3,11 та 4,65 мг/кг відповідно. Так, дерново-підзолисті, темно-сірі та чорноземні ґрунти характеризуються слабким рівнем забруднення рухомими сполуками свинцю. Ясно-сірі ґрунти характеризуються помірним рівнем забруднення рухомими сполуками свинцю. Лучні ґрунти відповідають підвищеному рівню забруднення рухомими сполуками свинцю. Торфово-болотні ґрунти відповідають високому рівню забруднення рухомими сполуками свинцю.

У результаті проведених досліджень на моніторингових ділянках дерново-підзолистих ґрунтів зони Лісостепу уміст рухомих сполук свинцю у підорному шарі ґрунту знизився у 1,7 разів, у порівняні з орним шаром (рис. 1). Для ясно-сірих та

темно-сірих ґрунтів відмічено зниження уміст рухомих форм свинцю у 1,3 разів відповідно. Для чорноземних ґрунтів відмічено зниження його умісту у 1,2 разів. Для торфово-болотних та лучних ґрунтів підорного шару уміст рухомих форм свинцю знизився у 1,1 рази.

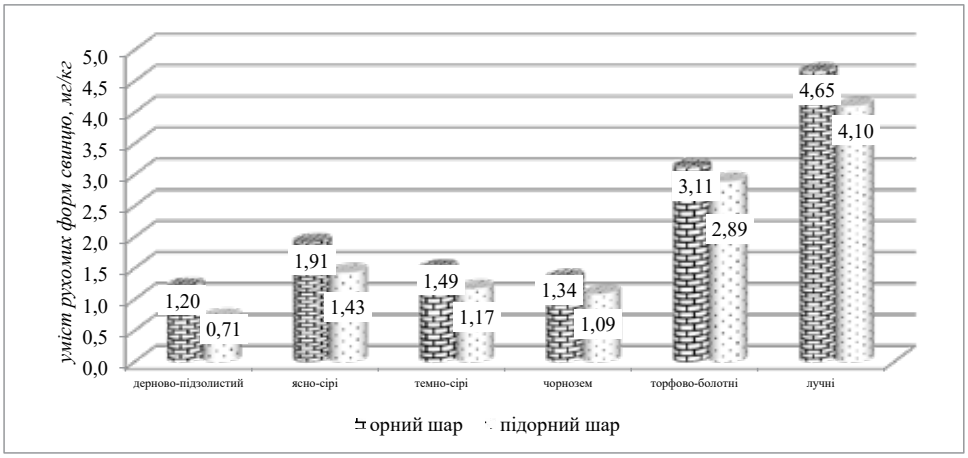


Рис. 1. Зміна середнього умісту рухомих сполук свинцю в орному та підорному шарах основних типів ґрунтів зони Лісостепу Рівненської області

У результаті проведених досліджень на моніторингових ділянках по основних типах ґрунтів зони Лісостепу уміст рухомих сполук кадмію орного шару коливається в межах: ясно-сірі – 0,07–0,13 мг/кг, темно-сірі – 0,10–0,17 мг/кг, чорноземні – 0,10–0,15 мг/кг. Уміст кадмію в дерново-підзолистих, лучних та торфово-болотних ґрунтах становить 0,14, 0,30 та 0,31 мг/кг відповідно (рис. 2).

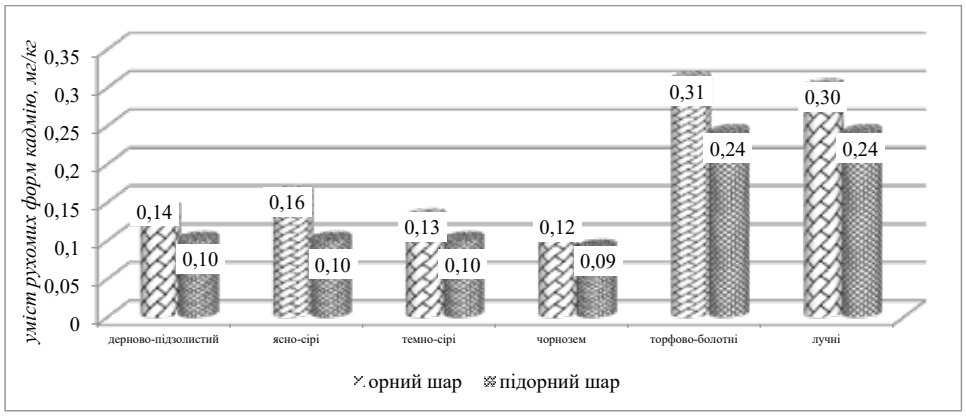


Рис. 2. Зміна середнього умісту рухомих сполук кадмію в орному та підорному шарах основних типів ґрунтів зони Лісостепу Рівненської області

Проведеними дослідженнями на моніторингових ділянках встановлено, що у темно-сірих, чорноземних, торфово-болотних та лучних ґрунтів зони Лісостепу

уміст рухомих сполук кадмію у підорному шарі ґрунту знизився у 1,3 рази, у порівняні з орним шаром. Для дерново-підзолистих ґрунтів відмічено зниження його умісту у 1,4 рази. Для ясно-сірих ґрунтів відмічено зниження уміст рухомих форм свинцю у 1,6 разів відповідно.

Встановлено, що дерново-підзолисті, ясно-сірі, чорноземні та темно-сірі ґрунти зони Лісостепу відповідають слабкому рівню забруднення рухомими сполуками кадмію, тоді як лучні та торфово-болотні ґрунти помірному рівню забруднення. Рівні забруднення дерново-підзолистого, ясно-сірого, чорнозему та темно-сірого ґрунтів зони Лісостепу у підорному шарі змінився на фоновий вміст. Тоді як лучні та торфово-болотні ґрунти мають помірний рівень забруднення рухомими сполуками кадмію, який не змінився.

Вперше ми встановили залежності впливу антропогенезу на зміну гумусного стану ґрунтового покриву та зміну кислотності основних типів ґрунтів зони Лісостепу. Для характеристики структурних взаємозв'язків властивостей ґрунтів пропонується оцінка вектору, який виявляє структуру впливу вхідних параметрів родючості на відповідні вихідні перемінні. В якості вихідних параметрів використовувались наступні показники родючості: вміст гумусу (x1), %; pHсол. (x2) од. pH; рухомі форми важких металів свинцю, кадмію, цинку та міді відповідно (x3, x4, x5, x6), мг/кг грунту. Зважаючи на це, в якості вихідних параметрів ми враховували агрофізичні, агрохімічні та екологічні показники родючості. Перераховані показники родючості (матриці X) можуть слугувати основою агрофізичної моделі ґрунтових відмін.

Як видно, з кореляційної матриці, побудованої для дерново-підзолистого ґрунту зони Лісостепу, був встановлений дуже тісний зв'язок між впливом забруднення даного типу ґрунту свинцем, кадмієм, цинком та міддю та зміною кислотності ґрунту і вмістом гумусу у даному типі ґрунту коефіцієнт кореляції становит r=0,99 (табл. 1).

Таблиця 1

Кореляційна матриця взаємодії агрофізичних та агроекологічних показників для дерново-підзолистого ґрунту зони Лісостепу

	X_1(Cr)	X_2(pH)	X_3 (Pb)	X_4(Cd)	X_5(Zn)	X_6(Cu)
X_1(Cr)	1,000	0,84	0,99	0,67	0,99	0,99
X_2(pH)		1,000	0,91	0,57	0,99	0,99
X_3(Pb)			1,000	0,27	0,74	0,73
X_4(Cd)				1,000	0,89	0,90
X_5(Zn)					1,000	0,46
X_6(Cu)						1,000

Аналогічна ситуація склалася для темно-сірих ґрунтів зони Лісостепу, де коефіцієнт кореляції встановлений з кореляційної матриці ґрунту встановився у межах r=0,79-0,99, що констатує дуже тісний зв'язок між впливом забруднення даного типу ґрунту свинцем, кадмієм, цинком та міддю та зміною кислотності ґрунту і вмістом гумусу (табл. 2). Проведеними нами дослідженнями у мережі моніторингових ділянок для ясно-сірих ґрунтів зони Лісостепу з встановленої кореляційної матриці, побудованої для досліджуваного типу ґрунту, був встановлений дуже тісний зв'язок між впливом забруднення даного типу ґрунту свинцем, кадмієм, цинком та міддю та зміною кислотності ґрунту і вмістом гумусу.

Таблиця 2

Кореляційна матриця взаємодії агрофізичних та агроекологічних показників для темно-сірого ґрунту зони Лісостепу

	X_1(Cr)	X_2(pH)	X_3 (Pb)	X_4(Cd)	X_5(Zn)	X_6(Cu)
X_1(Cr)	1,000	0,95	0,99	0,99	0,99	0,98
X_2(pH)		1,000	0,84	0,83	0,79	0,95
X_3(Pb)			1,000	0,91	0,98	0,70
X_4(Cd)				1,000	0,78	0,76
X_5(Zn)					1,000	0,85
X_6(Cu)						1,000

Так коефіцієнт кореляції коливався у межах r=0,78-0,97 (табл. 3).

Таблиця 3

Кореляційна матриця взаємодії агрофізичних та агроекологічних показників для ясно-сірого ґрунту зони Лісостепу

	X_1(Cr)	X_2(pH)	X_3 (Pb)	X_4(Cd)	X_5(Zn)	X_6(Cu)
X_1(Cr)	1,000	0,42	0,87	0,92	0,97	0,78
X_2(pH)		1,000	0,86	0,86	0,96	0,82
X_3(Pb)			1,000	0,78	0,53	0,80
X_4(Cd)				1,000	0,99	0,70
X_5(Zn)					1,000	0,60
X_6(Cu)						1,000

Також середній кореляційний зв'язок було встановлено між впливом забруднення чорнозему зони Лісостепу свинцем та міддю на зміну кислотності та всмісту гумусу, де коефіцієнт кореляції коливався у межах r=0,60-0,67 (табл. 4).

Таблиця 4

Кореляційна матриця взаємодії агрофізичних та агроекологічних показників для чорнозему зони Лісостепу

	X_1(Cr)	X_2(pH)	X_3 (Pb)	X_4(Cd)	X_5(Zn)	X_6(Cu)
X_1(Cr)	1,000	0,99	0,67	0,78	0,81	0,60
X_2(pH)		1,000	0,61	0,85	0,84	0,99
X_3(Pb)			1,000	0,96	0,98	0,66
X_4(Cd)				1,000	0,96	0,78
X_5(Zn)					1,000	0,59
X_6(Cu)						1,000

Таким чином, перераховані показники родючості основних типів ґрунтів можуть слугувати основою агрофізичної моделі ґрунтових відмін.

Висновки:

1. Внаслідок не обґрунтованого внесення фізіологічно кислих добрив, призупинення проведення хімічної меліорації ґрунтів відбувається підкислення ґрунтового покриву Рівненської області.

2. Зниження умісту гумусу спричинено посиленням процесів мінералізації, зміною структури посівних площ, поглибленням орного шару ґрунту, недооцінкою ролі органічних добрив і травосіяння, прискоренням і розвитком процесів ерозії.

3. Для 6,9 % земель сільськогосподарського призначення Рівненської області встановлено дуже високий та високий рівень забруднення рухомими сполуками свинцю та для 7,5 % земель встановлено помірний та середній рівень забруднення рухомими сполуками кадмію.

4. Проведеним кореляційно-регресійним аналізом встановлений дуже тісний та тісний зв'язки між впливом забруднення різних типів ґрунту свинцем, кадмієм, цинком і міддю та зміною кислотності ґрунту і вмістом гумусу, де коефіцієнти кореляції коливаються у межах r= 0,60-0,99.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / за ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва, А. Д. Балаєва. Київ: НААНУ. 2010. 153 с.

2. 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.

3. Балюк С.А., Медведєв В.В., Мірошниченко М.М., Скрильник Є.В., Тимченко Д.О., Фатєєв А.І., Христенко А.О., Цапко Ю.Л. Екологічний стан ґрунтів України. Український географічний журнал. 2012. С. 38–42.

4. Макаренко Н. А. Контроль за вмістом важких металів у ґрунті. Вісник аграрної науки. 2001. № 4. С. 55–57.

5. Клименко О. М. Управління агроекологічним станом ґрунтів та якістю сільськогосподарської продукції. Рівне: Перспектива, 2006. 320 с.

6. Методичні вказівки щодо проведення моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення у мережі спостережень на моніторингових ділянках / Греков В. О., Дацько Л. В., Майстрено М. І. та ін. К. 2011. 28 с.

7. Гамалей В. І., Шевченко І. П. Екологічний стан ґрунтів придорожніх смуг. Вісник аграрної науки. 2008. № 12. С. 54-58.

8. Оцінка і прогноз якості земель: навч. посібник / Булигін С. Ю., Барвінський А. В., Ачасова А. О., Ачасова А. Б. Харків, 2008. 237 с.

9. Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля: підручник. Київ: Вид. центр "Академія", 2006. 368 с.

10. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ / за ред. Яцука І.П., Балюка С.А. Київ, 2019. 108 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 07.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 712.4 / 633.8 / 581.6
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.32

КОНЦЕПТУАЛЬНІ РІШЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН В ОЗЕЛЕНЕННІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗОН МІСТА КРОПИВНИЦЬКИЙ

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
Панов Є.О. *– студент II курсу магістратури факультету рибного господарства та природокористування,*
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0007-3830-4375

У статті розглянуто питання щодо використання лікарських рослин у формуванні зеленої інфраструктури міста Кропивницький, що стає підґрунтям для розробки концептуальних рішень, спрямованих на ефективне та естетично привабливе використання лікарських культур у міському озелененні. Сучасний асортимент лікарських рослин в озелененні міста Кропивницький є типовим для України, проте водночас є недостатньо функціональним, зокрема з причини їх хаотичного використання. В контексті довгострокової перспективи домінування однорічних культур є економічно недоцільним. Сформований асортимент багаторічників, адаптований до клімату Кропивницького, серед яких можна окреслити наступні види: Achillea millefolium L., Calendula officinalis L., Lavandula angustifolia Mill., Mentha piperita L., Thymus vulgaris L., Salvia officinalis L., Matricaria recutita L., Convallaria majalis L., Nepeta cataria L., Pulmonaria officinalis L., Valeriana officinalis L., Vinca minor L., види родів Artemisia L. та Tagetes L., а також Tilia cordata Mill., Quercus robur L., які є високодекоративними, здатними забезпечити безперервне цвітіння та фітонцидну активність протягом усього вегетаційного сезону.

Розроблені функціонально-планувальні рішення для впровадження лікарських культур у публічний простір демонструють високий архітектурно-естетичний потенціал, що дозволяє гармонійно поєднувати місцеві види рослин з інтродукованими. Декоративні лікарські рослини можна використовувати у ландшафтних композиціях рекреаційних зон, терапевтичних садів, дитячих установ та приватному озелененні. Зважаючи на специфіку природних умов місця розташування Кропивницького, можна зіткнутись з деякими труднощами при вирощуванні деяких культур. А отже, завжди існує необхідність у розробці концептуального рішення, яке включатиме застосування тих рослин, котрі цілком зможуть пристосуватись навіть до несприятливих кліматичних чинників.

Ключові слова: *лікарські рослини, озеленення міста, зелена інфраструктура, повоєнне відновлення, Кропивницький.*

Boiko T.O., Motuzna O.Ye., Panov Ye.O. Conceptual solutions for the use of medicinal plants in landscaping functional zones of the city of Kropyvnytskyi

The article considers the issue of using medicinal plants in the formation of green infrastructure in the city of Kropyvnytskyi. The results become the basis for developing conceptual solutions aimed at the effective and aesthetically attractive use of the medicinal plants in urban landscaping. The current range of the medicinal plants in the landscaping of the city

© Бойко Т.О., Мотузна О.Є., Панов Є.О., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

of Kropyvnytskyi is typical for Ukraine, but at the same time, it is not functional enough, in particular due to their chaotic use. In the context of the long-term perspective, the dominance of annual crops is economically inexpedient. An assortment of perennials adapted to the climate of Kropyvnytskyi has been formed, among which the following species can be identified: Achillea millefolium L., Calendula officinalis L., Lavandula angustifolia Mill., Mentha piperita L., Thymus vulgaris L., Salvia officinalis L., Matricaria recutita L., Convallaria majalis L., Nepeta cataria L., Pulmonaria officinalis L., Valeriana officinalis L., Vinca minor L., types of the genera Artemisia L. and Tagetes L., and also Tilia cordata Mill., Quercus robur L. These species are highly decorative, capable of providing continuous flowering and phytoncide activity throughout the growing season. The developed functional and planning solutions for the introduction of the medicinal plants into public space demonstrate high architectural and aesthetic potential, allowing for the harmonious combination of local plant species with introduced ones. Ornamental medicinal plants can be used in the landscape compositions of recreational areas, therapeutic gardens, childcare facilities, and private landscaping. Given the specific natural conditions of Kropyvnytskyi's location, it is possible to encounter certain difficulties when growing some crops. Therefore, there is always a need to develop a conceptual solution that includes the use of plants that are fully capable of adapting even to unfavorable climatic factors.

Key words: *medicinal plants, urban greening, green infrastructure, post-war reconstruction, Kropyvnytskyi.*

Актуальність теми дослідження. Сучасне міське середовище перебуває на етапі формування біологічної збалансованості і це не дивно, адже в умовах розвитку індустріалізацій та глобальних кліматичних змін це стає питанням критичної важливості. Зелена інфраструктура міста функціонує в різних напрямках: регулює мікроклімат, впливає на зниження рівня забруднення повітря, забезпечує біологічне розмаїття та є чи не найважливішим елементом у структурі рекреації. Однак, в традиційному значенні підходів до озеленення можна прослідкувати орієнтованість на короткочасну декоративність за рахунок використання однорічних рослин. В свою чергу, такі насадження не в повній мірі здатні реалізувати увесь еколого-соціальний потенціал зеленої інфраструктури.

Постановка проблеми. Підвищення функціональності міського озеленення має базуватись на одному із перспективних напрямків – інтродукції лікарських рослин. Крім естетичної цінності, лікарські культури характеризуються виділенням фітонцидів, що особливо важливо в умовах урбанізованого середовища.

Для міст, що розташовані у посушливих регіонах, зокрема Кропивницький, важливим завданням стає вибір такого асортименту рослин, який відзначатиметься стійкістю до підвищення температур та дефіциту вологи. Багаторічні лікарські насадження, які часто є аборигенними або добре адаптованими, можуть забезпечити декоративність протягом тривалого періоду, а також мінімальні потреби в догляді та поливі. Тож, відповідно до концепції сталого розвитку, використання лікарських рослин в озелененні міст набуває важливості з практичної точки зору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання щодо озеленення територій різного призначення, від присадибних ділянок до об'єктів загального користування або спеціального призначення висвітлено в роботах таких авторів як Слісарук Л.С. [1], Шкляр С.П. [2], Бородич Л.В. [3] та інші. Оформлення квітників у різних кліматичних зонах України розглядається у низці праць Л.П. Іщук [4], О.В. Шума та Н.Є. Горбенко [5].

Значна кількість робіт присвячена лікарським властивостям представників родин *Lamiacea* та *Asteraceae* та інші [6-8]. У статтях розглядається не лише питання щодо інтродукції деяких видів лікарських рослин в умовах Півдня України [9], а й також перспективи вирощування насаджень у якості сировини.

Особливості видового складу лікарських рослин в контексті фітодизайну з урахуванням біологічних та морфологічних властивостей у своїх роботах розглядали Познякова С.І., Попова Д.Ю. [10], Дементьєва О.І., Бойко Т.О., Бойко П. М., Ворона А.В. [11-15], Котовська Ю.С. [16], Бредіхіна Ю.Л. та Туровцева Н.М. [17].

Слід також відзначити вагомий внесок низки досліджень з питання використання багаторічних лікарських рослин, які здійснили провідні науковці: Коптєєва Г.Л., Скибицька М.О., Мусієнко С.І. та інших [18-20].

Незважаючи на наявні дослідження щодо лікарських рослин в озелененні міст та загальних тенденцій у фітодизайні, деякі частини основної проблематики залишаються невирішеними. Хоч існує теоретичне обгрнтування необхідності інтродукції лікарських насаджень, проте бракує детально розроблених архітектурно-обгрунтованих проєктних рішень зеленої інфраструктури м. Кропивницький, які демонстрували б практичну реалізацію цієї концепції. Також відкритим лишається питання стосовно композиційних прийомів оформлення з урахуванням існуючої архітектури міста.

Методика досліджень. Дослідження лікарських рослин в місті Кропивницький проводились протягом 20241-2025 років. Інвентаризація квітників проводилась маршрутно-рекогносцирувальним методом. Визначення рослин проводили безпосередньо на містах, а також на базі Херсонського державного аграрно-економічного університету.

Метою нашого дослідження є наукове обґрунтування та розробка певних концептуальних рішень щодо ефективного застосування лікарських рослин в озелененні різних функціональних зон міста Кропивницький. Відповідно, було поставлено наступні завдання:

– розробити конкретний проєкт ландшафтної композиції з використанням лікарських рослин;

– проаналізувати планувально-функціональні рішення;

– обґрунтувати асортимент рослин для озеленення.

Результати досліджень. Методика формування асортименту рослин для озеленення міста Кропивницький базується на принципах екологічної доцільності. Передумовою стають також кліматичні умови помірно-континентального типу, що супроводжуються недостатньою кількістю вологи. Зима в місті відносно м’яка, середня температура коливається в межах від -5° до -7°С. Частим явищем є потепління внаслідок якого рослинні насадження можуть перебувати в стресовому стані. Літо характеризується значним теплом, часто спекою та посухами. Середня температура +23°С. Тривалість підвищених температур створює умови для вибору рослин, що адаптовані до надмірного освітлення та посушливих періодів.

У процесі дослідження було виявлено кілька типових представників аборигенних лікарських рослин. Серед них *Achillea millefolium* L*., Thymus serpyllum* L*., Rosa canina* L*., Plantago major* L*., Hypericum perforatum* L.

Асортимент лікарських рослин було обрано згідно з вищевказаними передумовами, що визначили такі основні критерії як посухостійкість та жаростійкість, декоративність, висока життєздатність та фітонцидна активність.

Об’єктом проєктної частини ми обрали декілька функціональних зон, в межах яких можна реалізувати функціонально-планувальні рішення. Перша зона – територія загального користування. Зважаючи на те, що така ділянка вважається найбільшою за площею, можна створювати багатофункціональні композиції. Основна увага приділяється рекреаційній та терапевтичній функціям. Вздовж доріжок для прогулянок можна висадити рядові посадки таких лікарських культур

як *Lavandula angustifolia* Mill., *Mentha piperita* L., *Thymus vulgaris* L. (рис. 1). Такі алеї ароматерапії до того ж матимуть досить декоративний вигляд завдяки контрастному поєднанню рослин.

Рис. 1. Алейні посадки з лікарських рослин

Лікарські рослини, що вирізняються високою декоративністю можна розміщувати у ландшафтних композиціях, які за призначенням можуть сприяти спокійному та тихому відпочинку. Одним із проєктних рішень є створення фітолабіринту (рис. 2).

Рис. 2. Фітолабіринт з використанням лікарських рослин

Центральною точкою може бути як місце для відпочинку, так і будь-які малі архітектурні скульптури (наприклад водного типу). В даному випадку, насадження тут представлені такими видами як *Salvia officinalis* L., *Matricaria recutita* L.

Відомо, що не лише трав'янисті рослини мають лікарські властивості. Серед деревних та кущових насаджень також можна виділити декілька видів, які пропонується висадити в зоні для медитативного відпочинку, а саме *Tilia cordata* Mill, *Quercus robur* L. та деякі види хвойних порід, які мають посилені фітонцидні властивості (рис. 3).

Рис. 3. Лікарські деревні рослини в оформленні зони для тихого відпочинку

Говорячи про озеленення ділянок з великою площею варто також згадати лісопаркові об'єкти. Рослинність у лісопарку грає важливу роль, особливо це стосується підліску та трав'яного покриву. З огляду на те, що основні породи деревно-кущового складу можуть утворювати густий затінок, вибір рослин має ґрунтуватись на стійкості до затінення. Тож рекомендуємо розміщувати під пологом дерев такі тіньовитривалі лікарські види як *Convallaria majalis* L., *Vinca minor* L., *Pulmonaria officinalis* L. (рис. 4).

Впроваджуючи лікарські рослини на території скверів, варто чітко розуміти їх основні функції. Застосування в озелененні насаджень такого типу сприяють зниженню антропогенного забруднення [14]. Знову ж таки, це можливо лише за рахунок використання видів, що мають високу стійкість до нього. Тож рекомендуємо оформити щільні посадки вздовж тротуарів, використовуючи почергове розміщення *Artemisia* L. та *Achillea millefolium* L. (рис. 5).

Озеленення присадибних ділянок – це досить індивідуальний процес, оскільки кожен господар має своє бачення розміщення рослин у просторі і, відповідно, сам асортимент. Бажання використати лікарські насадження в озелененні має підпорядковуватись основним функціям, які виконують рослини на ділянці. В цьому контексті – це естетика, безпека та соціальна взаємодія.

Важливо враховувати, що присадибні ділянки підлягають активному використанню людьми або тваринами, а також мають обмеженість у просторі. В даному випадку, досить вдалим планувально-функціональним рішенням буде розмістити лікарські рослини безпосередньо біля місць відпочинку або входів у під'їзд (за умови відсутності протипоказань у жителів) (рис. 6). Рекомендуємо застосовувати наступні види рослин: *Calendula officinalis* L., *Tagetes* L., *Nepeta cataria* L., *Valeriana officinalis* L.

Рис. 4. Лікарські рослини в трав'янистому ярусі

Рис. 5. Лінійні посадки лікарських рослин вздовж доріжок

Рис. 6. Лікарські рослини в озелененні прибудинкових територій

Згідно з дослідженням, рекомендований асортимент рослин має високу декоративність та вважається цілком стійким до природних чинників в умовах міста. За нашими рекомендаціями було представлено лише невелику частину лікарських рослин, проте асортимент можна значно розширити відповідно до особливостей кожної конкретної ділянки.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Сучасний асортимент лікарських насаджень в озелененні міста Кропивницький хоч є типовим для України, проте водночас є недостатньо функціональним, зокрема з причини хаотичного розміщення насаджень. В контексті довгострокової перспективи домінування однорічних культур є економічно недоцільним.

Сформований асортимент багаторічників, адаптований до клімату Кропивницького, серед яких можна окреслити наступні види: *Achillea millefolium* L., *Calendula officinalis* L., *Lavandula angustifolia* Mill., *Mentha piperita* L., *Thymus vulgaris* L., *Salvia officinalis* L., *Matricaria recutita* L., *Convallaria majalis* L., *Nepeta cataria* L., *Pulmonaria officinalis* L., *Valeriana officinalis* L., *Vinca minor* L., види родів *Artemisia* L. та *Tagetes* L., а також *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L., які є високодекоративними, здатними забезпечити безперервне цвітіння та фітонцидну активність протягом усього вегетаційного сезону.

Розроблені функціонально-планувальні рішення для впровадження лікарських культур у публічний простір демонструють високий архітектурно-естетичний потенціал, що дозволяє гармонійно поєднувати місцеві види рослин з інтегрованими.

Зважаючи на специфіку природних умов місця розташування Кропивницького, можна зіткнутись з деякими труднощами при вирощуванні деяких культур. А отже, завжди існує необхідність у розробці концептуального рішення, яке включатиме застосування тих рослин, які цілком зможуть пристосуватись навіть до несприятливих кліматичних чинників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Слісарук Л.С., Радіон О.М. Проблема формування прибудинкового простору в сучасному середовищі. Вісник НУВГП. Технічні науки: зб. наук. праць. Рівне: НУВГП, 2012. Вип. 4(60). 176-181.
2. Шкляр С.П., Романенко І.І. Принципи формування і удосконалення архітектурного середовища для дітей. Містобудування та територіальне планування. 2017. Вип. 63. 499-508.
3. Бородич Л.В. Деякі аспекти формування житлового середовища. Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. Київ: КНУБА, 2010. Вип. 38. 70-74.
4. Іщук Л.П. Аналіз стану квітникових насаджень м. Біла Церква та шляхи його поліпшення. Агробіологія. 2012. № 8. 78–82.
5. Шума О.В., Горбенко Н.Є. Класифікація квітників центральної частини міста Львова. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.11. 94–97
6. Марковська О.Є., Стеценко І.І. Перспективна ефіроолійна культура для півдня України – Лавандин (*Lavandula hibrida* Reverenon). Матер. міжнар. наук.-практ. конф., 20 лист. 2019 р; Дніпро, 2019. 306.
7. Марковська О.Є., Свиденко Л.В., Стеценко І.І. Порівняльна оцінка морфометричних показників і господарсько цінних ознак *Lavandula angustifolia* Mill. та *Lavandula hybrida* Rev. Наукові горизонти, 2020. № 02 (87), 24–31.
8. Марковська О.Є., Стеценко І.І. Порівняльна характеристика лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) і лавандину (*Lavandula hybrida* Reverenon). Міжнар. наук.-практ. інтер. конф., 6–7 лют. 2020 р. Дніпро, 2020. 361–365.
9. Свиденко, Л. В., Глущенко, Л. А., Вергун, О. М., Гудзь, Н. І., Марковська, О. Є. Оцінка впливу погодних умов на господарсько-цінні ознаки *Lavandula angustifolia* L. в умовах Херсонської обл. Агроекологічний журнал. 2022. № 3. 84-93.
10. Познякова С.І., Попова Д.Ю. Лікарські рослини в озелененні. Лісівництво, деревообробка та озеленення: стан, досягнення і перспективи, 2023, 185.
11. Дементьєва О.І.; Бойко Т.О. Особливості застосування багаторічних лікарських рослин в оформлені квітників міста Херсон. Таврійський науковий вісник. 2021. № 118. 333-340.
12. Бойко Т.О., Бойко П.М. Еколого-рекреаційна роль об'єктів садово-паркового господарства міста Херсон. Таврійський науковий вісник. 2022. № 128. 347-352.
13. Бойко Т.О., Ворона А.В. Аналіз стану квітникового оформлення міста Кропивницький та шляхи поліпшення. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2023. № 2. 71-76.
14. Бойко Т.О. Можливості використання рослин-фіторемедіантів для відновлення урбанізованих територій. Таврійський науковий вісник. 2025. № 144. 299-305.
15. Бойко Т., Бойко П. Довідник ландшафтного дизайнера: навчальний посібник. Олді +. 2024. 196 с.
16. Котовська Ю.С., Кулик Д.Ю. Асортимент лікарських рослин на території міста Херсон. Наукове забезпечення раціонального використання природних ресурсів акваторій та територій степової зони України: матеріали І–ї відкритої регіональної наук.-практ. інтернет-конф., 02-03 жовтня 2019 р., Херсон: ДВНЗ «ХДАУ» 2019. 128–131.
17. Бредіхіна, Ю. Л.; Туровцева, Н. М. Лікарські рослини в озелененні. In: Advances of science: proceedings of articles the international scientific conference. 2019. 269-273.
18. Коптєва Г.Л. Композиційне формування ландшафтного середовища міста. Київ: Альтерпрес, 2016. 65 с.

19. Скибицька М.О. Історія вивчення лікарських рослин в Україні. Харків: НфаУ. 2014. 180 с.
20. Мусієнко С.І. Інтродукція та адаптація лікарських рослин. Харків: ХНУМГ. 2016. 80 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 07.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

UDC 504.5:631.4:355.48(477)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.33

ANTHROPOGENIC LOAD ON SOIL RESOURCES IN WAR CONDITIONS AND DIRECTIONS FOR THEIR RESTORATION

Boiko M.O. *– Candidate of Agricultural Sciences,*
Senior Lecturer at the Department of Ecology and Sustainable Development named after Professor Yu.V. Pylypenka,
Kherson State Agrarian and Economic University
orcid.org/0009-0001-2291-3164

Armed conflicts and wars cause extensive damage to the environment, in particular causing serious pollution of soil and water resources. Military operations are accompanied by explosions, shelling and destruction of critical infrastructure and industrial facilities, leading to the release of toxic substances into the environment. The use of chemical, biological or nuclear weapons poses a particular threat, significantly complicating the subsequent restoration of natural ecosystems. In addition, enterprises located in temporarily occupied territories may release hazardous chemical compounds into the atmosphere without proper control.

As a result of Russia's full-scale aggression against Ukraine, a significant part of the country's land fund has suffered catastrophic destruction. This scientific paper presents an analytical review of literary sources on the subject of the study. The main types of land pollution caused by military operations are systematized, among which mechanical, physical, chemical and biological factors are highlighted. The environmental damage caused by the war is analyzed, and recommendations are made for the revitalization of degraded land and the restoration of its fertility. It is emphasized that the process of soil restoration after military action is complex, long-term and requires the consolidated efforts of the state, the scientific community, international organizations and land users. For an objective assessment of damage and losses, the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine approved the Methodology for determining the extent of damage caused to land and soil as a result of emergencies, armed aggression and hostilities during martial law.

Key words: *land pollution, military action, mechanical pollution, physical pollution, chemical pollution, biological pollution, restoration.*

Бойко М.О. Антропогенне навантаження на ґрунтові ресурси в умовах війни та напрями їх відновлення

Збройні конфлікти та війни завдають масштабної шкоди навколишньому середовищу, зокрема спричиняють серйозне забруднення ґрунтів і водних ресурсів. Проведення військових операцій супроводжується вибухами, обстрілами та руйнуванням критичної інфраструктури й промислових об'єктів, що призводить до потрапляння токсичних речовин у довкілля. Особливу загрозу становить застосування хімічної та біологічної зброї, що значно ускладнює подальше відновлення природних екосистем. Крім того, підприємства, розташовані на тимчасово окупованих територіях, можуть викидати небезпечні хімічні сполуки в атмосферу без належного контролю. У контексті аграрного виробництва зазначені екологічні наслідки воєнних дій безпосередньо впливають на зниження продуктивності земель, погіршення якісних характеристик сільськогосподарських угідь та зростання витрат виробників на відновлення родючості ґрунтів. Це, своєю чергою, посилює економічні ризики для аграрних підприємств, впливає на собівартість продукції та формує додаткові виклики для забезпечення продовольчої безпеки й сталого розвитку аграрного сектору України.

Унаслідок повномасштабної агресії росії проти України, значна частина земельного фонду країни зазнала катастрофічного руйнування. У даній науковій роботі представлено

© Boiko M.O., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

аналітичний огляд літературних джерел за тематикою дослідження. Систематизовано основні типи забруднення земель спричинені бойовими діями, серед яких виокремлено механічні, фізичні, хімічні та біологічні чинники. Аналізовано екологічні збитки, завдані війною, а також запропоновано рекомендації щодо ревіталізації деградованих земель і відновлення їх родючості. Наголошено, що процес відновлення ґрунтів після воєнних дій є складним, довготривалим і вимагає консолідованих зусиль держави, наукової спільноти, міжнародних організацій та землекористувачів. Для об'єктивної оцінки руйнівних наслідків та втрат Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України було затверджено Методику визначення розміру збитків, завданої землі та ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій, збройної агресії та бойових дій під час воєнного стану.

Ключові слова: *забруднення земель, воєнні дії, механічне забруднення, фізичне забруднення, хімічне забруднення, біологічне забруднення, відновлення.*

Problem statement. Fertile soil is an extremely important element for agricultural production, and its importance cannot be overestimated. It provides plants with the necessary nutrients, and the diversity of minerals and organic substances in the soil allows plants to obtain all the elements necessary for growth and development. The ability of soil to retain moisture and supply it to plants determines its importance for growing crops. Soil provides support for the root system of plants, ensuring their stability and ability to obtain the necessary substances. The top layer of soil supports a variety of microorganisms, which in turn affects biodiversity as a whole. It is a natural barrier that protects against erosion, preventing the soil cover from being washed away by water or wind. Most importantly, soil is the basis for growing plants, which are the foundation of food production.

Ukraine's agricultural sector has been hardest hit by the war unleashed by the Russian Federation, as the fighting is mainly taking place on the fields of Ukrainian enterprises and farms. In addition, there is a very serious problem of contamination of fertile land with detonated or unexploded ordnance, mines and spilled petroleum products. According to international experts, the total area of mined territories in Ukraine at the end of 2022 was 174,000 square kilometers, which is twice the size of Austria. In 2024, the area of potentially mined land decreased by more than 20% compared to the end of 2022 due to demining and amounted to about 137,000 square kilometers [1].

Threats to soils – in particular their destruction as a result of military action, pollution or unsystematic use – can significantly reduce their productivity, which negatively affects agricultural production, food security and the ecological stability of the state. Soils regenerate extremely slowly: it takes about 100 years for just one centimeter of fertile soil to regenerate naturally. Restoring soil cover and associated ecosystems requires a long time and coordinated action. It is necessary to develop strategies today that will accelerate the rehabilitation of Ukrainian black soil after the war. Soil conservation and protection must become a priority to ensure the sustainable development of the agricultural sector.

Analysis of recent research and publications. The armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, which began in 2014, has had a significant and lasting negative impact on the natural environment, causing profound ecological changes. The relevance of the problem of restoring soil fertility in the post-war period is actively considered by both Ukrainian and foreign scientists. In particular, Y.O. Zaitsev and co-authors investigate the environmental risks caused by hostilities on the territory of Ukraine and present the results of an experimental analysis of the content of gross forms of heavy metals in agricultural soils of the Sumy and Okhtyrka districts of the Sumy region [2]. In turn, Balyuk S. and Kucher A. focus on the need to adapt state land policy in the context of martial law and post-war recovery, emphasizing the importance of

improving regulatory and legal regulation in the field of land use and protection. They pay particular attention to the development of effective mechanisms for soil protection and restoration of its fertility, particularly in areas damaged by armed conflict [3].

Kravchenko O. and co-authors investigate key factors causing pollution and degradation of environmental components as a result of military actions in eastern Ukraine. In their research, the authors emphasize that armed conflict has a devastating impact on all elements of the environment without exception. In order to objectively determine the extent of damage caused and the degree of pollution of the territories, it is necessary to conduct systematic environmental monitoring and develop a comprehensive programme of measures to restore the natural environment [4].

In her scientific research, Lisova N. thoroughly analyses the environmental consequences of military actions, based on the results of studies conducted by the International Charitable Organization 'Ecology – Law – Man' and the Eastern Ukrainian Ecological Institute. Particular attention is paid to the impact of military conflict on the fertility of agricultural land. The author highlights a wide range of environmental problems, including the negative impact of groundwater due to the flooding of mines and their emergence on the surface, the destruction of purification systems, chemical and radiation contamination of water bodies, pollution of the atmosphere and soil, as well as landscape degradation, destruction of vegetation cover and significant forest areas [5].

The scientific works of Weber A.K. and co-authors investigate the chemical impact of military operations on the transformation of the natural properties of soil cover under the influence of pollutants formed as a result of the use of various types of weapons and military equipment. It is noted that prolonged warfare leads to the formation of local military-technogenic geochemical anomalies, characterized by the presence of a wide range of explosive and toxic substances. Such areas may be unsuitable for agricultural or other use for an indefinite period [6].

Research by Takahashi, K. *et al*. has shown that one of the key mechanical effects of military operations on the soil is its compaction with disruption of the humus horizon, which leads to significant negative consequences, in particular, disruption of the soil water regime and intensification of water and wind erosion processes. Military and technogenic loads cause mechanical deformation of the soil cover, which occurs as a result of the movement of wheeled and tracked military equipment, troop movements, the construction of fortifications, bombing, demining and clearing of territories from ammunition remnants [7].

Gillies, J.A. *et al.* in their studies consider the main forms of physical soil pollution, in particular vibration, radiation and thermal effects. The authors note that local temperature increases occur due to emissions of heated air, powder gases, gaseous combustion products, and exhaust gases, which together cause a decrease in biodiversity in ecosystems [8].

At the same time, the war has a significant impact not only on the natural environment of Ukraine, but also on the socio-economic and environmental systems of many countries around the world, which necessitates further interdisciplinary scientific research. An important issue remains unresolved today: the lack of clearly formulated practical solutions and specific measures aimed at minimizing risks to agricultural production in conditions of soil degradation caused by military actions.

Research objective. The aim of this study is to provide a comprehensive scientific justification of the nature and consequences of anthropogenic pressure on soil resources in conditions of military action, particularly in the context of armed aggression on the territory of Ukraine, as well as to identify priority areas for their restoration.

Presentation of the main research findings. Soil is a key independent element of the biosphere and the natural environment, which is at the same time a limited, difficult to restore and irreplaceable resource. It performs a number of critically important functions: productive (biomass and food production), ecological (biogeochemical, hydrological, gas exchange, etc.), social and informational. Today, the issues of soil conservation, rational use and protection, as well as combating soil degradation, have become globally significant [9].

Although the environmental consequences of war often remain overlooked due to the focus on human casualties and infrastructure destruction, changes in the physical and chemical properties of soils are long-lasting and significantly reduce their ecosystem productivity. Military actions have a multi-vector impact on the soil environment: from contamination with toxic substances (explosives, combustible materials, chemicals) to physical degradation, compaction and erosion. The destruction of infrastructure (in particular, oil pipelines) leads to large-scale soil contamination with petroleum products.

Since 24 February 2022, full-scale war in Ukraine has caused significant damage to soil cover across large areas. The assessment of military and man-made stress is carried out taking into account the intensity of hostilities and types of pollution. The consequences also include loss of vegetation, degradation of ecosystems, pollution of water bodies, and disruption of biodiversity. The restoration of soils and associated natural systems in de-occupied territories will require considerable time and coordinated efforts to return to a sustainable ecological state (Fig. 1).

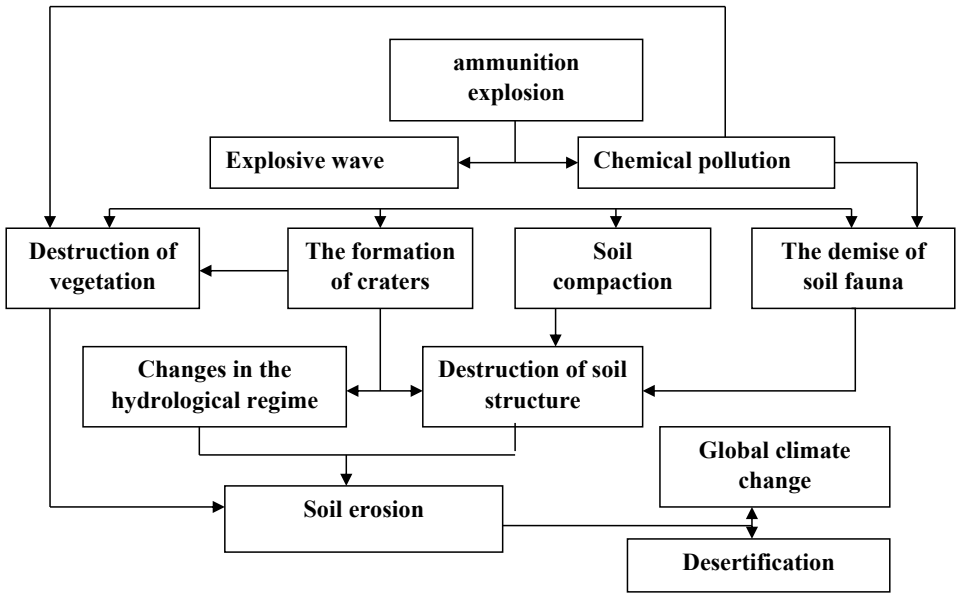


Fig. 1. Soil contamination from explosives

Source: [10]

Soil contamination resulting from military operations can be mechanical, physical, chemical, or biological. Each of these types of damage is critical in its own way and causes disruption to the structure and functions of the soil. Let us examine each type of damage in more detail [11].

Mechanical soil contamination consists of the deformation of the soil cover and the destruction of its structures as a result of intense anthropogenic impact, in particular the movement of military equipment and personnel, the construction of engineering fortifications, aviation and artillery shelling, as well as demining processes. These actions cause soil compaction, waterlogging in low-lying areas, local erosion, and surface contamination with ammunition remnants, scrap metal, and combustion products.

The key mechanical consequence is the compaction and degradation of the humus layer, leading to disruption of the soil water regime, reduced air and water permeability, and loss of agronomically valuable structure. As a result of the movement of soil particles between the fertile horizon and the lower layers, the structure becomes dispersed, which increases the risk of wind and water erosion. Demining, as one of the most destructive mechanical impacts, is often accompanied by the removal or mixing of the humus layer, which leads to the loss of the soil's physical and chemical properties, changes in its granulometric composition, and a decrease in its water-holding capacity. All this together reduces soil fertility and makes it impossible to use it effectively for agriculture without long-term recultivation.

Chemical contamination of soils is accompanied by changes in their physical and chemical properties, in particular the reaction of soil solution (pH), cation exchange potential and organic matter content, especially humus. At the same time, there is an increase in the concentration of toxic chemical compounds, leading to the formation of local landscape and geochemical anomalies. The main sources of such pollution include petroleum product residues (fuel, lubricants), solvents, chemicals, decontaminants, explosive components, combustion products, as well as heavy metals (lead, cadmium, copper, zinc, arsenic) and radionuclides. These elements can be mobile in the soil environment, migrating into aquifers and entering food chains.

The presence of such substances in the soil leads to its toxicity, reduced biological activity, disruption of the microbiological balance and reduced fertility. In the long term, this makes it impossible to use contaminated land for agricultural production without comprehensive remediation and restoration (melioration) measures. Heavy metals serve as indicator components for environmental monitoring of areas affected by military operations, as they have a long retention period in the soil environment and high ecotoxicity.

Physical contamination of soil encompasses changes in its physical characteristics caused by combat operations and the use of military equipment. The main factors of this type of impact are vibration loads, radiation exposure and thermal effects caused by explosions, the movement of heavy equipment, and thermal processes during fires and ammunition explosions. The accumulation of these factors causes profound degradation of the soil profile. The soil's buffer capacity to neutralize external influences is reduced, the aggregate structure is destroyed, the humus layer is lost, and the heat and moisture retention capacity is reduced, leading to a significant decrease in the natural fertility of the soil.

In areas of physical contamination, disturbances in temperature, changes in density, porosity and thermal conductivity may occur, which negatively affect the microbiota, plant development and the stability of the landscape as a whole. The soil's ability to self-regenerate in such conditions is significantly reduced or completely lost, especially in the presence of accompanying chemical and biological factors.

Biological soil contamination involves the degradation or complete destruction of living organisms inhabiting the soil environment, in particular soil microflora, which is key to maintaining biological balance, humus formation, nitrogen fixation, mineralization of organic residues and soil fertility formation. The main factors causing biological

depletion are: soil compaction, which limits oxygen access to microorganisms and root systems; thermal shock caused by explosions or hot materials, which changes the temperature of the environment to a lethal level for biota; mechanical destruction of the soil profile, which disrupts the natural structure and microecosystems; contamination with toxic substances, including heavy metals, explosive residues, petroleum products or chemical reagents, which inhibit the vital activity of microorganisms or destroy them completely. As a result of such impacts, the soil loses its ecosystem functions, including its ability to self-regenerate, its productivity and its participation in biogeochemical cycles. The types of soil contamination resulting from military operations are listed in Table 1.

Table 1

Types of soil contamination resulting from military operations

Type of pollution	Description	Example	Consequences / Analysis
Mechanical	Physical destruction of soil structure, compaction, erosion	Tanks and heavy equipment passed through arable land in the Chernihiv region	Loss of fertile layer, deterioration of water and air permeability, reduction in crop yields
Physical	Debris, rubbish, artificial materials	Shell fragments and equipment in the fields of Kharkiv region	Complications in agricultural work, surface contamination, danger to people
Chemical	Toxic substances entering the soil: explosives, fuel, heavy metals	After the explosion of warehouses in the Kherson region	Contamination of the 'soil-water-food' chain, health risks, long-term degradation
Biological	Contamination by corpses, pathogens, decay products	Improper burial of bodies in Donetsk region	Contamination of aquifers, spread of infections, biological hazard

Source: compiled by the author

The most dangerous in the long term are chemical contaminants, as their effects persist for years and are difficult to eliminate without extensive remediation. The most common in combat zones are mechanical and physical contaminants, as every shelling or movement of equipment leaves direct traces on the ground. The least controllable are biological contaminants, as they are difficult to detect in time and pose a threat of disease outbreaks.

Thus, each of the above types of pollution caused by military actions leads to the destruction of vegetation, soil fertility disruption, natural moisture deficiency, and desertification. As a result, the level of biota is also rapidly declining.

In early June 2025, the Ministry of Environment reported that the total damage to the environment caused by Russian aggression already amounted to 3.9 trillion hryvnias. It is noted that these figures are constantly being updated due to the Russian Federation's ongoing attacks on Ukraine. These figures only take into account the controlled territory of Ukraine, as it is difficult, and sometimes impossible, to assess the damage in the occupied territories [12].

Today, scientists must make every effort to study the impact of war on soil fertility and provide recommendations for restoring the fertility of Ukrainian black soil. The main methods for restoring contaminated soils are:

– Removal of contaminated soil layers;
– Use of plants to fix and reduce the mobility of pollutants;
– Use of filtration systems and chemical methods of water purification;
– Restoration of river ecosystems and biodiversity;
– Use of special chemicals to neutralize toxic substances;
– Thermal production to destroy biologically hazardous substances;
– Planting of plants that can clean the soil (phytoremediation).

According to World Bank estimates, the cost of demining one square meter in Ukraine can be as high as $8. Based on these forecasts, more than $37 billion will be needed for demining Ukraine over the next decade alone. At the same time, measures to restore soil fertility are also expensive. To speed up this process, land conservation (the procedure for which is defined in Government Resolution No. 35 of 19 January 2022) and recultivation are used. Reclamation means active soil cleaning using technical and biotechnological measures. These measures are very expensive. The Ecoaction report cites the following data, for example:

• soil phytoremediation (i.e., treatment with plants that reduce the concentration of the pollutant or absorb it): costs from $150 to $250,000 per hectare;
• chemical leaching (washing): costs from $30 to $300 per cubic meter of soil;
• chemical oxidation/reduction: costs from $200 to $500 per tons of treated soil, excluding the cost of analytical studies;
• waste disposal (burying it underground in specially created pits, abandoned coal mines, etc.): costs from $1 million per tons [13].

Financing reclamation measures requires a comprehensive approach that takes into account the interests of all stakeholders. The use of convenient and effective methods, cooperation between different sectors of society, and government incentives can help overcome financial difficulties and ensure the successful reclamation of Ukrainian land [14-16].

Conclusions. In our study, we paid considerable attention to various types of soil contamination resulting from military operations and methods of soil remediation: these can be artificial or natural. Artificial and natural methods have their advantages and disadvantages, and the justified choice of one method or another may depend on specific conditions and financial capabilities. There are many ways to revitalize soil: remove and dispose of contaminated soil; wash the soil with substances that can destroy contamination; plant plants that can absorb contamination and cleanse the soil. Each method has its own areas of application and weaknesses. Financial resources are important if some methods are too expensive, and it may be necessary to look for more cost-effective solutions. It may also be useful to consider partnerships with government or international organisations, as well as involving the public and local initiatives to support remediation projects.

Another method is conservation, which involves temporarily halting economic activity on the land and is an important tool for restoring and preserving ecosystems. This approach allows nature to recover on its own and restore soil fertility. It is important that conservation is part of a strategic plan for sustainable land management and nature conservation. Such an approach can take into account environmental, social and economic aspects to achieve a balance between use and conservation of nature.

REFERENCES:

1. Площа замінованих територій в Україні скоротилася на понад 20%. URL: https://ua.news/ua/ukraine/ploshcha-zaminovanikh-teritorii-v-ukrayini-skorotilasia-na-ponad-20-shmigal

2. Зайцев Ю.О., Грищенко О.М., Романова С.А., Зайцева І.О. Вплив бойових дій на вміст валових форм важких металів у ґрунтах Сумського та Охтирського районів Сумської області. *Агроекологічний журнал.* 2022. № 3. С. 136–149. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266419

3. Балюк С., Кучер А. Національне багатство України – чорноземи – під загрозою знищення. *Голос України.* 2022. № 245. URL: http://www.golos.com.ua/article/366511

4. Кравченко О., Василюк О., Войціховська А., Норенко К. Дослідження впливу військових дій на довкілля на сході України. *Схід.* 2015. № 2. С. 118123. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Skhid_2015_2_23

5. Лісова Н. Вплив військових дій в Україні на екологічний стан території. *Наукові записки.* 2017. № 2. С. 165–173. URL: http://nzg.tnpu.edu.ua/article/view/157493/156777

6. Weber, A.K., Bannon, D.I., Abraham, J.H., Seymour, R.B., Passman, P.H., Lilley, P.H., Parks, K.K., Braybrooke, G., Cook, N.D., Belden, A.L., 2020. Reduction in lead exposures with lead-free ammunition in an advanced urban assault course. *J. Occup. Environ.* Hyg. 17 (11–12), 598–610. DOI: https://doi.org/10.1080/15459624.2020.1836375

7. Takahashi, K., Preetz, H., Igel, J., 2011. Soil properties and performance of landmine detection by metal detector and ground-penetrating radar – soil characterisation and its verification by a field test. J. Appl. Geophys. 73, 368–377.

8. Gillies, J.A., Kuhns, H., Engelbrecht, J.P., Uppapalli, S., Etyemezian, V., Nikolich, G., 2007. Particulate emissions from U.S. Department of Defense artillery backblast testing. J. Air Waste Manag. Assoc. 57 (5), 551–560. DOI: https://doi.org/10.3155/1047-3289.57.5.551

9. Іванова В. Фізико-хімічні властивості солонців території Запорізької області // Іванова В., Тутова А., Кілімова О., Черкез М., Голубєва К./ The VII International Scientific and Practical Conference «Innovative trends in science, practice and education», February 22 – 25, 2022, Munich, Germany. P.138-142. URL: http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/12981/1/Іванова.pdf

10. Василюк О., Колодежна В. Якою має бути доля пошкоджених вибухами українських територій? URL: https://uncg.org.ua/iakoiu-maie-buty-dolia-poshkodzhenykh-vybukhamy-ukrainskykh-terytorij

11. Деградація ґрунтів. URL: https://agroapp.com.ua/uk/blog/degradaciya-gruntiv

12. Екологічна ситуація в Україні у 2025 році: як війна вплинула на довкілля. URL:https://unn.ua/news/ekolohichna-sytuatsiia-v-ukraini-u-2025-rotsi-yak-viina-vplynula-na-dovkillia

13. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко. Київ: ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с. URL: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii-summary.pdf

14. Бойко М. О., Гальчук І.О. Вплив бойових дій на родючість українських ґрунтів. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Моніторинг ґрунтів: пріоритети досліджень для сприяння відновленню України», 4 грудня 2023 р. Київ.* 2023. С. 117-118. URL: https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/9152

15. Бойко М.О. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ВІД СПАЛЮВАННЯ РЕШТОК ВРОЖАЮ. *Аграрна наука і освіта: історичний екскурс, сучасна парадигма, стратегія розвитку:* Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках IX наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2024»,

15 березня 2024 р., с. Крути, Чернігівська обл.) / ДС «Маяк» ІОБ НААН. Обухів: Друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2024. С. 26-28. URL: http://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/9220?show=full

16. Бойко М.О. Точне землеробство як чинник забезпечення екологічної стійкості та захисту ґрунтів. *Аграрні інновації.* № 22. 2023. С. 15-19 DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.2

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 502.504
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.34

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ В ДОСЛІДЖЕННІ ПРОЦЕСІВ РУЙНАЦІЇ ВЕРХНІХ ШАРІВ ҐРУНТУ

Бабенко В.М. *– к.т.н.,*
доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/0000-0002-1578-3445
Тихомирова Т.С. *– к.т.н.,доцент,*
доцентка кафедри хімічної техніки та промислової екології,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/0000-0001-9124-9757
Сакун А.О. *– PhD, доцент,*
доцентка кафедри хімічної техніки та промислової екології,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/ 0000-0002-1079-7856

У роботі розглянуто застосування сучасних методів моніторингу для дослідження процесів руйнації верхніх шарів ґрунту під впливом природних і антропогенних чинників. Задля визначення оцінки пошкодження ґрунту застосовано використання двох методів. Перший, якісний підхід використовує загальний моніторинговий підрахунок зафіксованих випадків. Другий підхід базується на отриманні більш точної кількісної характеристики площі пошкодження, зміни територіальної цілісності земельної структурної одиниці сільськогосподарського або іншого призначення. У праці окремо підкреслено, що на сьогодні додається суттєвий вплив від повномасштабних військових дій, як прямого впливу, так і накопичувальної поступової дії. Результати досліджень свідчать про те, що навіть попри збільшений антропогенний вплив використання моніторингу та класифікація пошкоджень надає позитивні результати, як в короткострокової так і в довгострокової перспективи.

Проаналізовано можливості дистанційного зондування Землі, використання супутникових геоінформаційних систем (ГІС), безпілотних літальних апаратів (БПЛА), а також наземних інструментальних і лабораторних методів у виявленні ерозійних процесів, деградації ґрунтового покриву та змін його фізико-хімічних властивостей. Нами вважається, що особливо перспективним методом є застосування БПЛА з електричними двигунами та використання на них штучного інтелекту (ШІ) задля спрощення збору й обробки отриманої інформації. Поєднання використання БПЛА, ШІ та електронних карт і таблиць на сьогодні у військовій сфері надає найкращі результати, досвід яких потрібно застосовувати і в екологічному моніторингу. Обґрунтовано ефективність комплексного використання сучасних моніторингових підходів для оперативної оцінки стану ґрунтів, прогнозування подальшої деградації та розроблення заходів щодо збереження і відновлення ґрунтових ресурсів в умовах кліматичних змін та зростаючого антропогенного навантаження. У статті сформульовано рекомендації стосовно моніторингу задля виявлення змін та можливого зменшення наслідків пошкодження ґрунтів. Окреслено, що використання усіх можливих на сьогодні методів моніторингу дає можливість оперативно збирати, накопичувати та систематизувати інформацію екологічного характеру для використання її в збереженні та відновленні верхнього шару ґрунтів.

Ключові слова: *екологія, моніторинг, земельні ресурси, екосистеми, ґрунти, забруднення.*

© Бабенко В.М., Тихомирова Т.С., Сакун А.О., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Babenko V.M., Tykhomyrova T.S., Sakun A.O. Application of modern monitoring methods in the study of the processes of destruction of upper soil layers

The paper examines the application of modern monitoring methods for investigating the processes of soil layer destruction under the combined influence of natural and anthropogenic factors. To assess soil damage, two methods were employed. The first, qualitative approach uses a general monitoring count of recorded cases. The second approach is based on obtaining a more accurate quantitative characterization of the area of damage, including changes in the territorial integrity of a land structural unit with agricultural or other purposes. The paper separately emphasizes that today, a significant impact from full-scale military operations is added, encompassing both direct and cumulative gradual effects. The research results indicate that despite the increased anthropogenic impact, the use of monitoring and classification of damage provides positive results, both in the short and long term.

The possibilities of remote sensing of the Earth, the use of satellite geographic information systems (GIS), unmanned aerial vehicles (UAVs), as well as ground-based instrumental and laboratory methods in detecting erosion processes, soil degradation, and changes in its physicochemical properties are analyzed. A particularly promising method is the use of UAVs equipped with electric motors and the application of artificial intelligence (AI) to simplify the collection and processing of the information obtained. The combination of UAVs, AI, and electronic maps and tables in the military sector today yields the best results, an experience that should also be applied in environmental monitoring. The effectiveness of integrating modern monitoring approaches for operational assessment of soil conditions, forecasting further degradation, and developing measures to preserve and restore soil resources in the context of climate change and increasing anthropogenic load is substantiated. The article formulates recommendations for monitoring to detect changes and reduce the consequences of soil damage. It is outlined that the use of all currently available monitoring methods enables the prompt collection, accumulation, and systematization of ecological information for use in the preservation and restoration of the topsoil.

Key words: *ecology, monitoring, land resources, ecosystems, soils, pollution.*

Актуальність теми дослідження. В сучасних умовах розвитку України актуальність дослідження застосування сучасних методів моніторингу в процесах руйнації верхніх шарів ґрунту зумовлена зростанням інтенсивності процесів деградації, спричинених поєднанням кліматичних змін і посилення антропогенного впливу. Підвищення середньої температури повітря, збільшення випадків екстремальних опадів і посух, а також нераціональне землекористування призводять до прискорення водної та вітрової ерозії, ущільнення ґрунту, втрати гумусу й зниження його родючості. Особливо вразливими є верхні шари ґрунту, які виконують ключову роль у забезпеченні біологічної продуктивності екосистем і продовольчої безпеки.

Традиційні методи оцінки стану ґрунтів часто є трудомісткими, локальними та недостатньо оперативними для своєчасного виявлення динамічних змін. У зв'язку з цим зростає потреба у впровадженні сучасних методів моніторингу, зокрема дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем, використання безпілотних літальних апаратів і автоматизованих наземних сенсорів. Поєднання таких підходів забезпечує просторово-часову безперервність спостережень, підвищує точність оцінки процесів руйнації ґрунтового покриву та дозволяє виявляти тенденції деградації на ранніх стадіях. Таким чином, впровадження можливостей застосування сучасних методів моніторингу є надзвичайно актуальним для наукового обґрунтування систем управління ґрунтовими ресурсами, розроблення ефективних заходів з охорони та відновлення ґрунтів, а також для забезпечення сталого землекористування в умовах сучасних екологічних викликів.

Постановка проблеми. В сучасному світі природні піхотні та рівнинні земельні екосистеми, за рахунок постійного наростаючого навантаження є досить вразливими, особливо це спостерігається на фоні кліматичних змін кінця XX та початку

XXI століття. Найбільшими за масштабом явища такого характеру спостерігались при освоєнні раніше недоторканих степових просторів Євразії та прерій Північної Америки. Безвідповідальне ставлення до земельних ресурсів в умовах помірного степового клімату приводило до потужних процесів вітрової ерозії, особливо в весняний період, коли рослинність ще вкриває орні ґрунти. В процеси деградації верхнього шару ґрунту, в XXI столітті, вносять переважно найбільший вклад два фактори: перший це підвищення середньої температури Землі при збільшенні парникових газів в атмосфері та для степового регіону ще й зменшення кількості опадів, а другий – це недбале ставлення до земельних ресурсів в XX столітті та початок повномасштабних військових дій на сході й півдні України. Особливо гостро проблема фізичного знищення та виведення з ладу орних земельних ресурсів спостерігається на сході України, де на кінець 2025 року вже фактично четвертий рік продовжуються повномасштабні запеклі військові дії з застосуванням усіх можливих конвекційних і навіть хімічних засобів зброї. Інтенсивна людська діяльність XX століття по недбалому використанню земельних ресурсів, до якої в часи СРСР не приділяли необхідної уваги та не проводили систематичні моніторингові спостереження привела до зменшення родючості, засолення й виснаження ґрунтів. Використання надмірного зрошення та недостатньої ущільненості іригаційних каналів на півдні України призвели до змін гідрологічного режиму з появою процесів водної ерозії, коли починається втрата біологічно активного шару ґрунту. Потрапляння додаткової кількості родючих ґрунтів с великою кількістю сполук азоту й фосфору призводить до таких негативних процесів в річках та водосховищах як «цвітіння» води й замулювання донних рослин.

Починаючі з 2022 року додатковим негативним фактором є повномасштабні військові дії, що на кінець 2025 охоплюють східні та південні області України. Сьогодні навіть Одеська область страждає від руйнації внаслідок збільшення потрапляння ворожих БПЛА на її територію. Окрема потрібно сказати про токсичні речовини що потрапляють в ґрунти при використанні бойових отрутних речовин і вибухівки, масштабні пожежі, яких тільки в Харківської області, в 2025 році налічувалось 626 випадків [1].

Використання сучасних методів моніторингу, що поєднують в собі такі новітні технології спостереження як супутникові данні, БПЛА з ШІ та там де є можливість наземні лабораторні експерименти, дає можливість створення інформаційної бази задля роботи по зменшенню впливу й відновленню пошкоджених земельних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Верхній шар ґрунту, родючий гумусовий горизонт, є найбільш уразливою складовою ґрунтового покриву під час масштабних пожеж, оскільки саме в ньому зосереджені органічна речовина, поживні елементи, мікроорганізми та насіння рослин. Високі температури під час тривалих масштабних пожеж призводять до вигорання гумусу, руйнуванню й спіканню ґрунтової структури та загибелі ґрунтової біоти. Такі негативні наслідки різко знижують родючість і здатність ґрунту до самовідновлення, особливо це стосується хвойних лісів. Масштабні пожежі також суттєво змінюють фізичні властивості верхнього шару ґрунту: зменшується водопроникність, формується гідрофобний довгостроковий водовідштовхувальний прошарок, зростає щільність і знижується пористість. Унаслідок цього після пожеж різко підвищується ризик водної, а потім і вітрової ерозії, особливо під час інтенсивних літніх опадів або сильних вітрів, що призводить до втрати верхнього родючого шару. Хімічні зміни ґрунту після пожеж проявляються у втраті азоту через його випаровування,

тимчасовому підвищенні лужності та накопиченні зольних елементів, які можуть швидко вимиватися. За умов повторюваних або надзвичайно інтенсивних пожеж ці процеси набувають незворотного характеру, спричиняючи деградацію ґрунтів і зниження їх біологічних функцій аж до повної втрати екосистеми. Звичайно цей процес зворотній, але відновлення може займати до п'яти років, в залежності від масштабів.

Особливо високою є вразливість верхнього шару ґрунту в умовах пожеж від військових дій, коли поєднуються декілька негативних факторів: висока температура горіння, механічне порушення поверхні та забруднення продуктами вибухів і горіння. Це створює додаткові екологічні ризики, пов'язані з токсичним навантаженням, погіршенням якості ґрунтів і тривалим негативним впливом на прилеглі екосистеми та сільськогосподарські угіддя.

За моніторинговими підрахунками по Харківської області пошкодження ґрунтів від масштабних пожеж що були спричинені від потужних обстрілів на початок грудня налічувалось 13 випадків (табл. 1).

Таблиця 1

Відомі випадки пожеж, прямо пов'язаних із ворожими обстрілами та ударами на Харківщині у 2025 році, на основі повідомлень ДСНС

Дата	Кількість пожеж / обставини	Місце (район)
1–2 березня 2025	2 пожежі, спричинені обстрілами	Богодухівський, Куп'янський
8–9 березня 2025	5 пожеж, спричинених обстрілами	Харківський, Чугуївський, Ізюмський райони
29 квітня, травень 2025	Лісова пожежа після обстрілів, площі до 50 га і більше	Ізюмський, Борівський райони
18 червня 2025	2 пожежі через ворожі БПЛА/ обстріли	Богодухівський (Ріпки), Ізюм
19–20 червня 2025	3 пожежі внаслідок масованого обстрілу Харкова	Харків (місто)
16 вересня 2025	1 велика пожежа спричинена російським ударом	Великий Бурлук

Джерело: на основі аналізу [2]

Окрім прямого негативного впливу, завдяки супутниковим методам моніторингу впродовж 2024 та 2025 року, є й додаткові чинники які додають всій вклад в підвищенню середньої температури Землі. Кількість сажі від різних пожеж, що потрапила в атмосферу після повномасштабного вторгнення з лютого 2022 року навіть на сьогодні не відома, тобто є суттєві «прогалини» в моніторингових спостереженнях. Але за рахунок проміжних оцінок «Ініціативи з обліку парникових газів війни», повний масштаб воєнних викидів (CO_2 еквівалент) з лютого 2022 року до теперішнього часу становить близько 230–237 млн. тонн CO_2 еквіваленту, включаючи прямі викиди від бойових дій, знищення інфраструктури, пожеж і пов'язані з ними ланцюгові ефекти, як-от спалення лісів чи об'єктів промисловості. Не потрібно пояснювати наскільки оголені від пожеж ґрунти перегріваються, особливо влітку, та продовжують ланцюговий негативний вплив на навколишнє середовище й клімат Землі [3–5].

Невирішеною проблемою ґрунтів є факт, що площа потенційно замінованих територій станом на 2025 рік складає 137 000–139 000 км^2, що можна порівняти з площею Греції. Частина територій вже перевірена саперами та визнана безпечною, однак значна частина залишається небезпечною для цивільного та господарського використання.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. На кінець 2025 року існує наступний перелік невирішених проблем, серед яких є ті що пов'язані з ґрунтами. Зазвичай головною проблемою є тривала війна, що не тільки руйнує фізичну інфраструктуру, але й створює фізичні ризики для моніторингових досліджень, обмежує доступ до багатьох територій де існують заміновані ділянки, або проходять активні бойові дії і робить неможливим повноцінний моніторинг у цих зонах. У деяких районах сходу та півдня України дані взагалі відсутні, окрім супутникових даних від країн членів НАТО, що створює «білі плями» у національних базах даних. Моніторинг довкілля в Україні реформується, але правове регулювання ще не узгоджене повністю, через що виникають проблеми з організацією, відповідальністю та обміном інформацією між державними органами. Це стосується як моніторингу забруднення ґрунтів, так і відходів, і контрольних пунктів екологічного спостереження. Україна прагне переходу до європейських стандартів моніторингу й оцінювання, наприклад таких як: *EN*/*ISO*-стандарти для води та повітря, але обмежені ресурси, технічні можливості та потреба у стандартизації обладнання затримують повний перехід особливо в умовах військових дій.

Але попри всі перешкоди є надія, що запропоновані нижче рекомендації по застосуванню сучасних методів моніторингу будуть впроваджені задля збереження та відновлення земельних ресурсів сходу та півдня України.

Постановка завдання. Завданням досліджень у даній публікації є аналіз факторів що перешкоджають впровадженню сучасних методів моніторингу та пошук можливих шляхів задля зменшення впливу на процеси руйнації верхніх шарів ґрунту. Фінальним результатом завдання є створення рекомендацій спрямованих на скоріше відновлення та збереження земельних ресурсів.

Виклад основного матеріалу. При проведенні розробок задля впровадження сучасних методів моніторингу в дослідженні процесів руйнації верхніх шарів ґрунту застосовано два метода. Перший метод якісної оцінки є й першочерговим для любого моніторингового дослідження. Відомо що перед початком повноцінного дослідження необхідно мати максимально повний обсяг інформації як по усім минулим роботам, так і по новітнім тенденціям та розробкам. І вже на цьому етапі ми стикаємось з наявними труднощами, а саме, станом на 2025 рік маємо кілька суттєвих проблем:

– фрагментована системи спостережень,
– відсутність достатньої кількості кількісних даних,
– пошкоджена інфраструктура через війну,
– правові прогалини,
– необхідність впровадження єдиного інформаційного простору для моніторингу.

Ці проблеми впливають на здатність держави ефективно оцінювати стан довкілля, планувати відновлення, реагувати на екологічні надзвичайні ситуації та інтегрувати українську систему моніторингу зі стандартами ЄС та міжнародними практиками.

Аналітичні дослідження показують, що попри усі перешкоди є й позитивні тенденції. Відновлення ґрунтів починається з встановлення рамок безпечних

перевірених територій, вільних від вибухових пристроїв, неспрацьованих снарядів, БПЛА та ракет. Починаючі з весни 2022 року, по моніторингу потенційно замінованих територій спостерігалось пікове значення саме на початку повномасштабного вторгнення (табл. 1).

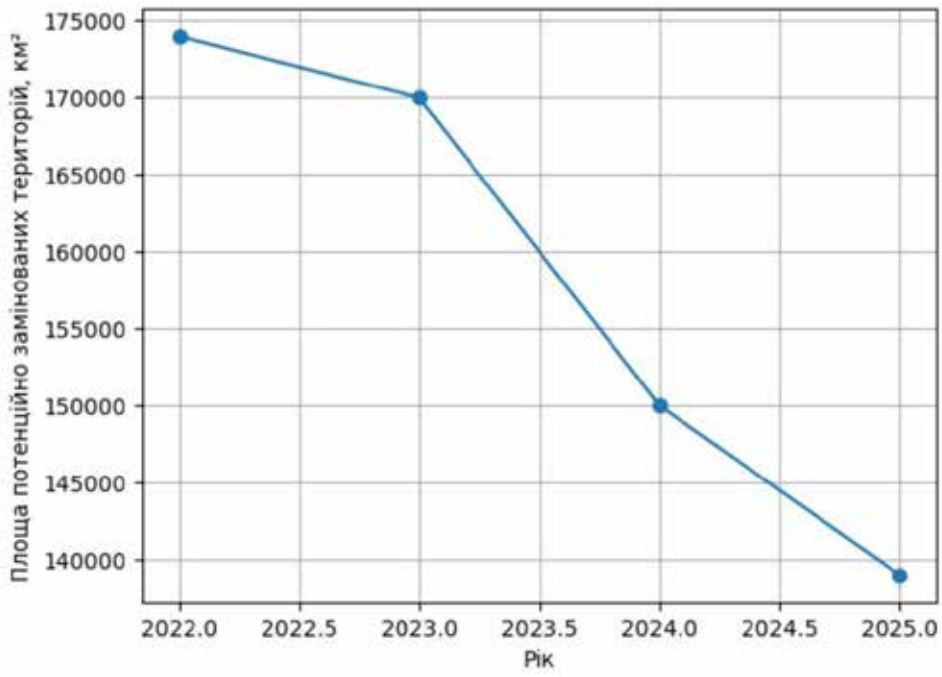


Рис. 1. Динаміка площі потенційно замінованих територій в Україні 2022–2025 роки

Оцінка охоплює території активних бойових дій, окупації та масового застосування мін і вибухово-небезпечних предметів (ВНП) усіх типів. Максимальний пік складав приблизно 174 тис. км^2, що співпадає з такою країною як Уругвай. Серед прогресивних методів для моніторингу та розмінуванню територій найперспективнішим є використання безпілотних сухопутних платформ з дистанційним керуванням. Їх головні переваги це: збереження людських життів при вкрай складних умовах, висока ефективність використання, прохідність по складній місцевості та достатня простота й мобільність в використанні. Зазвичай в деяких умовах людину замістити практично неможливо, але при використанні таких засобів на порядки зменшується ризик ураження від вибухових пристроїв.

Ще одним з наслідків антропогенного впливу на ґрунти є літні пожежі в спекотні та найсухіші місяці. Ситуація ускладнюється коли такі сухі регіони потрапляють під обстріли, ракетні атаки та нальоти БПЛА. Особливу небезпеку несуть повторні обстріли, коли спеціалісти ДСНС ліквідують наслідки пожеж. В 2025 році ґрунтова засуха посилилася у східних та південних областях, де період без ефективних опадів досягав до 80 днів, а загальна кількість опадів за весь літній сезон становила лише 25% від норми. Це критично вплинуло на кількість вологи в ґрунті, що привело к достроковому пересиханню та утворенню вітрової ерозії.

Додатковим негативним чинником стало зниження прозорості атмосфери за рахунок високої кількості сажі в повітрі. Точна кількість сажі, викинутої в атмосферу внаслідок масштабних пожеж і бойових дій в Україні з лютого 2022 року, наразі не оцінена в конкретних тоннах у відкритих наукових джерелах. Проте викиди парникових газів, серед яких частина пов'язана з панівними процесами горіння біомаси й великих пожеж, оцінюються у сотні мільйонів тонн CO_2-еквіваленту. Локальні дані підтверджують, що окремі пожежі спричинювали викиди десятків тонн забруднювачів у повітря, включно з частинками, які за хімічним складом наближені до сажі. Оскільки безпосередні виміри сажі не є доступними у відкритих джерелах, для примірочної оцінки використовуються методи супутникового моніторингу та емісійні моделей пожеж (*GFED*, *Copernicus EMS*). Аналіз локальних спостережень якості повітря (*AQI*) у зонах бойових дій, підтверджує цифри в сотні мільйонів тонн за період 2022–2025 років, задля можливості розділити внесок пожеж від інших джерел впливу.

Аналогічну ситуацію надають і аграрні експерти, які повідомляють про низькі рівні вологи у ґрунті, що пов'язано з недостатнім рівнем опадів наприкінці весни та протягом літа (набагато нижче багаторічних норм) [6]. Моніторингові дослідження по сходу Україні підтверджують наступну тенденцію: менша кількість опадів навесні та влітку напряму пропорційна збільшенню площі пожеж та оголенню верхнього шару ґрунту, що як ланцюгова реакція прискорює вітрову ерозію. Задокументованим прикладом вигоряння цілого хвойного лісового масиву є частина гідропарку в межах міста Харків що проілюстровано на рис. 2.

Рис. 2. Згорілий хвойний ліс в межах міста Харків, літо 2025 року

Потрібно підкреслити, що моніторинг на місті пожежі в хвойному лісі підтвердив зміну й стану трав'яної та ґрунтової екосистеми. Це створює умови для частішого виникнення ґрунтових і атмосферних посух, насамперед у літній період, та підвищує вразливість річкових і прилеглих до них екосистем. Для порівнянню

моніторингу стану ґрунту з супутниковими методами доцільно використовувати індекс посушливості, або Стандартизований індекс опадів *Standardized Precipitation Index (SPI)*, доказовий індикатор, що вимірює відхилення фактичних опадів від середніх багаторічних значень для певної території. Такий індекс *SPI* свідчить про прискорення втрати вологи верхнім шаром ґрунту, що вказує на посилення процесів ерозії у Харківській області.

Результати досліджень. По результатам досліджень отримано такі данні: найбільш небезпечними для верхнього шару ґрунтів стають роки, в період з 1990 по 2025 р., що характеризуються умовами сильної посухи, а це саме по розрахункам кожен шостий рік за досліджуваний період. За умов степової зони сходу України такі значення свідчать про високу вразливість ґрунтів як для вітрової так і для водної ерозії, особливо в літній період. Недостатня кількість наземних моніторингових спостережень на сьогодні частково компенсується представленими даними з супутникових моніторингових платформ по реєстрації кількості та масштабів пожеж, що надаються як для військових, так і з добовим запізненням, для цивільних організацій, однією з яких є система регіонального спостереження по областям в Україні.

Досліджено, що падіння рівня води в річках, особливо в літній період, або катастрофічні наслідки руйнацій греблі від військових дій [7], тільки прискорюють тенденцію зменшення вологи в верхніх шарах ґрунту та як наслідок пересиханню трав'яної рослинності, а це в свою чергу утворює найкращі умови для створення пожеж антропогенного походження. Скоріше винятком є ситуація з утворенням ґрунтів та лісового масиву після руйнації Каховської греблі, коли завдяки оперативним діям екологів та сприятливим погодним умовам вдалось перетворити більшу частину дна обмілілого водосховища, що знаходиться під Українською державністю в єдиний вербовий ліс та не допустити перетворення в пустелю з катастрофічними ерозійними наслідками. Сьогодні, як і в XX столітті, відповідальність за збереження верхнього шару родючих ґрунтів повністю лежить на людстві, а відновлення та розвиток неможливий без постійного моніторингу, який при використанні сучасник засобів дистанційного контролю безпілотними платформами є обов'язковим етапом для розробці необхідних стратегій відновлення та збалансованого природокористування в складних умовах постійного впливу антропогенних факторів.

Висновки і пропозиції. Застосування сучасних методів моніторингу як то дистанційного зондування Землі, ГІС-технологій, безпілотних літальних апаратів та автоматизованих ґрунтових сенсорів суттєво підвищує точність і оперативність виявлення процесів руйнації верхніх шарів ґрунту, зокрема втрати гумусу та ущільнення. Інтеграція супутникових даних *Sentinel* та *Landsat*, кліматичних аналізів і польових спостережень дозволяє здійснювати просторово-часовий аналіз процесів деградації та виявляти зони підвищеного ризику на ранніх етапах їх розвитку. Сучасні методи моніторингу є особливо актуальними для України в умовах військових дій, оскільки забезпечують можливість дистанційного контролю територій з обмеженим доступом, у тому числі замінованих та постраждалих від пожеж і вибухових навантажень. Використання цифрових технологій сприяє формуванню науково обґрунтованих рішень у сфері охорони ґрунтів, планування рекультиваційних заходів та оцінки довгострокових екологічних наслідків антропогенного впливу. Задля вирішення актуальних проблем пропонуються наступні пропозиції.

1. Доцільно розширити впровадження інтегрованих систем моніторингу ґрунтів на національному та регіональному рівнях із використанням даних супутникових місій *Copernicus*, наземних спостережень та ГІС-аналізу.

2. Рекомендується створення єдиної цифрової платформи моніторингу деградації ґрунтів, що забезпечить накопичення, стандартизацію та відкритий доступ до даних для науковців, органів влади та землекористувачів.

3. Необхідно посилити міждисциплінарні дослідження, поєднуючи ґрунтознавство, кліматологію, екологію з метою комплексної оцінки чинників руйнації верхніх шарів ґрунту. Результати моніторингових досліджень слід активно інтегрувати у програми відновлення земель, агроекологічного планування та адаптації до змін клімату, що сприятиме збереженню родючості ґрунтів і сталому розвитку територій.

4. Доцільним є розвиток методик оперативного моніторингу деградації ґрунтів у зонах військових дій, зокрема з використанням безпілотних технологій та автоматизованих систем збору даних.

Наприкінці потрібно додати, ми всі сподіваємось на краще, що все ж війна колись закінчиться, а висококваліфіковані спеціалісти по керуванні всіх типів безпілотних платформ залишаться живими та неушкодженими і саме тоді їх навички в використовуванні таких засобів будуть дуже потрібні в мирному житті, а особливо в перспективних методах дистанційного моніторингу ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Юлія Гнатченко. *Пожежі набирають обертів: у Харківській області згоріли більше 150 гектарів землі за тиждень*. веб-сайт. URL: https://www.slk.kh.ua/news/news/skilki-gektariv-zemli-zgorili-v-harkivskij-oblasti-z-pocatku-2025-roku.html?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 05.12.2025).

2. Тетяна Адамович. *Пожежі на Харківщині: оперативна інформація на 9 березня 2025 року*. веб-сайт. URL: https://infocity.kharkiv.ua/proisshestvija/pozhezhina-kharkivshchyni-operatyvna-informatsiia-na-9-bereznia-2025-roku/ (дата звернення: 05.12.2025).

3. NASA Earth Observatory.*2024 Was the Warmest Year on Record*. веб-сайт. URL: https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/2024-was-the-warmest-year-on-record-153806/ (дата звернення: 07.12.2025).

4. World Meteorological Organization. *State of the Global Climate 2024*. веб-сайт. URL: https://public.wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024 (дата звернення: 07.07.2025).

5. Copernicus Climate Change Service. *Copernicus Global Climate Report 2024 confirms last year as the warmest on record, first ever above 1.5 °C annual global average temperature*. веб-сайт. URL: https://www.copernicus.eu/en/news/news/copernicus-global-climate-report-2024-confirms-last-year-warmest-record-first-ever-above (дата звернення: 07.07.2025).

6. Лиховид П. В., Вожегова Р. А., Грановська Л. М., Ушкаренко В. О., Чабан В. О., Кузнєцов С. І., Біднина І. О. Математичне прогнозування еколого-кліматичної ситуації в Україні в контексті глобального потепління. Аграрні інновації. 2024. № 28. С. 53-61. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.9.

7. Мирошниченко А. Кризові екологічні комунікації у період воєнного часу (на прикладі Каховської ГЕС). *Науково-теоретичний альманах Грані*. 2023. Т. 26. № 5. С. 132-142. DOI: https://doi.org/10.15421/1723113.

8. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В. Моніторинг і оцінка якості ґрунтів та земель. Навчальний посібник. К. НУБіП України, 2016. 416 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

УДК 632.7
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.35

МОНІТОРИНГ ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА РІЧКОВІ ТА ПРИЛЕГЛІ ДО НИХ ЕКОСИСТЕМИ В УКРАЇНІ

Бабенко В.М. *– к.т.н.,*
доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/0000-0002-1578-3445
Босюк А.С. *– PhD.,*
старша викладачка кафедри хімічної техніки та промислової екології,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/0000-0001-5254-2272
Крючкова В.В. *– аспірантка кафедри хімічної техніки та промислової екології,*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
orcid.org/0009-0000-7548-6779

Кліматичні зміни планетарного характеру стають на території України дедалі інтенсивніші та впливають на стан річок і пов'язаних із ними екосистем. Підвищення середньої температури повітря та води, зміна режиму опадів, почастішання посух і екстремальних погодних явищ спричиняють коливання рівнів води в природних водних системах, що приводить до порушення гідрологічного режиму та деградацію біотопів. Унаслідок цього зменшується біологічне різноманіття, погіршується якість води, прискорюються процеси евтрофікації та виснаження існуючих ресурсів екосистем. Додатковим чинником до загально-кліматичних змін є антропогенний тиск, а саме: урбанізація, промислове забруднення, меліоративні роботи та нераціональне водокористування, що суттєво підсилює вразливість екосистем. Попри очевидне зростання ризиків, в Україні все ще недостатньо системно організованих довгострокових моніторингових програм, які б комплексно відстежували вплив кліматичних змін на річки та прилеглі території. Відсутність узгоджених методик збору даних, наявність повномасштабних військових дій завдяки чому є нерівномірність спостережень у різних регіонах та обмежена інтеграція гідрологічних, екологічних і кліматичних досліджень знижують ефективність оцінки реальних екологічних загроз.

У зв'язку з цим виникає потреба у формуванні сучасної, науково обґрунтованої системи моніторингу, яка б дозволила своєчасно виявляти зміни у водних та прибережних екосистемах, прогнозувати їх наслідки та розробляти ефективні заходи адаптації до кліматичних викликів.

Метою дослідження є визначення впливу кліматичних змін при застосуванні усіх видів моніторингових спостережень річкових та прилеглих до них водних екосистем в України, без сталого існування яких неможливий розвиток ані промисловості, ані сільського господарства, а також покрокова розробка шляхів збереження існуючих водних ресурсів. Задля виконання мети дослідження було зосереджено увагу на змінах показників гідрологічних та хімічних параметрах річкових екосистем і прилеглих до них територіях. Результати дослідження показали, що прискорення кліматичних змін приводить до обміління водних об'єктів, а підвищення середньорічної температури та зменшення кількості опадів особливо в літній період, вже призвело до бурхливого росту водоростей тат званому «цвітіння» води та втраті існуючого біологічного різноманіття. Отримані проаналізовані нами дані свідчать про поступове й нажаль постійне зниження рівня води, зменшення корисного об'єму водосховищ річок України, погіршення, в порівнянні з першою половиною XX століття якості поверхневих вод та пов'язаним з усім вищеперерахованим порушенням

© Бабенко В.М., Босюк А.С., Крючкова В.В., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

гідрологічного балансу. У висновках запропоновано дії що спрямовані на збереження річкових та прилеглих до них екосистем, які націлено на відновлення природних русел річок, створення територій з мінімальним антропогенним впливом та впровадження сталого розвитку в управлінні водними ресурсами України за напрямком інтеграції в нашу національну політику екологічного законодавства.

Ключові слова: *екологія, зміни клімату, водні ресурси, біологічне різноманіття, родючість ґрунту, забруднення.*

Babenko V.M., Bosiuk A.S., Kriuchkova V.V. Monitoring the impact of climate change on the rivers and their adjacent ecosystems in Ukraine

Global climate change is intensifying in Ukraine, affecting the state of rivers and their related ecosystems. An increase in average air and water temperatures, changes in precipitation patterns, and an increased frequency of droughts and extreme weather events cause fluctuations in water levels in natural water systems, leading to disruptions of the hydrological regime and degradation of biotopes. As a result, biodiversity decreases, water quality deteriorates, eutrophication processes and depletion of existing ecosystem resources accelerate. An additional factor contributing to general climate change is anthropogenic pressure, specifically urbanization, industrial pollution, land reclamation, and irrational water use, which significantly increases the vulnerability of ecosystems. Despite the obvious increase in risks, Ukraine still lacks systematically organized long-term monitoring programs that would comprehensively monitor the impact of climate change on rivers and adjacent territories. The lack of coordinated data collection methods, the presence of full-scale military operations, which result in uneven observations across different regions, and limited integration of hydrological, ecological, and climatic studies reduce the effectiveness of assessing real environmental threats.

In this regard, there is a need to establish a modern, scientifically based monitoring system that enables the timely detection of changes in aquatic and coastal ecosystems, predicts their consequences, and develops effective measures for adapting to climate challenges.

The purpose of this study is to determine the impact of climate change on the application of various monitoring observations of rivers and adjacent aquatic ecosystems in Ukraine, which are essential for the sustainable development of both industry and agriculture, as well as to develop step-by-step methods for preserving existing water resources. To achieve the study's goal, attention was focused on changes in the indicators of hydrological and chemical parameters of river ecosystems and their adjacent territories. The study's results showed that the acceleration of climate change leads to the shallowing of water bodies. The increase in average annual temperature and the decrease in precipitation, especially during the summer period, have already led to the rapid growth of algae, known as the "flowering" of water, and the loss of existing biological diversity. The data obtained and analyzed by us indicate a gradual and, unfortunately, constant decrease in the water level, a reduction in the useful volume of Ukrainian river reservoirs, a deterioration in the quality of surface waters compared to the first half of the twentieth century, and the associated disruption of the hydrological balance. The conclusions propose actions aimed at preserving the river and adjacent ecosystems, focusing on restoring natural river beds, creating territories with minimal anthropogenic impact, and implementing sustainable development in the management of Ukraine's water resources, integrating them into the country's national policy of environmental legislation.

Key words: *ecology, climate change, water resources, biodiversity, soil fertility, pollution.*

Актуальність теми дослідження. В сучасних умовах розвитку України моніторинг впливу змін клімату на річкові та прилеглі екосистеми є надзвичайно актуальним, оскільки ці екосистеми першими реагують на зміни температури, режиму опадів та частоту екстремальних погодних явищ. Відсутність своєчасного та комплексного спостереження ускладнює оцінку реального стану водних ресурсів, погіршення якості води та втрату біологічного різноманіття. Регулярний моніторинг за допомогою новітніх методик та обладнання дозволяє своєчасно виявляти ризики, прогнозувати екологічні наслідки та розробляти ефективні заходи адаптації до кліматичних змін, що в поєднанні зі сталим розвитком надає найкращі результати.

Постановка проблеми. В сучасному світі природні водні екосистеми, за рахунок сформованого вікового балансу є досить вразливими до швидких кліматичних

змін XX та XXI століття, де найбільшим за масштабом явищем було фактичне зникнення Аральського моря внаслідок безвідповідального ставлення до водних ресурсів в умовах пустельного регіону. Поступове підвищення середньої температури Землі за рахунок постійного збільшення двоокису вуглецю в атмосфері, зменшення кількості та зміна режиму опадів, все це приводить до зменшення наявних водних ресурсів і деградації болотних екотопів, які фактично живлять річки. Особливо гостро ці проблеми проявляються на сході та півдні України де річна кількість випаровування перевищує кількість опадів. На зниження рівня річок та інших природних водних об'єктів впливає і людська діяльність, до якої довгі роки не приділяли певної уваги та не проводили в повному обсязі моніторингові спостереження. Велика кількість незареєстрованих свердловин призвела до змін гідрологічного режиму струмків що живлять більші річки та як наслідок, погіршення якості ґрунтових вод.

Окремим негативним фактором є повномасштабні військові дії що саме охопили схід та південь України. Руйнації, розповсюдження токсичних речовин, пожежі та безконтрольне використання окупаційними військами підземних та поверхневих вод вже в 2025 році привело до вкрай негативних екологічних наслідків в Донецьку та всього регіону Донбасу. В таких умовах неможливо проводити не те що наукові дослідження, а навіть прості моніторингові спостереження, де єдиною можливістю стають тільки супутникові відомості про стан поверхневих вод і пошкодження прилеглих до водних об'єктів територій. В таких умовах, пошук усіх можливих засобів, що дозволили забезпечити зберігання водних екосистем під впливом антропогенних, військових та природних факторів є важливим завданням.

Використання комплексного моніторингу, що поєднує в собі сучасні технології спостереження та керування водними ресурсами, поєднання досягнення в різних наукових дисциплінах, що дозволять вже сьогодні впровадити в практичні прилади новітні технології, все це дає можливість на подолання викликів що стоять перед моніторингом водних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За моніторинговими спостереженнями та підрахунками по підвищенню середньої температури на Землі спостерігається тенденція постійного збільшення її, особливо за останнє століття. Аналіз досліджень по першій половині XXI століття виявляю наступну тенденцію з 5 головних тез:

1. Загальна картина і причинність щодо зростання середньої глобальної температури ґрунтується на тому що науковий консенсус підтверджує: тривале потепління є наслідком антропогенного збільшення концентрацій парникових газів де людська діяльність відповідальна за більшу частину спостережуваного підвищення глобальної температури повітря.

2. Рекордні роки 2023–2025 роки і межа 1,5°C [1], спираються на міжнародні набори даних (*NASA GISS*, *NOAA*, *Copernicus*, *WMO*) які показали, що 2023–2024 роки увійшли в історію як найтепліші, а 2024 рік був підтверджений як найтепліший за інструментальними записами (~1,4–1,6°C над доіндустріальним рівнем, залежно від методики спостережень). Декілька агенцій і сервісів також зазначають, що середній трирічний показник 2023–2025 з великою ймовірністю перевищить поріг 1,5°C.

3. Роль пікової активності Сонця та ефект *El Nino* є фактором, що підсилює рекорди підвищеної середньої температури. Пікові значення 2024 року були додатково підсилені сильною фазою *El Nino*, яка тимчасово підняла глобальні аномалії,

але по метеорологічним спостереженням підвищені базові температури вже були високими до початку *El Nino*, що свідчить про посилення фонового тренду антропогенного впливу [2].

4. Невизначеності методик і узгодженість результатів в моніторингу різних країн та систем спостереження при загальному узгодженні дають однакову тенденцію по збільшенню температури. Різні набори даних (*GISTEMP*, *NOAA GlobalTemp*, *Copernicus ERA*5) дають трохи відмінні оцінки через різні базові періоди, методи інфілінгу пропущених регіонів та поправки за калібрування станцій, але проте їх середнє значення узгоджується щодо загальної тенденції – стійке зростання глобальної температури [3–4].

5. Рекомендації для науки й політики різних країн, в яких проводять практичні моніторингові спостереження дають підтвердження нових рекордів, що робить важливішим систематичне спостереження, багатодатасетні аналізи трендів, де швидке зменшення викидів CO_2 і посилення адаптаційних заходів є початковим виходом. Такі висновки посилюються як великими оглядами (*IPCC*), так і оперативними звітами *WMO/NOAA/Copernicus* [5].

Додатковою проблемою стану водних об'єктів є той факт, що збільшення середньою температури приводить до активізації патогенного середовища, а саме збільшується ризик виникнення та розповсюдження інфекційних захворювань [6].

Кліматичні зміни вже сьогодні впливають на водні ресурси та прилеглі до них території, лугові та лісові екосистеми та аграрний сектор який в більшості залежить від природних умов ніж інші сфери виробництва. Додатковим викликом стає антропогенне забруднення водойм в наслідок повномасштабних військових дії екологічні, але навіть в складних умовах сьогодення наукова спільнота України намагається робити впровадження сучасних рішень для збереження водних біоценозів в країні.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проблемам впливу кліматичних змін на екологію та водні екосистеми присвячено чимало наукових робіт, але навіть попри це залишаються невирішені питання. Однією з таких невирішених проблем є неповне узагальнення великої кількості інформації від різних методик та систем, особливо це стосується нашого українського помірного кліматичного пояса, який хоч і має схожі риси з північноамериканським, але в річкової мережі має свої особливості. Недостатнє фінансування моніторингових проектів та «молода» правова база звичайно не наближають до вирішення проблем пов'язаних з кліматичними змінами річкових екосистем. У представленому дослідженні авторами робиться спроба систематизації основних даних що впливають на річкові та прилеглі до них екосистеми, які в умовах степової та лісостепової зони України не можуть існувати окремо без суттєвих змін.

Є надія, що запропоновані рекомендації по мінімізації впливу від кліматичних змін будуть впроваджені задля збереження і так обмежених водних ресурсів сходу та півдня України.

Постановка завдання. Завданням досліджень у даній публікації є аналіз антропогенних факторів та процесів що їх підсилюють, огляд методів сучасного моніторингу та пошук шляхів задля зменшення впливу й наслідків змін клімату для річкових екосистем. Фінальним результатом завдання є створення рекомендацій спрямованих на збереження водних ресурсів річкових екосистем.

Виклад основного матеріалу. При проведенні досліджень по впливу змін клімату на водні та прилеглі до них екосистеми використовувались два підходи. Перший підхід аналітичного дослідження ґрунтується на обробці результатів вже

існуючих моніторингових досліджень з вирахуванням системних та критичних змін в стані річкових екосистем та прилеглих до них лугових, болотних, заплавних і лісових біоценозів. Другий стосується систематизації невирішених проблем, їх першочерговості, пошуку рекомендацій для зменшення негативних ефектів на фоні продовження повномасштабних військових дій в Україні.

Аналітичні дослідження показують, що у східних (та центральних) регіонах України середня річна кількість атмосферних опадів знижується, тоді як в інших частинах країни зміни можуть відрізнятися. Це підтверджується даними, що показують різне векторне зміщення опадів у межах країни, при цьому моделювання таких тенденції прогнозує збільшення температури на 2ºС [7]. Ситуація ускладнюється в літні місяці за рахунок суттєвої нерівномірності опадів. У 2025 році ґрунтова засуха посилилася у східних, південних та частині центральних областей, де періоди без ефективних опадів тривали від 30 до 80 днів, а кількість опадів за літній сезон у деяких районах становила лише 15–25% від середньої норми. Це критично вплинуло на запаси вологи в ґрунті. Аграрні експерти повідомляють про рекордно низькі рівні вологи у ґрунті для посіву озимих культур, що пов'язано з недостатнім рівнем опадів наприкінці осені та протягом зими (набагато нижче багаторічних норм) [8]. В той час як в літні місяці йде зменшення опадів, в зимовий період збільшується стік річок за рахунок нетривалого снігового покрову та опадів. Моніторингові дослідження по Україні підтверджують таку тенденцію (табл. 1).

Таблиця 1

Температурні кліматичні зміни та їх зв'язок з наповненням річок в Україні

Характер впливу	**Наявні зміни**
Рівень води в річках	Зниження в літні місяці за рахунок зменшення опадів та випаровування води
Характер стоку річок	Зменшення літнього стоку за рахунок раннього та слабкого весняного паводку
Характер опадів	Кількість опадів зміщена на зимовий період при зростанні періодів літніх посух та коротких злив
Температурний режим повітря	В середньому зафіксовано підвищення на +1°С за період з 1990 по 2020 рр.
Літні посухи	Кількість посух збільшилась за період з 1990 по 2020 рр. на ~ 50% порівняно з періодом 1960–1980 роками

Джерело: на основі аналізу [7]

Потрібно підкреслити: саме такі 2 фактора як підвищення середньої температури та зменшення кількості опадів, що представлено на рис. 1, де графік демонструє хоча слабко виражену, але стійку тенденцію до зменшення річної суми опадів у Харківській області за період 1991–2024 років. Попри значну міжрічну мінливість, лінія тренду все ж таки вказує на поступове скорочення кількості опадів, особливо після 2000-х років. Це створює умови для частішого виникнення ґрунтових і атмосферних посух, насамперед у літній період, та підвищує вразливість річкових і прилеглих до них екосистем.

Для Дніпропетровської області, рис. 2, характерна більш виражена тенденція до зменшення річної кількості опадів, ніж у Харківській області, що поєднується з високою міжрічною мінливістю. На графіку чітко простежуються періоди різкого

дефіциту опадів, які відповідають рокам із зафіксованими посухами. Зменшення опадів у поєднанні зі зростанням температури повітря сприяє посиленню аридизації клімату, зниженню стоку річок та деградації водно-болотних і заплавних екосистем.

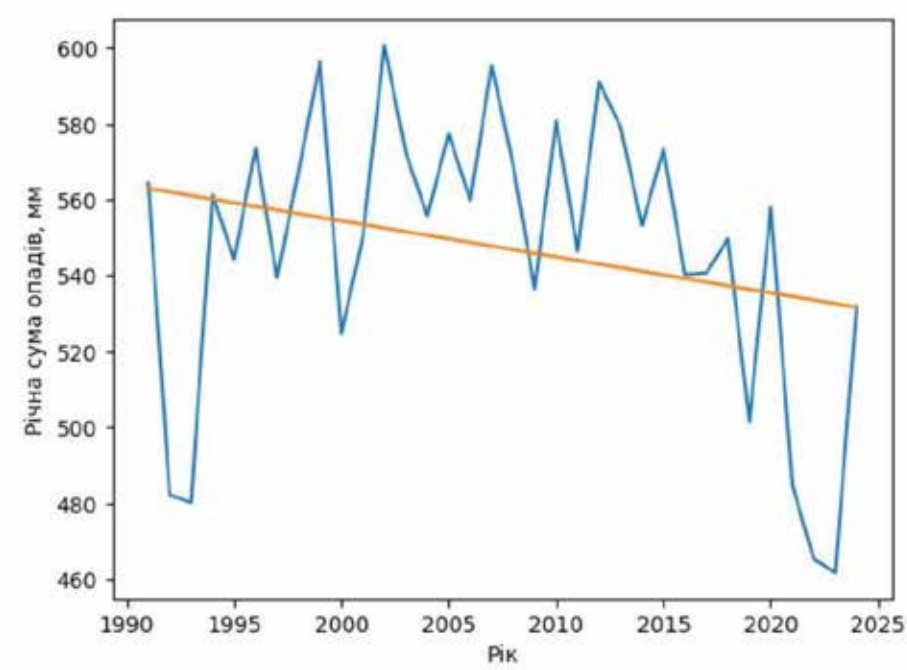


Рис. 1. Тренд річних опадів, Харківська обл. 1991–2024 роки

Аналіз узагальнених даних, що створено на основі регіональних рядів реаналізу *Copernicus ERA5* за 1991–2024 роки, свідчить про негативний тренд річної кількості опадів у східних регіонах України, з більшою інтенсивністю у Дніпропетровській області. У поєднанні зі зростанням температури повітря це зумовлює збільшення частоти та тривалості аномальних посух, що є суттєвим ризиком для водних ресурсів, сільського господарства та стабільності природних екосистем. На фоні цього додаткову небезпеку складають ґрунтові посухи та як наслідок низький рівень вологи у ґрунті для посіву озимих культур, що пов'язано з недостатнім рівнем опадів наприкінці осені та протягом зими.

Індекс посушливості, або Стандартизований індекс опадів *Standardized Precipitation Index (SPI)*, доказовий індикатор, що вимірює відхилення фактичних опадів від середніх багаторічних значень для певної території.

Графік індексу *SPI* свідчить про зростання частоти років із негативними значеннями *SPI*, що вказує на посилення посушливих умов у Харківській області. Особливо помітними є періоди, коли *SPI* опускається нижче –1,0, що відповідає помірним і сильним посухам. Починаючи з 2000-х років, негативні аномалії, зареєстровано 5 літніх посух, стають більш регулярними, що узгоджується з тенденцією зменшення опадів та підвищення температури повітря і створює додаткові ризики для річкових і заплавних екосистем басейну Сіверського донця, рис. 3.

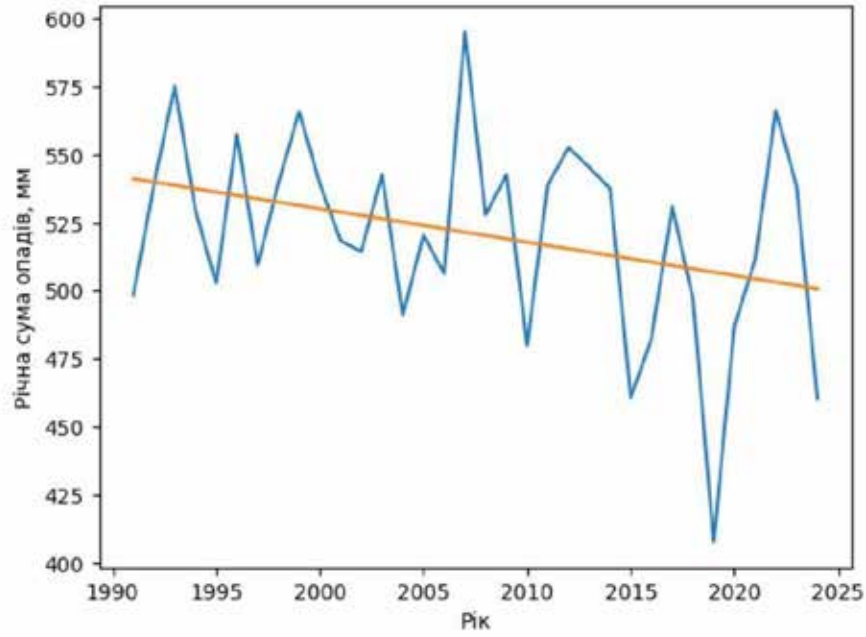


Рис. 2. Тренд річних опадів, Дніпропетровська обл. 1991–2024 роки

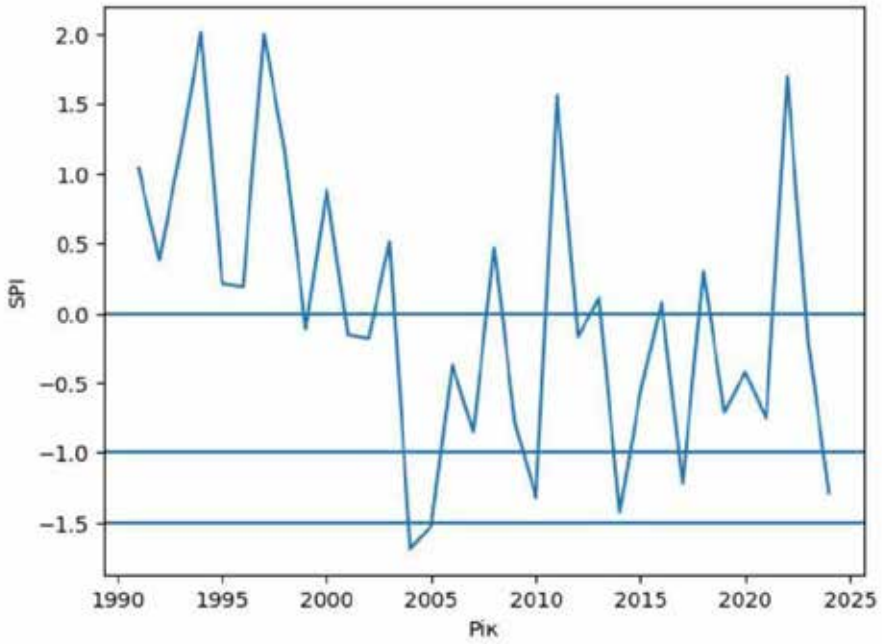


Рис. 3. Індекс посушливості SPI, Харківська обл. 1991–2024 роки

Для Дніпропетровської області індекс *SPI*, рис. 4, демонструє більшу амплітуду коливань порівняно з Харківською областю, а також частіші та інтенсивніші від'ємні значення. Періоди зі значеннями *SPI* нижче –1,5 вказують на сильні та місцями навіть екстремальні посухи, що характерно для південної степової зони. Така динаміка свідчить про підвищену кліматичну вразливість регіону та посилення процесів аридизації, що загалом негативно впливає на водний баланс, стік річок і стан прилеглих екосистем.

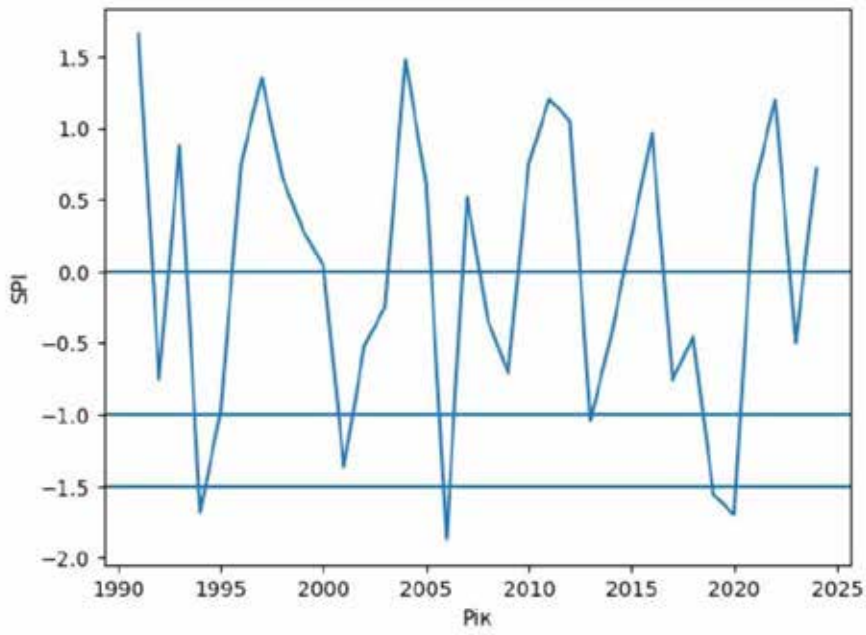


Рис. 4. Індекс посушливості SPI, Дніпропетровська обл.1991–2024 роки

Аналіз індексу *SPI* за 1991–2024 роки показує, що у східних областях України, зокрема в Харківській та Дніпропетровській, нажаль на сьогодні немає достовірних даних по Луганської і Донецької областях, частота та інтенсивність посушливих періодів зростає. Поєднання негативних значень *SPI* з тенденцією зменшення опадів і підвищення температури підтверджує перехід до більш посушливого кліматичного режиму більш схожому з степовою зоною південного Казахстану, що є суттєвим викликом для сталого функціонування річкових та прибережних екосистем.

Результати досліджень. По результатам досліджень отримано такі данні: 17,6 % років, за період з 1991 по 2024 р., характеризуються умовами помірної та сильної посухи, тобто приблизно кожен шостий рік за досліджуваний період був посушливим за критеріями *SPI*. За умов степової зони сходу України такі значення свідчать про високу кліматичну вразливість річкових та прилеглих до них екосистем, особливо у поєднанні з підвищенням температури повітря. Недостатня кількість наземних моніторингових спостережень в Луганської і Донецької областях може частково бути компенсовано даними з супутникових систем, але стійка тенденція збільшення посух, що розпочалась з 60-х років XX століття, продовжується

та немає тренду на її зупинку. Зменшенню падіння рівня води в річках, особливо в літній період, може стати відновлення природних водно-болотних угідь, заплав та утворення вздовж русел додаткових деревних насаджень, які виконують функцію збереження води та підтримки біологічного різноманіття [9]. Прикладом зменшення наслідків від руйнації Каховської греблі на опустелювання дна водосховища є найбільший в Європі єдиний вербовий ліс, що з'явився завдяки праці українських дослідників та сприятливим природним (початок літа й закінчення цвітіння верби) і погодним (теплий період року) умовам [10].

Відповідальність за збереження річкових систем сьогодні повністю лежить на людях і вона неможлива без моніторингу який є першим кроком для розробці необхідних стратегій відновлення та збалансованого природокористування в складних умовах змін клімату й постійного впливу складних антропогенних факторів.

Висновки і пропозиції. Безумовно на зміну клімату впливають і природні фактори, як то періодична сонячна активність, вулканічні викиди та інше, але в XXI столітті на перше місце вийшов антропогенний фактор де складова в парникових газах наближається до 4–5 % від їх сумарної кількості. Такий суттєвий відсоток впливає на зростання середньої температури не тільки повітря, а і прісноводних систем. Збереження річкових екосистем неможливо без прилеглих до них територій.

На нашу думку одним з перспективніших кроків є збереження заплавних територій та створення додаткових лісових насаджень з швидкозростаючих деревних видів (наприклад верба та клен) на берегах річок, ставків та озер. Усі види моніторингових спостережень підтверджують, що саме деревна рослинність суттєво знижує температуру в літні місяці, зменшує падіння рівня води в річках та зупиняє водну ерозію по берегам, що в свою чергу попереджає замулювання річкового дна мулом і зупиняє заростання очеретом. Результати моніторингових досліджень повинні стати документованим підґрунтям для подальшої співпраці науковців, урядовців та бізнесу задля підтримки та впровадженню сталого розвитку, без якого неможливо підтримувати річкові та прилеглі до них екосистеми в належному стані.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. IPCC. *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Pean, B. Zhou, Eds. Cambridge University Press. : веб-сайт. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/ (дата звернення: 05.12.2025).

2. Masson-Delmotte, V. The physical science basis of climate change empowering transformations: Insights from the IPCC AR6 for a climate research agenda grounded in ethics. *PLOS Climate, 3*(8), e0000451. : веб-сайт. URL: https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000451 (дата звернення: 05.12.2025).

3. NASA Earth Observatory.*2024 Was the Warmest Year on Record*. веб-сайт. URL: https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/2024-was-the-warmest-year-on-record-153806/ (дата звернення: 07.12.2025).

4. World Meteorological Organization. *State of the Global Climate 2024*. веб-сайт. URL: https://public.wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024 (дата звернення: 07.07.2025).

5. Copernicus Climate Change Service. *Copernicus Global Climate Report 2024 confirms last year as the warmest on record, first ever above 1.5 °C annual global average temperature*. веб-сайт. URL: https://www.copernicus.eu/en/news/news/

copernicus-global-climate-report-2024-confirms-last-year-warmest-record-first-ever-above (дата звернення: 07.07.2025).

6. Мокієнко А. В., Бабієнко В. В., Гущук І. В. Клімат, вода та інфекції: Нові виклики для півдня України на тлі старих проблем. Public Health Journal. 2023. № 4. С. 41-49. DOI https://doi.org/10.32782/pub.health.2023.4.6.

7. Snizhko S., Didovets I., Shevchenko O., Yatsiuk M., Hattermann F. F., Bronstert A. Southern Bug River: water security and climate changes perspectives for post-war city of Mykolaiv, Ukraine. Front. Water. 2024. Vol. 6. 1447378. DOI: https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1447378.

8. Лиховид П. В., Вожегова Р. А., Грановська Л. М., Ушкаренко В. О., Чабан В. О., Кузнєцов С. І., Біднина І. О. Математичне прогнозування еколого-кліматичної ситуації в Україні в контексті глобального потепління. Аграрні інновації. 2024. № 28. С. 53-61. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.9.

9. Адаменко Я. Про можливість прогнозування катастрофічних паводків. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2021. Т. 12, № 1. С. 7-21. DOI: https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-1(23)-7-21.

10. Мирошниченко А. Кризові екологічні комунікації у період воєнного часу (на прикладі Каховської ГЕС). *Науково-теоретичний альманах Грані*. 2023. Т. 26. № 5. С. 132-142. DOI: https://doi.org/10.15421/1723113.

Дата першого надходження рукопису до видання: 17.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Бабенко В.М.....324, 333
Байрачний В.Б. 268
Баль-Прилипко Л.В. 235
Бибик І.Ю.....273
Бойко Т.О. 306
Босюк А.С. 333
Вакуленко В.В. 192
Ведмеденко О.В.....260
Войтовська І.І. 49
Войціцький О.В.....249
Галицька М.А. 273
Герасько Т.В. 35
Гнітецький М.О. 71
Голембовська Н.В.....235
Голубенко Т.Л. 223
Грабовецька О.А.....180
Грищенко О.Л. 273
Данюк В.О. 173
Денисенко А.В.....161
Дмітрієвцева Н.В.....298
Доля М.М. 155
Дрига В.В. 173
Дробіт О.С. 25
Дрозд Б.Є. 99
Дрозденко А.Ю.....148
Жуйков О.Г.....127
Залевський Р.А.....99
Зброй М.Л. 212
Зеленянська Н.М. 114
Іванов В.О. 200
Ісраелян В.М.....235
Карпенко О.В.....260
Климишена Р.І. 108
Ключевич М.М. 99
Книш В.І.....25
Ковальов М.М.....87
Ковка Н.С. 78
Кокойко В.В. 25
Коломієць Ю.В. 235
Кононенко Ю.М. 192
Косенкова І.Д. 268
Косенко Н.П. 25
Котовська Ю.С.....127
Кравченко Н.В. 71
Кривенко А.І. 192
Крючкова В.В. 333
Кубрак Т.М. 59
Кукса С.О. 155
Любич В.В. 43, 49
Макарчук Б.М. 35
Марченко Т.Ю. 25
Матюха В.Л. 13
Мельник А.В. 59
Можарівська І.А. 71
Мотузна О.Є. 306
Новожилова Т.Б. 268
Панов Є.О. 306
Пасічник І.О.....99
Педаш Т.М. 13
Петренко С.О. 180
Писаренко П.В. 273
Поздняков В.Ю. 180
Поливаний А.Д. 148
Романчук Л.М. 99
Рубан С.Ю.....212
Рябий М.І. 114
Сакун А.О. 268, 324
Самойлік М.С. 273
Семенов С.С. 13
Середа Б.С.....273
Сікора А.Г. 108
Скоромна О.І.....223
Соколовська І.М. 87
Соловйов А.М.....200
Статкевич О.І. 235
Стоцький О.В. 43
Тихомирова Т.С. 324
Ткаліч Ю.І. 161
Христенко А.О.....148
Цилюрик О.І. 13
Шабля О.С. 25
Шевченко О.О.....87

Шнайдер С.Л. 260
Adamchuk L.O.....283
Boiko M.O. 315
Dudynska A.T.....283
Mashchenko Yu.V. 3
Romanko V.O.....283
Sokolovska I.M. 3, 138
Zharko D.A. 138

ЗМІСТ

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО 3

Mashchenko Yu.V., Sokolovska I.M. Productivity and economic efficiency of buckwheat cultivation depending on fertilization systems in the conditions of the Northern Steppe 3

Матюха В.Л., Цилюрик О.І., Педаш Т.М., Семенов С.С. Вплив елементів технології вирощування на ураженість рослин пшениці озимої септоріозом в умовах Північного Степу України 13

Марченко Т.Ю., Косенко Н.П., Книш В.І., Кокойко В.В., Шабля О.С., Дробіт О.С. Вплив елементів технології на урожайність та якість маточних коренеплодів моркви (*Daucus carota* L.) в умовах зрошення півдня України 25

Макарчук Б.М., Гераська Т.В. Вплив припосівного локального внесення біогумусу на показники продуктивності ячменю звичайного ярого за органічної технології вирощування у Лісостепу України 35

Любич В.В., Стоцький О.В. Господарське та відносне винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику залежно від удобрення 43

Любич В.В., Войтовська І.І. Фітосанітарний стан посіву гірчиці сарептської озимої за різної норми висіву 49

Кубрак Т.М., Мельник А.В. Вплив сортових особливостей та застосування регуляторів росту на морфологічні параметри рослин ячменю ярого в умовах Північно-Східного Лісостепу України 59

Кравченко Н.В., Можарівська І.А., Гнітецький М.О. Аграрний менеджмент і маркетинг – ключові чинники підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств 71

Ковка Н.С. Технологічні особливості вирощування різних сортів редьки олійної (*Raphanus sativus* L. Var. Oleiferus pers) в умовах Лісостепу Правобережного 78

Ковальов М.М., Соколовська І.М., Шевченко О.О. Морфофізіологічні аспекти регенерації зони щеплення кавуна (*Citrullus lanatus*) на дикорослі підщепи *cucurbita* під дією ем препаратів 87

Ключевич М.М., Залевський Р.А., Пасічник І.О., Романчук Л.М., Дрозд Б.Є. Еколого-агрохімічна оцінка динаміки родючості ґрунтів за інтенсивного агровиробництва на прикладі Ярунської СТГ Житомирської області 99

Климишена Р.І., Сікора А.Г. Залежність вмісту білка в зерні пшениці ярої від впливу мінеральних добрив за різних строків сівби 108

Зеленянська Н.М., Рябий М.І. Практичні аспекти оздоровлення винограду в культурі *in vitro* 114

Жуйков О.Г., Котовська Ю.С. Агроекологічна оцінка, продуктивність фітосировини та господарськоцінні ознаки гібридів соняшника декоративного в умовах Південного Степу 127

Zharko D.A., Sokolovska I.M. Formation of soybean nodules depending on mineral nutrition and biopreparations in the Forest-Steppe of Ukraine 138

Дрозденко А.Ю., Христенко А.О., Поливаний А.Д. Енергетична цінність та біохімічний склад сортів картоплі різних груп стиглості 148

Доля М.М., Кукса С.О. Особливості контролю багатоїдних видів комах-фітофагів у сучасних короткоротаційних польових сівозмінах Лісостепу України 155

Денисенко А.В., Ткаліч Ю.І. Особливості формування агрофізичних параметрів чорнозему звичайного під впливом технічних засобів, що застосовуються для прикореневого підживлення рослин 161

Данюк В.О., Дрига В.В. Особливості формування вегетативної маси верби залежно від елементів технології 173

Грабовецька О.А., Петренко С.О., Поздняков В.Ю. Динаміка вегетативного та генеративного розвитку коріандру посівного (*Coriandrum sativum* L.) залежно від строків сівби 180

Вакуленко В.В., Кривенко А.І., Кононенко Ю.М. Аналіз продуктивності сортів пшениці озимої в залежності від строків сівби 192

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ 200

Іванов В.О., Соловйов А.М. Застосування кормових станцій у годівлі свиней 200

Зброй М.Л., Рубан С.Ю. Світовий досвід та перспективи використання біоінформаційних систем в молочному скотарстві України 212

Голубенко Т.Л., Скоромна О.І. Технологічні аспекти вирощування у м'ясному скотарстві 223

Голембовська Н.В., Ісраелян В.М., Статкевич О.І., Баль-Прилипко Л.В., Коломієць Ю.В. Потенціал їстівних комах як нового джерела біоактивних сполук 235

Войціцький О.В. Вплив ферментної добавки на забійні та м'ясні показники свиней на відгодівлі 249

Ведмеденко О.В., Шнайдер С.Л., Карпенко О.В. Поведінкова та робоча реактивність службових порід собак у процесі короткотривалого тренувального циклу 260

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА 268

Сакун А.О., Байрачний В.Б., Новожилова Т.Б., Косенкова І.Д. Формування екологічної культури громад 268

Писаренко П.В., Самойлік М.С., Галицька М.А., Грищенко О.Л., Бибик І.Ю., Середа Б.С. Діагностика екологічного ризику здоров'я населення та його вплив на соціально-економічний розвиток регіонів України 273

Dudynska A.T., Romanko V.O., Adamchuk L.O. Synanthropic acaridia mites and their the number in farm buildings in the territory of the transcarpathian region 283

Дмітрієвцева Н.В. Встановлення впливу забруднення рухомими сполуками важких металів на вміст гумусу та зміну кислотності ґрунтів 298

Бойко Т.О., Мотузна О.Є., Панов Є.О. Концептуальні рішення застосування лікарських рослин в озелененні функціональних зон міста Кропивницький 306

Boiko M.O. Anthropogenic load on soil resources in war conditions and directions for their restoration 315

Бабенко В.М., Тихомирова Т.С., Сакун А.О. Застосування сучасних методів моніторингу в дослідженні процесів руйнації верхніх шарів ґрунту 324

Бабенко В.М., Босюк А.С., Крючкова В.В. Моніторинг впливу змін клімату на річкові та прилеглі до них екосистеми в Україні 333

CONTENTS

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING 3

Mashchenko Yu.V., Sokolovska I.M. Productivity and economic efficiency of buckwheat cultivation depending on fertilization systems in the conditions of the Northern Steppe 3

Matyukha V.L., Tsyliuryk O.I., Pedash T.M., Semenov S.S. Influence of cultivation technology elements on the incidence of winter wheat septoria leaf blotch under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine 14

Marchenko T.Yu., Kosenko N.P., Knysh V.I., Kokoiko V.V., Shablya O.S., Drobit A.S. Influence of technology elements on the yield and quality of carrot roots (*Daucus carota* L.) under irrigation conditions of southern Ukraine 26

Makarchuk B.M., Gerasko T.V. The influence of local application of biohumus at sowing on the productivity indicators of common spring barley under organic cultivation technology in the forest-steppe of Ukraine 35

Liubych V.V., Stotskyi O.V. Economic and relative nitrogen removal with sunflower seed yield depending on fertilizer 43

Liubych V.V., Voitovska V.I. Phytosanitary condition of winter mustard sowing at different sowing rates 49

Kubrak T.M., Melnyk A.V. Influence of varietary features and application of growth regulators on morphological parameters of spring barley plants in the conditions of the northeastern forest-step of Ukraine 60

Kravchenko N.V., Mozharivska I. A., Hnitetskyi M.O. Agricultural management and marketing are key factors in increasing the competitiveness of agricultural enterprises 72

Kovka, N.S. Technological features of cultivation of different varieties of oil radish (Raphanus sativus L. var. oleiferus Pers) under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe 78

Kovalov M.M., Sokolovska I.M., Shevchenko O.O. Morphophysiological Aspects of Graft Union Regeneration in Watermelon (Citrullus lanatus) on Wild Cucurbita Rootstocks Under the Influence of Effective Microorganism (EM) Preparations 88

Kliuchevych M.M., Zalevsky R.A., Pasichnyk I.O., Romanchuk L.M., Drozd B.E. Ecological and agrochemical assessment of soil fertility dynamics under intensive agricultural production on the example of Yarunskaya STG in Zhytomyr region 100

Klymyshena R.I., Sikora A.H. Dependence of protein content in spring wheat grain on the effect of mineral fertilizer rates under different sowing dates 108

Zelenianska N.M., Riabyi M.I. Practical Aspects of Grapevine Sanitation in In Vitro Culture 114

Zhuikov O.H., Kotovska Yu.S. Agroecological assessment, phyto-resource productivity and economically valuable traits of ornamental sunflower hybrids in the conditions of the Southern Steppe 128

Zharko D.A., Sokolovska I.M. Formation of soybean nodules depending on mineral nutrition and biopreparations in the Forest-Steppe of Ukraine 138

Drozdenko A.Yu., Khristenko A.O., Polyvany A.D. Energy value and biochemical composition of potato varieties of different ripeness groups 149

Dolia M.M., Kuksa S.O. Peculiarities of Polyphagous Phytophagous Insect Control in Modern Short-Rotation Field Crop Rotations of the Forest-Steppe of Ukraine 155

Tkalitych Yu.I., Denysenko A.V. Features of the formation of agrophysical parameters of ordinary chernozem under the influence of technical means used for root-zone fertilization of plants 162

Daniuk V.O., Dryga V.V. Features of the formation of vegetative mass of willow depending on the elements of technology 173

Hrabovetska O.A., Petrenko, S.O., Pozdniakov, V.Yu. Dynamics of Vegetative and Generative Development of Coriander (Coriandrum sativum L.) Depending on Sowing Dates 181

Kryvenko A.I., Vakulenko V.V., Kononenko Yu.M. Analysis of the productivity of winter wheat varieties depending on the sowing dates 192

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS 200

Ivanov V.O., Solovyov A.M. Application of feeding stations in pig feeding 201

Zbroj M.L., Ruban S.Yu. World experience and prospects for the use of bioinformatics systems in dairy farming in Ukraine 212

Golubenko T.L., Skoromna O.I. Technological aspects of beef cattle production 224

Holembovska N.V., Israelian V.M., Statkevych O.I., Bal-Prylypko L.V., Kolomiiets Yu.V. The potential of edible insects as a new source of bioactive compounds 236

Voitsitskyi O.V. Influence of an Enzyme Additive on the Slaughter and Meat Indices of Fattening Pigs 249

Vedmedenko O.V., Shnaider S.L., Karpenko O.V. Behavioral and working reactivity of service dog breeds during a short-term training cycle 261

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE 268

Sakun A.O., Bairachnyi V.B., Novozhylova T.B., Kosenkova I.D. Formation of environmental culture in communities 269

Pysarenko P.V., Samojlik M.S., Galytska M.A., Hryshchenko O.L., Bybyk I.Yu., Sereda B.S. Diagnostics of environmental risks of population health and influence on socio-economic development of regions of Ukraine 274

Dudynska A.T., Romanko V.O., Adamchuk L.O. Synanthropic acaridia mites and their the number in farm buildings in the territory of the Transcarpathian region 283

Dmitriievtseva N.V. Establishing the impact of pollution with mobile heavy metals on humus content and changes in soil acidity 298

Boiko T.O., Motuzna O.Ye., Panov Ye.O. Conceptual solutions for the use of medicinal plants in landscaping functional zones of the city of Kropyvnytskyi 306

Boiko M.O. Anthropogenic load on soil resources in war conditions and directions for their restoration 315

Babenko V.M., Tykhomyrova T.S., Sakun A.O. Application of modern monitoring methods in the study of the processes of destruction of upper soil layers 325

Babenko V.M., Bosiuk A.S., Kriuchkova V.V. Monitoring the impact of climate change on the rivers and their adjacent ecosystems in Ukraine 334

НОТАТКИ

НОТАТКИ

НОТАТКИ

Таврійський науковий вісник

Випуск 146

Частина 1

Серія: Сільськогосподарські науки

Підписано до друку 31.12.2025 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 28,60. Зам. № 0226/194

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.