ISSN 2226-0099 (Print)
ISSN 2664-6102 (Online)

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Таврійський науковий вісник

Серія: Сільськогосподарські науки

Випуск 147
Частина 1

Видавничий дім
«Гельветика»
2026

УДК 630(477.72)

ISSN 2226-0099 (Print)
ISSN 2664-6102 (Online)

Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(Протокол № 10 від 26.02.2026)

Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2026. Вип. 147. Ч. 1. 448 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, 2026

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING

УДК 633.174:631.52:631.8(477.7)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.1

THE EFFECT OF ROW SPACING AND BIOSTIMULANTS ON THE PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL AND YIELD OF MILLET IN SOUTHERN UKRAINE

Averchev O. V. *– Doctor of Agricultural Sciences, Professor,*
Professor at the Department of Agriculture,
Kherson State Agrarian and Economic University,
Director,
Educational and Scientific Center of the Institute of Postgraduate Education
and Consulting of Kherson State Agrarian and Economic University
orcid.org/0000-0002-8333-2419
Nikitenko M. P. *– Doctor of Philosophy in Agronomy,*
Senior Lecturer at the Department of Agriculture,
Kherson State Agrarian and Economic University
orcid.org/0000-0001-7453-6682

The study examined the characteristics of millet (Panicum miliaceum L.) productivity formation depending on the spatial organization of sowing and the use of biostimulating preparations in the arid conditions of southern Ukraine during 2021–2023. The response of plants to different row spacing (15 and 30 cm) in combination with pre-sowing seed treatment with Gumicor and foliar feeding with HELAFIT-Combi was evaluated. It was shown that changing the parameters of plant placement significantly transforms the morphological structure of the agrophytocenosis, the intensity of assimilation surface formation, and the level of photosynthetic activity of crops. The narrow-row sowing method ensured an increase in growth, tillering, and photosynthetic activity, which led to a stable increase in grain yield compared to wide-row placement.

The article highlights the results of a three-year field experiment, establishes the dominant role of row spacing in yield formation, and determines the proportion of influence of the studied factors based on the results of variance analysis. It was demonstrated that optimizing the spatial structure of sowing allows for more effective realization of the potential of mineral nutrition and biostimulation, and the combination of 15 cm row spacing with the use of Gumicor and HELAFIT-Combi ensures maximum productivity – 4.06 t/ha. It was established that the contribution of row

© Averchev O. V., Nikitenko M. P., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

spacing to the overall variability of yield is 76 %, which confirms its decisive importance in the system of technological measures.

The results obtained indicate the feasibility of an integrated approach to regulating crop density and nutrition in order to increase the adaptability of the crop to moisture deficiency and high temperatures. The proposed technological elements can be recommended for industrial implementation in order to stabilize and increase millet yields in the southern regions of Ukraine.

Key words: *millet, row spacing, photosynthetic activity, biostimulants, yield, adaptive technology.*

Аверчев О. В., Нікітенко М. П. Вплив ширини міжрядь та біостимуляторів на фотосинтетичний потенціал і врожайність проса в умовах півдня України

Досліджено особливості формування продуктивності проса (Panicum miliaceum L.) залежно від просторової організації посіву та застосування біостимулюючих препаратів у посушливих умовах Півдня України протягом 2021–2023 рр. Оцінено реакцію рослин на різну ширину міжрядь (15 і 30 см) у поєднанні з передпосівною обробкою насіння препаратом Гумікор та позакореневим підживленням ХЕЛАФІТ-Комбі. Показано, що зміна параметрів розміщення рослин істотно трансформує морфологічну структуру агрофітоценозу, інтенсивність формування асиміляційної поверхні та рівень фотосинтетичної діяльності посівів. Вузькорядний спосіб сівби забезпечив підвищення показників росту, кущення та активності фотосинтезу, що зумовило стабільне зростання врожайності зерна порівняно з широкорядним розміщенням.

У статті висвітлено результати трирічного польового експерименту, встановлено домінуючу роль ширини міжрядь у формуванні врожаю та визначено частку впливу досліджуваних чинників за результатами дисперсійного аналізу. Продемонстровано, що оптимізація просторової структури посіву дозволяє ефективніше реалізувати потенціал мінерального живлення і біостимуляції, а поєднання міжряддя 15 см із застосуванням Гумікор і ХЕЛАФІТ-Комбі забезпечує максимальний рівень продуктивності – 4,06 т/га. Встановлено, що внесок ширини міжрядь у загальну варіабельність урожайності становить 76 %, що підтверджує її визначальне значення в системі технологічних заходів.

Отримані результати свідчать про доцільність інтегрованого підходу до регулювання густоти та живлення посівів для підвищення адаптивності культури до дефіциту вологи та високих температур. Запропоновані елементи технології можуть бути рекомендовані для виробничого впровадження з метою стабілізації та зростання врожайності проса в умовах південних регіонів України.

Ключові слова: *просо посівне, ширина міжрядь, фотосинтетична активність, біостимулятори, урожайність, адаптивна технологія.*

Problem statement. Row spacing is one of the key agronomic factors that directly determine the growth and development of millet (Panicum miliaceum L.). It affects the distribution of plants per unit area, light regime, availability of moisture and nutrients, as well as the interaction between plants in the crop. Smaller row spacing promotes denser plant placement, which allows for more efficient use of light and increases the intensity of photosynthesis. In turn, optimal photosynthetic potential is the foundation not only for the accumulation of above-ground and below-ground biomass, but also for the formation of high-quality grain indicators [6, c. 32].

The problem of choosing the optimal row spacing is particularly relevant for the conditions of southern Ukraine, where millet crops often face high temperatures, limited moisture supply, and unstable soil fertility. In such conditions, dense plant spacing allows for better soil moisture retention, reduces evaporation, and forms a more тосompetitive plant structure. At the same time, overly dense crops can lead to competition between plants for resources, increased risk of disease development, and physiological stress.

In modern millet cultivation technologies, a comprehensive approach is important, combining the optimization of row spacing with the use of biostimulants and mineral nutrition. This not only increases the photosynthetic activity of the foliage, but also

improves the development of the root system, which directly affects the absorption of water and nutrients during periods of critical resource shortages.

Analysis of recent studies and publications. The issue of optimizing row spacing as one of the key elements of cereal crop cultivation technology has been repeatedly highlighted in the works of domestic scientists. Studies show that the spatial arrangement of plants directly affects the formation of the photosynthetic potential of crops, the intensity of biomass accumulation, and the level of yield.

The works of M.Ya. Gumentyk (2014) have established that plant density and row spacing significantly determine the productivity of switchgrass (Panicum virgatum L.), in particular due to changes in the structure of the agrophytocenosis and the efficiency of environmental factors [1, c. 29]. The author emphasizes the importance of adapting row spacing to soil and climatic conditions and the intended use of the crop. Further research (Gumentyk, 2016) confirmed that the optimal sowing method and plant care system contribute to increased biomass yield and stability of the production process in the forest-steppe zone of Ukraine [1, c. 29].

Similar conclusions regarding the role of row spacing were obtained in studies by V. A. Mazur and Yu. Yu. Branitsky (2017), who noted the influence of sowing dates and spatial organization of sowing on the growth and development of millet plants [2, c. 19]. It has been established that changing row spacing in the early stages of organogenesis affects competitive relationships between plants and the formation of productive stems.

The scientific and production recommendations of O. V. Averchev (2008) on the cultivation of millet in the conditions of the Black Sea steppe of Ukraine emphasize the importance of agrotechnical measures aimed at preserving soil moisture, optimizing sowing dates, and maintaining a favorable water-air regime through inter-row cultivation [4, c. 6]. Given the aridity of the region, the spatial parameters of sowing are considered as a tool for regulating the microclimate of the agrocenosis.

At the same time, in modern research, the combination of agrotechnical methods with a system of mineral nutrition and biological preparations is becoming increasingly relevant. Thus, in the works of O. V. Averchev, N. E. Vasilenko, and co-authors (2019), the effectiveness of optimized nitrogen nutrition (90–110 kg/ha d. r.) and pre-sowing inoculation of seeds with biological preparations to increase the seed productivity of cereal crops has been proven [5, c. 1]. The results confirm the feasibility of integrating agrotechnical and agrochemical factors into a single adaptive cultivation system.

At the same time, for the conditions of southern Ukraine, the issue of the optimal combination of narrow-row sowing with biostimulants and mineral nutrition of millet (Panicum miliaceum L.) remains insufficiently studied. This necessitates comprehensive research aimed at determining the effect of row spacing in interaction with agrochemical factors on biometric indicators, photosynthetic potential, and crop yield [6].

The aim of the study is to determine the effect of row spacing (15 and 30 cm) on biometric indicators, photosynthetic potential, and millet yield formation in southern Ukraine, taking into account the adaptive response of plants to sowing density and agrochemical factors.

Soil conditions. The study was conducted on southern transitional to ordinary and southern low-humus chernozems formed on loess-like carbonate loams. The depth of the humus horizon was 30 cm, the humus content was 2.0–3.0 %, and the soil solution reaction was close to neutral (pH 6.8). The soils are characterized by optimal bulk density (1.15–1.29 g/cm^3), porosity of 55.6 %, and heavy loam granulometric composition, which provides favorable water-air properties. The availability of mobile forms of phosphorus is average (5–10 mg P_2O_5 per 100 g of soil), potassium is high (11–15 mg per 100 g of

soil), and nitrification capacity is moderate (1–3 mg per 100 g of soil). Groundwater lies at a depth of more than 3 m. In terms of their natural properties, the soils are characterized by high potential fertility and are suitable for growing grain crops.

Experimental design. Field studies were conducted using a three-factor design. Factor A – pre-sowing treatment of seeds with Gumikor (3.0 l/ha), Gumiam-01 (2.0 l/t) and control (water). Factor B – row spacing of 15 and 30 cm with a sowing rate of 20 kg/ha. Factor C – foliar feeding of plants with Gumicor (3.0 l/ha), BIO-GEL (2.0 l/ha), HELAFIT-combi (1.0 l/ha), Gumiam-01 (0.07 l/ha) and control. Seed treatment was carried out one day before sowing, foliar feeding was carried out twice – in the tillering and panicle emergence phases of the crop.

Setting the task. Within the framework of the study aimed at increasing millet productivity and optimizing agrotechnical measures, the task was set to comprehensively assess the effect of row spacing on plant growth, development, and photosynthetic activity.

First, it was planned to determine the effect of 15 and 30 cm row spacing on key biometric indicators, including plant height, number of shoots, and leaf area, as well as to assess the net photosynthetic productivity of crops with different spatial structures. Another important task was to determine the effectiveness of the combined use of different row spacing widths, pre-sowing seed treatment with Gumicor, and foliar feeding with HELAFIT-Combi. A dispersion analysis was performed to quantitatively assess the impact of the studied factors on crop yield. Based on the results obtained, it was planned to develop scientifically sound recommendations for industrial implementation.

The implementation of these tasks made it possible not only to evaluate the effectiveness of different row spacing options, but also to offer practical recommendations aimed at increasing the productivity and environmental stability of millet cultivation in southern Ukraine.

Presentation of the main research material. During the study (2021–2023), it was established that the formation of millet productivity in southern Ukraine is the result of a complex interaction of agrotechnical factors and weather and climatic conditions. The main influencing factors were row spacing (factor B), pre-sowing seed treatment (factor A), and foliar feeding (factor C).

The first stage of the research was to establish a relationship between the spatial arrangement of plants and net photosynthetic productivity [7, c. 361]. The data obtained confirmed that narrowing the row spacing to 15 cm creates more favorable conditions for the formation of a powerful assimilation apparatus.

Table 1

Effect of row spacing on biometric indicators and net photosynthetic productivity of millet plants (average for 2021–2023)

Indicator	Row spacing		Difference (%)
	15 cm	30 cm	
Plant height, cm	85	78	9
Number of shoots per plant, pcs	5,2	4,1	27
Leaf area, cm^2	420	360	17
Net photosynthetic productivity, $g/m^2/day$	5,10	4,95	3
Grain yield, cwt/ha	38,2	31,5	21

The results of the studies confirm that narrowing the row spacing to 15 cm is a key factor in optimizing the structure of the millet agrophytocenosis, which provides a significant advantage in all biometric and physiological indicators. A more uniform distribution of plants across the area contributed to a 17 % increase in leaf surface area and a 3 % increase in net photosynthetic productivity compared to 30 cm row spacing. The data obtained indicate a more efficient use of photosynthetically active radiation and improved conditions for intraspecific plant interaction, which ultimately ensures an increase in the level of realization of the productive potential of the crop [7, c. 361].

The established direct correlation between morphological parameters (in particular, a 27 % increase in the number of shoots) and photosynthetic intensity proves that denser sowing allows plants to more fully utilize the resource potential of the environment – light, moisture, and mineral nutrition. This leads to the formation of a consistently higher grain yield (38.2 cwt/ha), which is 21 % higher than that of wide-row sowing, confirming the scientific significance of choosing a row spacing of 15 cm as a basic element of intensive millet cultivation technology in southern Ukraine.

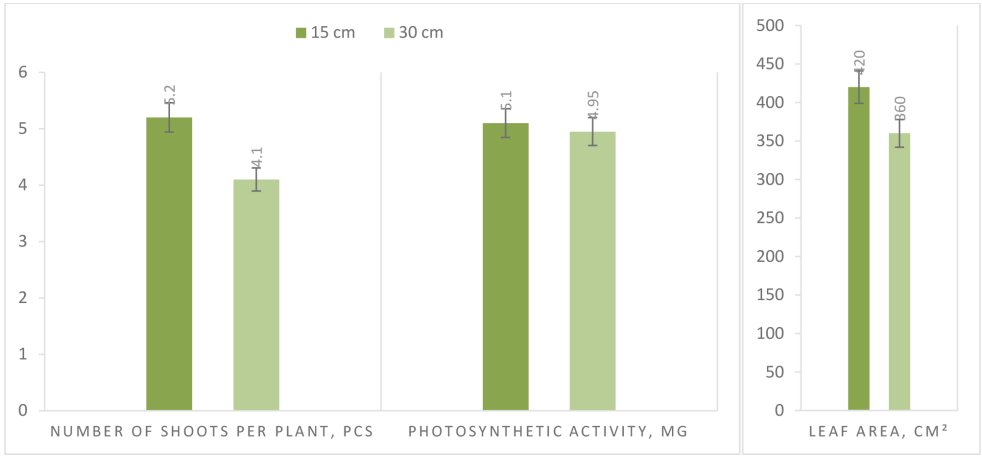


Fig. 1. Dynamics of biometric and physiological indicators of millet depending on row spacing

Analysis of the graph (Fig. 1) allows us to establish a direct relationship between row spacing and the efficiency of resource use by millet plants. The greatest discrepancy between the experimental variants was recorded in terms of the number of shoots (27 % more with narrow-row sowing) and net photosynthetic productivity (3 % more), which indicates better lighting and nutrition for each plant with a row spacing of 15 cm. The pattern shown in the figure confirms that narrowing the row spacing to 15 cm reduces the area of unshaded soil that does not participate in photosynthesis. This ensures more complete absorption of solar radiation by the leaf surface, increases the productivity of the entire crop, and creates the conditions for higher grain yields [8, c. 674].

The next step was to study how biometric advantages are realized in yield under the influence of biostimulants and weather conditions in 2021–2023 [6, c. 32].

The results of three years of observations show that row spacing is the dominant factor, accounting for 76 % of the variability in yield, according to dispersion analysis. It has been established that the transition from 30 cm to 15 cm row spacing allows for

a significant increase in yield due to the optimal distribution of plants over the area and better use of resources.

Table 2

Millet grain yield by experimental variants, t/ha

Factor A (seed treatment)	Factor C (fertilization)	Factor B (row spacing)	
		15 cm	30 cm
Control	Control (water)	2,43	1,73
	HELAFIT-Combi	3,80	2,70
Gumicor	Control (water)	2,56	1,83
	HELAFIT-Combi	4,06	2,93
HIP_{05}, t/ha	0,15–0,25	0,10–0,16	

The data in Table 2 demonstrate the consistent advantage of narrow-row sowing (15 cm) regardless of the use of biostimulants. The highest yield (4.06 t/ha) is achieved by combining pre-sowing seed treatment with Gumicor and foliar feeding with HELAFIT-Combi at a row spacing of 15 cm. The difference between the row spacing options is statistically significant throughout all years: the yield at 15 cm was 28–30 % higher than at 30 cm, which is confirmed by the HIP05 values.

Dispersion analysis of the data revealed that the share of the row spacing factor (factor B) in the total variation of the trait is 76 %. The effect of pre-sowing seed treatment (factor A) was 16 %, while foliar feeding (factor C) and the interaction of factors had smaller but statistically proven values. In particular, the interaction of "pre-sowing treatment + row spacing" (AB) provided a 5 % effect, which indicates an increase in the action of biostimulants in technologically correctly formed crops.

The data obtained prove that for the conditions of southern Ukraine, narrowing the row spacing to 15 cm is a basic element of technology that maximizes the work of the photosynthetic apparatus, and the use of biological products allows this potential to be further realized even in dry years.

Conclusions and recommendations. The research has shown that reducing the row spacing from 30 cm to 15 cm significantly affects the productivity of millet due to its complex effect on the morphological and physiological indicators of plants. Closer spacing contributes to an increase in stem density, plant height, more intensive accumulation of above-ground and below-ground biomass, and an expansion of leaf surface area. This, in turn, ensures an increase in the photosynthetic potential of crops and creates the conditions for higher grain yields.

Scientific analysis of the results confirms that smaller row spacing optimizes the spatial organization of the agrocenosis, improves root system development, and promotes more efficient use of soil moisture and mineral nutrients. In the conditions of southern Ukraine, where water supply is often a limiting factor, such optimization of the crop structure is of particular importance for stabilizing crop yields.

The additional use of Gumicor and HELAFIT-Combi biostimulants increases the intensity of growth processes, activates the physiological mechanisms of plant adaptation to stress factors, and enhances the realization of their genetic productivity potential. The combination of optimal row spacing with biostimulants provides a synergistic effect, which manifests itself in increased yields and improved structural elements of productivity [9, c. 141, 10, c. 441].

To maximize millet yield in the southern regions of Ukraine, it is advisable to use a row spacing of 15 cm in combination with the biostimulants Gumikor and HELAFIT-Combi. The proposed agricultural technique is scientifically sound and can be recommended for implementation in production practice in order to increase the economic efficiency of crop cultivation.

REFERENCES:

1. Гументик М. Я. Агротехнічні прийоми вирощування проса прутоподібного Panicum virgatum L. *Біоенергетика*. 2014. Вип. 1. С. 29–32.
2. Мазур В. А., Браніцький Ю. Ю., Поліщук І. С. Особливості вирощування проса лозовидного в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. Т. 1, № 7. С. 19–26.
3. Філіпась Л. П., Біленко О. П. Особливості формування продуктивності проса прутоподібного залежно від ширини міжрядь. *Збалансований розвиток агроекосистем України: сучасний погляд та інновації* : матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф., м. Полтава, 21 листоп. 2019 р. Полтава : ПДАА, 2019. С. 86.
4. Аверчев О. В. Науково-виробничі рекомендації з технології вирощування проса в Причорноморському степу України. Херсон : Олді плюс, 2008. 23 с.
5. Аверчев О. В., Василенко Н. Є. Вплив агротехнічних факторів та умови вирощування багаторічних кормових культур. *Development trends of world agriculture in the 21st century: the view of the modern scientific community* : scientific monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2022. С. 1–27.
6. Аверчев О. В., Нікітенко М. П. Актуальні стратегії вирощування проса в умовах кліматичних змін. *Сучасні вектори розвитку аграрної науки* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Херсон : ХДАЕУ, 2024. С. 32–36.
7. Нікітенко М. П. Вплив багатофункціональних комплексних препаратів на фотосинтетичний потенціал проса посівного (Panicum miliaceum L.). *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2023. Вип. 134. С. 361–367.
8. Аверчев О. В., Нікітенко М. П. Аналіз виробництва проса в Україні. *Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в XXI столітті* : колективна монографія : у 2 ч. Ч. 2. Львів–Торунь : Ліга-Прес, 2021. С. 674–704.
9. Lykhovyd P. V., Vozhehova R., Hranovska L., Averchev O. V., Tomnytskyi A., Avercheva N. O., Nikitenko M. P., Haievskyi S., Shalar O. Remote sensing data and machine learning to predict yields of major crops on regional scale. *Modern Phytomorphology*. 2025. Vol. 19. P. 141–146. DOI: 10.5281/zenodo.200121
10. Lykhovyd P. V., Averchev O. V., Bidnyna I. O., Avercheva N. O., Nikitenko M. P. Evaluation of different methods for reference evapotranspiration assessment: a case study for Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2024. Vol. 15, No. 3. P. 441–445. DOI: 10.15421/022462

Дата першого надходження статті до видання: 13.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.12:631.52
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.2

АНАЛІЗ КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАКІВ АМАРАНТУ ЗА ЕЛЕМЕНТАМИ ПРОДУКТИВНОСТІ В УМОВАХ СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Антоненко В. В. *– аспірант кафедри генетики, селекції та насінництва,*
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0009-0009-8421-683X

У статті наведено результати комплексної оцінки колекційних зразків амаранту зернового напряму використання в умовах Східного Лісостепу України. Дослідження проведено у 2024–2025 роках на дослідному полі Державного біотехнологічного університету з використанням 40 колекційних зразків, що належать до видів A. hybridus, A. cruentus, A. hypochondriacus та A. caudatus і відрізняються еколого-географічним походженням. Метою роботи було виявлення морфологічних та продуктивних особливостей зразків і визначення їх селекційної цінності для подальшого використання як вихідного матеріалу в селекційних програмах.

Оцінку зразків проводили за основними елементами продуктивності, зокрема за довжиною волоті, середньою продуктивністю однієї волоті, масою 1000 насінин та висотою рослин.

Висота рослин коливалася в межах 98–166 см, що дозволило виділити зразки, придатні для механізованого збирання (оптимальна висота до 150 см). Довжина волотей змінювалася від 25 до 49 см і суттєво впливала на рівень насіннєвої продуктивності. Середня продуктивність однієї волоті варіювала від 4,8 до 21,0 г, а маса 1000 насінин – від 480 до 740 мг, що свідчить про значний селекційний резерв досліджуваного матеріалу.

Найвищу мінливість морфологічних і продуктивних показників виявлено у зразків A. cruentus, які характеризувалися широким діапазоном висоти рослин, довжини волотей та маси насіння, що створює передумови для добору зразків із цінними господарськими ознаками. Зразки A. hypochondriacus відзначалися високою продуктивністю волотей та збільшеними показниками маси 1000 насінин, що свідчить про їх високий потенціал у селекції на підвищення продуктивності. A. hybridus характеризувався відносною стабільністю морфометричних ознак, тоді як у зразків A. caudatus поєднувалися висока насіннєва продуктивність і підвищена маса 1000 насінин.

Установлено, що для групи колекційних зразків рівень варіації за висотою рослини був незначним (9,8–10,5 %). Це можна пояснити тим, що підібрані зразки відносяться до зернового типу. Варіація за довжиною волоті та масою 1000 насінин була середньою: 15,9–17,5 % за довжиною волоті та 11,0–11,4 % за масою 1000. Високою була варіація за продуктивністю з однієї волоті (48,0–49,1 %).

За результатами досліджень виділено зразки з оптимальним поєднанням морфологічних і продуктивних ознак, перспективні для використання в селекційній роботі зі створення високопродуктивних і адаптованих сортів амаранту для умов Східного Лісостепу України.

Ключові слова: *амарант, колекційні зразки, елементи продуктивності, насіннєва продуктивність, селекційна цінність, маса 1000 насінин, довжина волоті.*

Antonenko V. V. Analysis of amaranth collection accessions by yield components under the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine

The article presents the results of a comprehensive evaluation of grain-type amaranth accessions under the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. The study was conducted in 2024–2025 at the experimental field of the State Biotechnological University, using 40 accessions belonging to A. hybridus, A. cruentus, A. hypochondriacus, and A. caudatus, differing in their ecological and geographical origin. The aim of the work was to identify

© Антоненко В. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

morphological and productive traits of the accessions and to determine their breeding value for further use as parental material in selection programs.

The accessions were assessed based on key productivity traits, including panicle length, average panicle yield, 1000-seed weight, and plant height. Plant height ranged from 98 to 166 cm, which allowed the identification of accessions suitable for mechanized harvesting (optimal height up to 150 cm). Panicle length varied from 25 to 49 cm and significantly influenced seed yield. Average panicle yield ranged from 4.8 to 21.0 g, while 1000-seed weight ranged from 480 to 740 mg, indicating a considerable breeding potential of the studied material.

The highest variability in morphological and productive traits was observed in A. cruentus accessions, which were characterized by a wide range of plant heights, panicle lengths, and seed weights, providing opportunities for selecting accessions with valuable agronomic traits. A. hypochondriacus accessions demonstrated high panicle productivity and increased 1000-seed weight, indicating their high potential in breeding for yield improvement. A. hybridus accessions showed relative stability of morphometric traits, whereas A. caudatus combined high seed productivity with increased 1000-seed weight.

It was found that, for the group of accessions, the variation in plant height was low (9.8–10.5 %), which can be explained by the fact that the selected accessions belong to the grain type. Variation in panicle length and 1000-seed weight was moderate: 15.9–17.5 % for panicle length and 11.0–11.4 % for 1000-seed weight. Variation in panicle yield was high (48.0–49.1 %).

Based on the results, accessions with an optimal combination of morphological and productive traits were identified, which are promising for use in breeding programs aimed at developing high-yielding and well-adapted amaranth cultivars for the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: *amaranth, collection accessions, yield components, seed productivity, breeding value, 1000-seed weight, panicle length.*

Постановка проблеми. Розвиток сучасної селекції сільськогосподарських культур в Україні значною мірою залежить від ефективного використання генофонду рослин, зокрема колекційних зразків, які є основним джерелом цінних господарських ознак. Амарант (Amaranthus spp.) привертає зростаючу увагу селекціонерів як культура з високим потенціалом насіннєвої продуктивності, цінним біохімічним складом зерна та значною генетичною мінливістю, що створює умови для формування нових високопродуктивних сортів.

Однією з основних причин повільного впровадження амаранту у виробництво є недостатньо вивчені елементи технології його вирощування, адаптовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов [1].

Одним із ключових завдань селекційної роботи з амарантом є виділення вихідного матеріалу з оптимальним поєднанням елементів продуктивності, таких як маса насіння з однієї рослини, довжина волоті та маса 1000 насінин. Наукові публікації засвідчують, що навіть за однакових умов вирощування колекційні зразки істотно різняться за продуктивністю, що дозволяє ідентифікувати генотипи з підвищеною селекційною цінністю [2].

Водночас у практиці селекції амаранту в Україні використовується обмежена кількість сортів і зразків, тоді як більшість колекційних зразків залишаються недостатньо вивченими за комплексом ознак продуктивності. Відсутність систематизованих даних щодо їх насіннєвої продуктивності, стабільності прояву ознак та рівня їх успадкування ускладнює ефективний добір батьківських компонентів для гібридизації та знижує темпи створення нових сортів.

У зв'язку з цим актуальним є проведення комплексної селекційної оцінки колекційних зразків амаранту за елементами продуктивності в умовах Східного Лісостепу України. Такий підхід дозволить виявити генотипи з високим рівнем насіннєвої продуктивності та сприятливим поєднанням кількісних ознак, визначити перспективні джерела для використання в селекційній роботі та сформувати

науково обґрунтовану базу вихідного матеріалу для подальшої гібридизації й створення нових сортів культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Амарант (*Amaranthus spp*.) у сучасних наукових дослідженнях розглядається як перспективна зернова культура з високим рівнем екологічної пластичності, значним продуктивним потенціалом і широкими можливостями адаптації до різних ґрунтово-кліматичних умов. Особливу увагу в наукових публікаціях приділено аналізу елементів продуктивності та чинників, що визначають реалізацію генетичного потенціалу культури [3, 4].

За даними польових досліджень, вітчизняні сорти амаранту можуть забезпечувати врожайність зерна в межах 2,5–4,0 т/га у стандартних польових посівах за оптимального агротехнічного забезпечення залежно від сорту та агротехнічних умов [5]. Встановлено, що максимальна реалізація насіннєвої продуктивності досягається за широкорядного способу сівби з міжряддям 45 см і густотою стояння 220–330 тис. рослин/га в умовах Східного Лісостепу України [6].

Видове різноманіття амаранту в Україні представлене найбільш поширеними видами зернового типу, такими як амарант багряний (*Amaranthus cruentus* L.), амарант хвостатий (*Amaranthus caudatus* L.), амарант темний (*Amaranthus hypochondriacus* L.) [7]. У генотипів амаранту спостерігається суттєва генетична мінливість за кількома ознаками продуктивності: тривалість вегетаційного періоду (діб до цвітіння та дозрівання), морфологічними параметрами та масою 1000 насінин, що робить ці ознаки важливими критеріями для селекційного відбору перспективних зразків [8].

За останні роки вчені світу провели низку досліджень, що стосуються генетичної мінливості, продуктивності та селекційної цінності амаранту, а також визначення ключових кількісних ознак, які можуть бути використані в селекційних програмах [9].

Сучасні дослідження свідчать про значну мінливість кількісних ознак зернового амаранту, що визначають рівень його насіннєвої продуктивності [10].

Дослідження, проведені на колекційних зразках амаранту в умовах України, також засвідчують значну диференціацію генотипів за морфологічними та продуктивними ознаками, зокрема за типом суцвіття, масою насіння та загальною структурою врожаю [11].

Мультиваріантні статистичні методи широко застосовуються для оцінки фенотипової різноманітності та структурування колекційних зразків амаранту. Дослідження генотипів амаранту в агроекологічних умовах Африки із застосуванням аналізу головних компонентів (PCA) засвідчили значну диференціацію матеріалу за комплексом кількісних ознак. Встановлено, що довжина волоті, суха біомаса рослин та врожай зерна мають найбільший внесок у загальну мінливість і є визначальними показниками для класифікації генотипів та відбору перспективних ліній [12].

Актуальність комплексної оцінки генетичних ресурсів амаранту підтверджена також у сучасних оглядових публікаціях. В огляді, опублікованому у 2025 році в журналі Theoretical and Applied Genetics, наголошено на важливості поєднання аналізу внутрішньовидової мінливості з використанням споріднених видів *Amaranthus* для розширення генофонду та підвищення адаптивності сортів до різних агроекологічних умов. Автори підкреслюють, що інтеграція морфологічних, кількісних та генетичних даних є ключовою передумовою ефективного добору вихідного матеріалу для сучасних селекційних програм зернового амаранту [13].

Мета досліджень. Визначити продуктивні та морфологічні особливості колекційних зразків амаранту (*Amaranthus spp*.) в умовах Східного Лісостепу України

для оцінки їх селекційного потенціалу та подальшого використання в селекційних програмах.

Матеріал і методика. Дослідження проводили у 2024–2025 роках на дослідному полі Державного біотехнологічного університету, розташованому у східній частині Харківського району Харківської області, в умовах Східного Лісостепу України.

У досліді використано 40 колекційних зразків амаранту зернового типу, що належать до чотирьох видів: *A. cruentus, A. hypochondriacus* та *A. caudatus, A. hybridus*.

До виду *Amaranthus cruentus* належали зразки Вр 601, Вр 663, Вр 719, К-248, К-250, К-251, К-252, К-254, К-256, UJ5200051 і UJ5200052 (Мексика), а також Вр 721 (Перу), К-114 (Заїр), К-232 і UJ5200042 (США) та UJ5200122 (Україна).

Вид *Amaranthus hypochondriacus* представляли зразки Вр 625, Вр 650, Вр 778, Вр 779 і К-61 (США), Вр 781, К-218, К-219, К-222, К-260, К-26 і К- 273 (Мексика), К-22 (Індія), а також UJ5200096 (Німеччина) та UJ5200110 (Україна).

До виду *Amaranthus caudatus* належали зразки К-160 (Велика Британія), К-216 (Франція), UJ5200062 (Росія) та UJ5200041 (Південно-Африканська Республіка).

Вид *Amaranthus hybridus* представлений зразками Вр 644 і Вр 645 (США), Вр 649 (Мексика), UJ5200055 (Україна) та К-83 (Конго).

Підбір дослідного матеріалу зумовлений його перспективністю для використання в селекційних програмах зі створення вихідного матеріалу амаранту, адаптованого до ґрунтово-кліматичних умов Східного Лісостепу України, а також необхідністю комплексної оцінки колекційних зразків за ознаками продуктивності.

Площа колекційного розсаднику становила 2,25 м^2, повторність трикратна. Розміщення варіантів у досліді рандомізоване. Догляд за посівами, фенологічні спостереження та обліки проводили за Методикою державного сортовипробування [14]. Статистичну обробку даних проводили за програмою «Microsoft Excel2010» Windows XP на персональному комп'ютері.

Планування, організація та проведення польових досліджень проводили згідно методик польових досліджень [15].

Виклад основного матеріалу. У результаті проведених польових досліджень колекційних зразків амаранту в умовах Східного Лісостепу України були визначені основні елементи продуктивності, включаючи довжину волотей, середню продуктивність однієї волоті та масу 1000 насінин. Показник висоти рослин також було включено до переліку облікових ознак, оскільки в селекційній роботі із зерновим амарантом пріоритет надається добору генотипів із висотою рослин не більше 1,5 м [6] (табл.1).

Серед зразків *Amarantus hybridus* спостерігалася відносно невелика варіабельність висоти рослин: найвищими виявилися рослини зразка К83 (125–128 см), найнижчою – Вр 645 (105–102 см). Така різниця в межах 23–26 см свідчить про помірний рівень морфологічної різноманітності серед досліджуваних зразків, що дозволяє говорити про стабільність типових параметрів рослин цього виду в умовах Східного Лісостепу. Довжина волотей коливалася від 33 см у зразка К83 до 45 см у Вр 645, що прямо корелює із середньою продуктивністю волотей: найбільший показник продуктивності (15,0–15,2 г) спостерігався у Вр 645, а найнижчий (9,1–9,4 г) – у К83. Це підтверджує, що довжина волоті є однією із ключових морфологічних ознак, яка впливає на кількість насіння та продуктивність волоті.

Маса 1000 насінин варіювала в межах 500–620 мг, найбільшу масу 1000 насінин мав зразок UJ5200055 (620г).

Таблиця 1

Характеристика колекційних зразків амаранту за елементами продуктивності (2024–2025рр.)

Назва зразку	Висота рослин, см		Довжина волоті,см		Середня продуктивність однієї волоті,г		Маса 1000 насінин,мг	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025
Amarantus hybridus								
Вр644	120	121	41	42	10,0	9,8	610	590
Вр645	105	102	45	43	15,2	15,0	510	500
Вр649	119	120	42	43	11,0	11,2	510	510
UJ5200055	118	119	41	41	15,0	14,9	620	620
К-83	125	128	33	35	9,1	9,4	610	605
Amarantus cruentus								
Вр 601	166	160	43	41	13,3	13,1	540	540
Вр 663	117	116	43	41	7,2	7,0	510	510
Вр 719	118	120	42	43	12,8	12,5	700	705
Вр 721	120	116	32	29	6,7	5,8	520	510
К-114	117	120	38	40	9,5	9,9	640	645
К-232	101	105	29	31	15,8	16,2	530	530
К-248	124	122	42	40	11,9	11,5	505	510
К-250	110	112	38	37	8,1	8,0	490	595
К-251	120	122	32	33	15,5	15,9	480	495
К-252	120	119	31	29	5,2	5,0	500	505
К-254	112	115	31	34	15,8	17,2	680	685
К-256	103	105	26	28	10,0	10,2	550	555
UJ5200122	126	124	36	38	9,7	9,9	620	625
UJ520042	127	125	44	44	16,0	15,8	700	705
UJ520051	111	111	30	30	11,5	11,7	560	565
UJ520052	121	121	25	26	4,8	5,0	520	520
Amarantus hypohondriacus								
Вр 625	105	98	44	40	15,4	14,8	605	610
ВР 778	125	123	34	32	8,1	7,7	620	620
Вр 779	123	125	38	40	12,8	13,8	650	655
Вр 781	111	110	41	39	14,0	13,6	560	565
Вр 650	114	110	45	39	9,1	8,6	520	535
К-22	120	120	49	47	21,0	20,0	650	660
К-61	125	125	35	35	11,0	11,1	520	520
К-218	110	110	41	40	9,7	9,4	580	580
К-219	114	114	42	42	14,7	15,1	660	665
К-222	121	124	32	31	12,1	11,7	560	570
К-260	100	102	41	42	16,2	15,4	550	550

Закінчення таблиці 1

Назва зразку	Висота рослин, см		Довжина волоті,см		Середня продуктивність однієї волоті,г		Маса 1000 насінин,мг	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025
К-264	115	114	33	32	8,1	7,7	670	670
К-273	116	115	45	44	8,6	9,1	505	510
UJ5200096	120	121	36	38	8,0	8,2	610	615
UJ5200110	120	125	25	29	5,0	5,1	550	565
Amaranthus caudatus								
К-160	115	117	43	44	9,2	9,4	630	630
К-216	140	141	35	37	15,4	15,1	600	590
UJ5200062	124	124	41	43	17,0	17,1	710	710
UJ5200041	139	132	44	43	14,2	14,0	540	550
$HIP_{0.05}$	7,5	5,5	2,1	2,1	4,4	4,6	17,4	17,5
V, %	10,5	9,8	17,5	15,9	48,0	49,1	11,4	11,0

Зразки *Amarantus cruentus* відзначалися значною варіабельністю за морфометричними та продуктивними характеристиками. Висота рослин коливалася від 101 см у зразка К232 до 166 см у Вр 601. Довжина волоті коливалась від 26 см (К256) до 44 см (UJ520042).

Середня продуктивність однієї волоті варіювала від 5,0–5,2 г у К252 до 15,8–17,2 г у К254. Висока продуктивність зразків К254, К232 та UJ520042 поєднувалася з оптимальними морфометричними параметрами, що робить їх перспективними для використання в селекційних програмах.

Маса 1000 насінин коливалася від 480–505 мг (К252, К250) до 700–705 мг (Вр 719, UJ520042).

Серед зразків *Amaranthus hypochondriacus* висота рослин коливалася від 98 см у Вр 625 до 125 см у Вр 779 та К-61, що свідчить про помірну морфологічну різноманітність у межах виду. Довжина волотей змінювалася від 25 см у UJ5200110 до 49 см у К22, що безпосередньо впливає на вихід насіння та загальну продуктивність рослин.

Маса 1000 насінин варіювала в межах 520–660 мг. Зразки К-22 та К-260 вирізняються високою продуктивністю та стабільною масою насіння, що робить їх найбільш перспективними для використання в селекційних програмах, спрямованих на підвищення продуктивності амаранту.

Зразки *Amaranthus caudatus* відзначалися середньою висотою рослин 115–140 см і довжиною волотей 32–44 см, що свідчить про помірну морфологічну різноманітність серед колекційних зразків. Найвищу продуктивність однієї волоті показав зразок UJ5200062 (17,0–17,1 г), тоді як найнижчу – К-160 (9,2–9,4 г). Маса 1000 насінин коливалася від 540 до 710 мг. Найвищу масу 710 мг мав зразок UJ5200062.

Висновки та рекомендації. Проведений аналіз колекційних зразків амаранту (*Amarantus hybridus, Amarantus cruentus, Amaranthus hypochondriacus, Amaranthus caudatus*) у 2024–2025 рр. показав мінливість за морфологічними ознаками та ознаками продуктивності, що свідчить про високий генетичний потенціал колекції.

Amarantus hybridus характеризується стабільністю висоти та довжини волоті, і помірною продуктивністю волотей (9,1–15,2 г), що робить його перспективним для селекції адаптивних та стабільних сортів.

У *Amarantus cruentus* спостерігалась значна варіабельність за висотою рослин (101–166 см), довжиною волотей (26–44 см) та продуктивності (5,0–17,2 г), а також маси 1000 насінин (480–705 мг). Найбільш перспективними для селекційних програм є зразки К254, UJ520042 і Вр 719 завдяки поєднанню високу продуктивность та маси 1000 насінин.

Amaranthus hypochondriacus вирізняється високим потенціалом продуктивності, зокрема зразки К22 та К260, які мають висоту рослин (120–125 см), довгі волоті (49 см) і високу продуктивність однієї волоті (20–21 г) та маси 1000 насінин (520–660 мг).

Amaranthus caudatus характеризується високою насіннєвою продуктивністю та масою 1000 насінин (540–740 мг). Найбільш продуктивним є зразок UJ5200062 (17,0–17,1 г з однієї волоті), що свідчить про перспективність виду для селекційних програм.

Загалом, результати дослідження свідчать про те, що зразки амаранту, представлені в даній колекції, мають високий потенціал для селекції високопродуктивних, адаптивних сортів, придатних для вирощування в умовах Східного Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Краснєнков С. В., Дудка М. І., Черенкова Т. П. Вплив норм мінеральних добрив на насіннєву продуктивність амаранту. Корми і кормовиробництво. 2004. № 53. С. 103–106.

2. Kaya B., Kazungu J., Chanza W. Phenotypic diversity and multivariate analyses of yield and yield-related traits in amaranth accessions from Malawi. *BMC Plant Biology*. 2025. Vol. 25. DOI:10.1186/s12870-025-07190-6 (дата звернення: 18.01.2026).

3. Лиманська С. В. Диференціація колекції зернових видів амаранту за морфологічними, біохімічними і молекулярно-генетичними ознаками. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. Біологія*. 2013. Вип. 2 (29). С. 58–66.

4. Grain Amaranth: A Climate-smart and Nutrient-Rich Potential Crop / Anand S. R. et al.: Journal of Scientific Research and Reports, 2025. № 31(8). P. 1212–1230. DOI:10.9734/jsrr/2025/v31i83463 (дата звернення 18.01.2026).

5. Фадєєв Л. Амарант. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2016. № 24(1), с. 13–19. DOI : https://doi.org/10.15673/gpmf.v24i1.2875 (дата звернення: 19.01.2026).

6. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія. / Гопцій Т. І., Воронков М. Ф., Бобро М. А. та ін. Харків : ХНАУ, 2018. 362 с.

7. Курд Н. Б. Фармакогностичне вивчення деяких представників роду Amaranthus : дис. канд. фарм. наук : 15.00.02 / Харків, 2006. 180 с.

8. R. Yadav, J. C. Rana, J. K. Ranjan. Analysis of variability parameters for morphological and agronomic traits in grain amaranth (Amaranthus sp.) genotypes. *The Bioscan*. 2014. № 9(Supplement 4). P. 1661–1665 (дата звернення: 19.01.2026).

9. Genetic variability, heritability and genetic advance in grain amaranth (Amaranthus spp.) / R. Y. Yadav et al. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 2018. Vol. 9. № 4. P. 1234–1241 (дата звернення: 19.01.2026).

10. Estimation of genetic variability and association of yield and related traits in indigenous grain amaranth (Amaranthus hypochondriacus L.) genotypes / Savaliya P. M., Prajapati N. N., Solanki R. S., Kumar R. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2024. Vol. 15. № 3. P. 714–719. DOI: https://doi.org/10.37992/2024.1503.069 (дата звернення: 17.01.2026).

11. Лиманська С.В., Гопцій Т.І. Аналіз внутрішньовидової і міжвидової мінливості колекційних зразків амаранту (Amaranthus L.) за морфологічними ознаками. *Вісник ХНАУ*. 2013. № 1 (28). С. 85–94.

12. Phenotypic diversity and multivariate analysis of grain amaranth (Amaranthus spp.) genotypes under African conditions / M. T. Adeyeye, J. O. Adebayo et al. *BMC Plant Biology*. 2025. Vol. 25. Art. 1145. DOI: 10.1186/s12870-025-07190-6 (дата звернення 18.01.2026).

13. Stetter M. G., Joshi D. C., Singh A. Assessing and mining grain amaranth diversity for sustainable cropping systems. *Theoretical and Applied Genetics*. 2025. Vol. 138. Art. 171. DOI: https://doi.org/10.1007/s00122-025-04940-w (дата звернення: 20.01.2026).

14. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / за ред. Волкодав В. В. Київ : Державна комісія України по випробуванню сортів сільськогосподарських культур, 2001. 146 с.

15. Методика селекційного експерименту (в рослинництві): навчальний посібник / Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Криворученко Р. В., Турчинова Н. П., Чуйко Д. В., Лиманська С. В., Гудим О. В., Кравченко А. І. М-во освіти і науки України, Держ. біотехнол. ун-т. Харків : Біотехкнига, 2025. 348 с.

Дата першого надходження статті до видання: 28.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.11:631:527
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.3

ПРОБЛЕМА АДАПТИВНОЇ ЗДАТНОСТІ І РІВЕНЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТАМИ ПШЕНИЦІ РІЗНОГО ТИПУ РОЗВИТКУ ЗА КОНТРАСНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

Базалій В. В. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-0581-7242
Ларченко О. В. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри менеджменту, маркетингу та інформаційних технологій,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0001-7857-0802

У статті представлено результати дослідження агроадаптивного потенціалу та особливостей реалізації продуктивності сортів озимої пшениці універсального й альтернативного типу розвитку за контрастних умов вологозабезпечення – із застосуванням зрошення та за його відсутності. Актуальність роботи обумовлена зростаючою кліматичною мінливістю, що істотно впливає на стабільність формування врожайності, та необхідністю вдосконалення селекційних підходів, спрямованих на добір сортів із підвищеною адаптивністю до стресових умов вирощування.

У процесі досліджень проаналізовано реакцію сортів і селекційних форм озимої пшениці на різні строки сівби, особливості осіннього формування сходів, а також на строки відновлення весняної вегетації за різних агрокліматичних умов. Окрему увагу приділено вивченню синхронності стеблоутворення та її ролі у формуванні продуктивного стеблостою. Проведено оцінку основних структурних елементів продуктивності, зокрема маси 1000 зерен, кількості зерен з колоса та продуктивності головного колоса, а також встановлено характер їх кореляційного зв'язку з рівнем урожайності.

Результати досліджень свідчать, що підвищення врожайності озимої пшениці значною мірою визначається позитивною залежністю з масою 1000 зерен і кількістю зерен у колосі, що підтверджує ключову роль цих показників у структурі врожаю. Обґрунтовано доцільність добору селекційного матеріалу на початкових етапах за продуктивністю головного колоса, тоді як в умовах зрошення більш ефективним є відбір за масою зерна з рослини, що дозволяє ідентифікувати морфобіотипи з підвищеною кущистістю та високою синхронністю колосіння продуктивних пагонів.

Отримані дані підтверджують доцільність орієнтації селекційних програм на створення сортів універсального та альтернативного типу розвитку з високим рівнем синхронності стеблоутворення, особливо для пізніх строків сівби після різних попередників. Реалізація таких підходів сприятиме підвищенню адаптивності сортів, стабільності врожайності та ефективності селекції озимої пшениці в умовах змінного агрокліматичного середовища.

Ключові слова: *озима пшениця, універсальний тип, альтернативний тип, агроадаптивність, урожайність, кореляційні зв'язки.*

Bazaliy V. V., Larchenko O. V. The problem of adaptive capacity and productivity realization level in wheat varieties of different developmental types under contrasting growing conditions

This paper assesses the adaptive potential and yield performance of winter wheat cultivars characterized by universal and alternative growth habits, cultivated under distinct water supply levels – specifically comparing irrigated and non-irrigated environments. The research addresses the critical need to enhance breeding strategies for stress tolerance amidst escalating climate

© Базалій В. В., Ларченко О. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

instability, which threatens yield consistency. The study examined the phenotypic response of breeding material to varying sowing dates, focusing on autumn seedling development and the resumption of spring vegetation across different agro-climatic contexts. A primary focus was placed on the synchrony of stem elongation and its contribution to establishing a productive crop stand. Key yield components, including thousand-kernel weight (TKW), grain number per spike, and main spike productivity, were evaluated to determine their correlation with overall grain yield.

The analysis revealed that yield enhancement is strongly positively correlated with both TKW and grain number per spike, validating these traits as crucial determinants of productivity. The findings suggest that early-stage selection based on main spike productivity is effective; however, under irrigation, selection based on grain weight per plant proves superior for identifying morphotypes with high tillering capacity and synchronized heading. Consequently, breeding programs should prioritize developing universal and alternative genotypes with highly synchronized tillering, particularly for late sowing scenarios. These approaches will improve crop adaptability and yield stability in fluctuating agro-climatic environments.

Key words: *winter wheat, universal growth habit, alternative genotypes, yield stability, agronomic adaptation, trait correlation.*

Постановка проблеми. Унаслідок постійного процесу сортозаміни значна частина сортів виводиться з практичного агротехнічного використання. Водночас окремі генотипи доцільно й надалі досліджувати в різних умовах вирощування, оскільки за зовнішньою фенотиповою однорідністю таких форм може приховуватися істотна генотипова різноманітність кількісних ознак і біологічних властивостей, які ще не були повною мірою залучені до селекційного процесу. Подальше вивчення цих генотипів створює передумови для їх цілеспрямованого використання з метою підвищення адаптивної здатності біотипів до абіотичних і біотичних чинників навколишнього середовища.

Результати проведених досліджень [1] свідчать про те, що сорти озимої пшениці різних типів розвитку характеризуються специфічним набором чинників, які обмежують рівень урожайності за різних умов вирощування, зокрема посухостійкістю, морозостійкістю, стійкістю до фітопатогенів і шкідників тощо. Поєднання всього комплексу зазначених адаптивних ознак з високим рівнем продуктивності в межах одного генотипу в більшості випадків є практично недосяжним.

У зв'язку з цим для розв'язання проблеми підвищення адаптивної здатності сортотипів озимої пшениці виникає необхідність розроблення таких методичних підходів, які б цілеспрямовано доповнювали дію природного добору та сприяли формуванню доступної генотипової мінливості.

Реалізація цього завдання можлива шляхом вирощування гібридних популяцій у різних екологічних умовах, зокрема за зрошення, без зрошення та за різних строків сівби. За таких умов фактори зовнішнього середовища виконують селекційну роль, частково визначаючи адаптивність окремих морфобіотипів і впливаючи на формування генотипової структури гібридних популяцій озимої пшениці в наступних поколіннях. Окрім того, оцінювання гібридних комбінацій на ранніх етапах селекції в контрастних умовах вирощування дає змогу прогнозувати рівень стабільності та адаптивного потенціалу перспективних селекційних форм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення екологічної стійкості сортотипів озимої пшениці є однією з ключових передумов повної реалізації їхнього потенціалу продуктивності. Актуальність цього питання зумовлена сучасною тенденцією до зростання розриву між рекордними та середніми показниками врожайності сортів озимої пшениці [2]. Основною причиною недобору врожаю в більшості випадків виступає недостатній рівень адаптивного потенціалу сортів за несприятливих умов вирощування та дії стресових факторів довкілля.

За даними численних досліджень, міжрічна мінливість урожайності на 60–80 % визначається кліматичними умовами та сукупним впливом факторів зовнішнього середовища, оптимізація яких за допомогою агротехнічних заходів є обмеженою або практично неможливою. При цьому інтенсифікація технологій вирощування, зокрема застосування зрошення, підвищених норм мінерального живлення та збільшення густоти стояння рослин, нерідко призводить до зниження стійкості сортів озимої пшениці до абіотичних і біотичних стресів.

У таких умовах штучний добір морфобіотипів повинен максимально враховувати можливі зміни фенотипової структури гібридних популяцій, зумовлені біоценотичними взаємодіями в агроценозі. За високої густоти стеблостою висока врожайність окремих біотипів може бути результатом не лише їх генетично обумовленої потенційної продуктивності, але й підвищеної конкурентної здатності в ценотичних умовах.

Результати низки досліджень свідчать, що в умовах агроценозу реалізація потенційної продуктивності окремих біотипів обмежується і становить лише 10–20 % від можливого рівня [3]. Водночас, за даними інших авторів, до 50 % фенотипової мінливості зумовлюється відмінностями рослин за конкурентною здатністю, що ускладнює ідентифікацію цінних морфобіотипів виключно за фенотипічними ознаками.

Підвищення густоти посіву та забезпечення високої синхронності формування колосоносних пагонів розглядаються як важливі чинники зростання потенційної врожайності. Проте значна частина сортів озимої пшениці за таких умов демонструє зниження індексу продуктивності та ослаблення акцепторної функції репродуктивних кількісних ознак. У зв'язку з цим формування адаптивності до щільності стеблостою та інших фітоценотичних характеристик посіву повинно здійснюватися вже на початкових етапах селекційного процесу [4–6].

Для забезпечення оптимальної густоти стеблостою перспективними є сортотипи, здатні під впливом чинників зовнішнього середовища ефективно регулювати інтенсивність кущіння [7]. Особливої актуальності це набуває для південних регіонів України, де в умовах глобальних кліматичних змін зростає частота посушливих років і спостерігається дефіцит ґрунтової вологи, зокрема в період оптимальних строків сівби. За таких умов отримання повноцінних сходів озимої пшениці щороку є проблематичним, що зумовлює необхідність зміщення строків сівби на пізніші періоди після випадіння достатньої кількості опадів.

У зв'язку з цим виникає потреба у створенні сортів озимої пшениці універсального та альтернативного типу, адаптованих до пізніх строків сівби та здатних формувати стабільну продуктивність за різних агроекологічних умов [8,9]. Отже, підвищення врожайності та стабільності виробництва продовольчого зерна в сучасних умовах безпосередньо пов'язане зі створенням і впровадженням нових високопродуктивних сортів озимої пшениці з розширеним адаптивним потенціалом до несприятливих факторів довкілля та конкретних елементів технології вирощування.

Постановка завдання. Метою експериментальних досліджень було визначення рівня агроадаптивної здатності та особливостей формування врожайності сортів озимої пшениці універсального й альтернативного типу розвитку за різних агрокліматичних умов вирощування, зокрема залежно від строків сівби, часу появи сходів восени та термінів відновлення весняної вегетації.

У дослідах вивчали сорти озимої пшениці різного генетичного та еколого-географічного походження, а саме: Херсонська безоста, Херсонська 90, Кірена,

Ярославна, Асканійська, Асканійська Берегиня, Клариса, Альбатрос одеський, а також селекційні лінії, створені на їх основі (19/285 – Асканійська/Клариса, 19/290 – Асканійська/Клариса, 20/150 – Альбатрос одеський/Перлина, 20/156 – Асканійська Берегиня/Знахідка одеська, 20/180 – Херсонська безоста/Клариса).

Оцінювали реакцію сортів і селекційного матеріалу на різні строки появи сходів восени та пізні строки сівби, а також особливості прояву синхронності процесів стеблоутворення за контрастних агрокліматичних умов вирощування. Особливу увагу приділяли аналізу формування врожайності залежно від адаптивних властивостей морфобіотипів у змінних умовах середовища.

Коефіцієнт синхронності стеблоутворення (K_c) визначали відповідно до розробленої авторської методики. Усі обліки, спостереження та оцінювання проводилися згідно з загальноприйнятими методичними підходами, рекомендованими для державного сортовипробування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Рівень урожайності озимої пшениці визначається особливостями реалізації структурних елементів продуктивності, які характеризуються значною варіабельністю під впливом комплексу біотичних та абіотичних факторів зовнішнього середовища. Зміна ступеня прояву окремих компонентів продуктивності, зумовлена їх взаємопов'язаністю та еволюційною узгодженістю, призводить до компенсаторних змін інших елементів, що в сукупності забезпечує підтримання динамічної рівноваги кількісних ознак і функціональних властивостей рослинної системи.

Результати кореляційного аналізу засвідчили, що вплив кількості продуктивних пагонів на одиницю площі на формування врожайності озимої пшениці був неоднозначним і змінювався залежно від кліматичних умов року, коливаючись у межах від –0,10 до +0,72. Водночас у середньому цей показник характеризувався позитивним зв'язком з урожайністю за різних умов вирощування (табл. 1). Таку закономірність можна пояснити тим, що за несприятливих кліматичних умов, особливо впродовж зимового періоду, формування врожаю відбувалося за рахунок інших структурних елементів продуктивності, здатних частково компенсувати втрати продуктивного стеблостою.

За результатами досліджень, проведених у роки з контрастними кліматичними умовами, встановлено наявність позитивного кореляційного зв'язку між урожайністю озимої пшениці та кількістю продуктивних пагонів, а також числом зерен з головного колоса. Водночас продуктивність пагонів другого порядку та загальна кількість зерен з рослини мали слабкий зв'язок з рівнем урожайності, а в роки з несприятливими погодними умовами ця залежність набувала негативного характеру. За умов зрошення у сортів озимої пшениці універсального та альтернативного типу виявлено позитивний кореляційний зв'язок між урожайністю і продуктивністю пагонів другого порядку (r = 0,18–0,40) (табл. 1).

Найбільш тісна залежність урожайності спостерігалася з масою 1000 зерен та показниками продуктивності головного колоса. За умов зрошення відмічено спрямоване підвищення продуктивності бокових пагонів, що зумовило суттєве скорочення розриву між продуктивністю головного колоса та колосів другого порядку.

Результати досліджень підтверджують, що зростання врожайності сортів озимої пшениці в умовах Півдня України безпосередньо пов'язане з величиною маси 1000 зерен і кількістю зерен з колоса. У зв'язку з цим на початкових етапах селекційного процесу доцільно здійснювати добір сортотипів за продуктивністю головного колоса, а за умов зрошення – проводити більш ефективний відбір за масою зерна з рослини, що дозволяє ідентифікувати морфобіотипи

Таблиця 1

Кореляційний і регресивний аналіз урожайності з структурними елементами залежно від умов вирощування (2024–2025 рр.)

Ознаки	Зрошення		Без зрошення	
	r	b_i	*r*	b_i
Продуктивна кущистість	0,14	1,15	–0,15	0,38
Число продуктивних пагонів на 1 м^2	0,48•	1,20	0,50•	0,64
Число зерен з головного колоса	0,70••	1,42	0,68••	0,78
Число зерен із колоса пагонів другого порядку	0,41•	1,40	0,09	0,34
Число зерен з рослини	0,42•	0,98	0,14	0,25
Маса зерна з головного колоса	0,79••	6,90	0,68••	1,82
Маса зерна з колоса пагонів другого порядку	0,16	1,90	0,15	0,89
Маса зерна з рослини	0,38•	3,10	0,16	0,78
Маса 1000 зерен	0,62••	4,10	0,69••	1,40

Примітка: 1 • – показник кореляції на 5 %; 2 •• – 1 % рівня значимості

Таблиця 2

Кореляційна залежність між ознаками продуктивності колоса у гібридних популяцій озимої пшениці за різних умов вирощування (2024–2025 рр.)

Ознака	Зрошення		Без зрошення	
	lim	$\bar{x}$	lim	$\bar{x}$
Кількість колосків в колосі				
Кількість зерен з колоса	0,78–0,84	0,81	0,62–0,68	0,65
Маса 1000 зерен	0,15–0,20	0,18	0,10–0,15	0,12
Довжина колоса	0,15–0,40	0,28	0,10–0,28	0,19
Кількість зерен з колоса				
Маса 1000 зерен	0,10–0,18	0,14	0,25–0,30	0,28
Довжина колоса	0,15–0,36	0,26	0,10–0,36	0,23
Маса зерна з колоса	0,78–0,89	0,84	0,56–0,62	0,59
Маса 1000 зерен				
Довжина колоса	0,35–0,55	0,45	0,10–0,15	0,12
Маса зерна з колоса	0,58–0,68	0,63	0,30–0,44	0,41
Довжина колоса				
Маса зерна з колоса	0,35–0,66	0,51	0,18–0,28	0,23

з підвищеною кущистістю та високою синхронністю колосіння продуктивних пагонів.

У ході досліджень також встановлено високу позитивну кореляційну залежність між кількістю зерен у колосі та масою зерна з колоса як за умов зрошення (r = 0,78–0,80), так і без зрошення (r = 0,56–0,62), що свідчить про стабільність цього взаємозв'язку незалежно від режиму вологозабезпечення (табл. 2).

Маса 1000 зерен також характеризувалася позитивним кореляційним зв'язком із масою зерна з колоса, який за умов зрошення становив 0,58–0,68, тоді як без зрошення його значення були нижчими (0,30–0,44). Водночас залежність між

кількістю зерен у колосі та масою 1000 зерен за умов зрошення була слабко вираженою (0,10–0,18), тоді як у незрошуваних умовах вона посилювалася (0,25–0,30). Це свідчить про можливість поєднання зазначених ознак у морфобіотипах у більш оптимальному співвідношенні залежно від умов вирощування (табл. 2).

Поряд із цим встановлено, що добір за окремими ознаками продуктивності зумовлює неоднаковий характер їх успадкування у нащадків відібраних морфобіотипів. Так, найбільша частка потомків, які перевищували стандарт за кількістю колосків у колосі, становила 73,2–86,7 %. Ознака кількості зерен з колоса успадковувалася у 59,8–67,7 % нащадків, тоді як маса 1000 зерен – у 42,8–65,6 % випадків (табл. 3).

Ефективність добору однієї кількісної ознаки щодо покращення інших елементів продуктивності мала різний ступінь прояву. Зокрема, добір за кількістю колосків у колосі виявився більш результативним для підвищення кількості зерен, оскільки частка кращих нащадків за цією ознакою становила 62,8–71,1 %. Натомість вплив цього добору на збільшення маси 1000 зерен був менш вираженим – частота позитивних результатів коливалася в межах 30,8–40,0 %.

Таблиця 3

Ефективність доборів за кількісними ознаками в гібридних популяцій озимої пшениці (2024–2025 рр.)

Ознаки за якими проводився добір	К-ть ліній, всього	Число ліній, які перевищили стандарт за ознаками,%				
		Число колосків у колосі	Число зерен з колоса	Маса 1000 зерен	Маса зерен з колоса	Врожайність
Асканійська / Клариса						
Число колосків у колосі	121	105/86,7	108/89,2	29/23,9	86/71,1	52/43,0
Число зерен з колоса	121	76/62,8	82/67,7	28/23,1	88/72,7	51/42,1
Маса 1000 зерен	125	50/40,0	48/38,4	82/65,6	58/46,4	41/32,8
Асканійська Берегиня / Альбатрос одеський						
Число колосків у колосі	115	95/82,6	82/71,3	28/24,7	76/66,0	46/40,0
Число зерен з колоса	114	74/64,9	75/65,7	26/22,8	78/68,4	47/41,2
Маса 1000 зерен	120	38/31,6	44/36,6	72/60,0	60/50,0	40/38,3
Херсонська безоста / Клариса						
Число колосків у колосі	97	71/73,2	46/47,4	21/21,6	45/46,4	28/28,9
Число зерен з колоса	97	69/71,1	58/59,8	23/23,2	40/41,2	36/37,1
Маса 1000 зерен	91	28/30,8	34/37,4	39/42,8	43/47,2	33/36,2

Добір за кількістю колосків у колосі істотно впливав на збільшення маси зерна з колоса: частка нащадків, що перевищували стандарт за цією ознакою, коливалася в межах 46,4–71,1 %. Водночас ефективність такого добору щодо підвищення

загальної врожайності була нижчою і становила 28,9–43,9 %. Більш результативним з точки зору формування як маси зерна з колоса, так і рівня врожайності виявився добір за кількістю зерен у колосі порівняно з добором за масою 1000 зерен (табл. 3). Отримані результати свідчать про те, що цілеспрямований добір за зазначеними ознаками дає змогу суттєво впливати на формування врожайності потомства озимої пшениці.

Дослідження підтвердили наявність тісного позитивного кореляційного зв'язку між масою зерна з колоса та врожайністю зерна в цілому. У зв'язку з цим підвищення ефективності селекційно-генетичних програм значною мірою залежить від глибокого аналізу впливу добору за продуктивністю колоса на реалізацію потенціалу врожайності.

У процесі оцінювання господарсько-цінних кількісних ознак і властивостей рослин доцільно враховувати не лише дію окремих абіотичних чинників, але й модифікуючий вплив ценотичних умов на формування морфобіотипів озимої пшениці. Це зумовлює необхідність виявлення закономірностей мінливості прояву та взаємозв'язків між кількісними ознаками за зміни як генетичних, так і екологічних умов розвитку гібридних популяцій.

Гібридні популяції озимої пшениці являють собою складну динамічну систему, реакція якої на мінливість умов вирощування є специфічною та багатофакторною. Процеси взаємодії між різними морфобіотипами в популяціях, а також напрями зміни частоти господарсько-цінних ознак під впливом природного добору, особливо в ряді поколінь від F_2 до F_5, залишаються недостатньо вивченими.

У результаті розв'язання завдань адаптивної селекції створено сорти озимої пшениці універсального типу (Асканійська, Асканійська Берегиня, Перлина) та альтернативного типу (Соломія, Клариса), які характеризуються підвищеною пристосованістю до несприятливих умов зовнішнього середовища, зокрема до пізніх строків сівби та запізнілого відновлення весняної вегетації.

За різних строків відновлення весняної вегетації зазначені сорти формували найвищий рівень урожайності. У середньому за 2023–2025 рр. їх перевага над стандартом Херсонська безоста становила 0,24–1,68 т/га, а за несприятливих умов пізнього відновлення вегетації – 0,82–2,16 т/га (табл. 4).

Аналіз процесів формування врожайності сортів універсального та альтернативного типу показав, що ключовими адаптивними ознаками є підвищена густота продуктивного стеблостою та висока синхронність колосіння пагонів різних порядків. Новостворені сорти характеризуються високою продуктивністю головного колоса, що частково компенсує недобір продуктивних стебел, а також стабільно високою масою 1000 зерен за різних умов вирощування.

Зазначені підходи були реалізовані під час селекції сортів озимої пшениці, стійких до несприятливих чинників зовнішнього середовища, зокрема універсального типу – Асканійська, Асканійська Берегиня, Перлина та альтернативного типу – Соломія, Клариса. Дані сортотипи характеризуються широкою екологічною пластичністю та здатністю адаптуватися до різноманітних умов вирощування, особливо за пізніх строків сівби.

Таким чином, подальше створення, оцінювання й аналіз селекційних морфобіотипів озимої пшениці доцільно здійснювати як за умов зрошення, так і без нього. Це дало змогу науково обґрунтувати напрями адаптивної селекції та підтвердити ефективність добору господарсько-цінних сортотипів за контрастних умов вирощування.

Висновки. 1. Добір високопродуктивних сортів озимої пшениці з підвищеним рівнем адаптивного потенціалу доцільно здійснювати на основі поетапної оцінки

Таблиця 4

Урожайність сортів озимої пшениці за умов зрошення

Сорт	Роки			Середнє за роки випробувань	+– до st Херсонська б/о
	2023	2024	2025		
Херсонська безоста, st	6,34	5,02	5,34	5,57	
Альбатрос одеський	6,08	4,75	4,80	5,21	–0,36
Дріада 1	6,84	6,08	5,64	6,19	+0,62
Асканійська	7,12	6,86	7,05	7,01	+1,44
Асканійська Берегиня	7,68	7,12	6,95	7,25	+1,68
Перлина	7,35	7,18	6,90	7,14	+1,57
Соломія	6,36	5,64	5,42	5,81	+0,24
Клариса	7,05	5,84	5,92	6,27	+0,70
Зимоярка	5,36	5,02	4,80	5,06	–0,51
19/180-Херсонська безоста/Клариса	7,12	6,18	6,35	6,55	+0,98
19/210-Дріада/Зимоярка	7,08	6,24	6,40	6,57	+1,00
20/115-Асканійська/Клариса	7,10	6,12	6,24	6,49	+0,92
20/310-Асканійська/NS471	7,18	6,32	6,44	6,65	+1,08
19/221-Альбатрос од./Клариса	7,08	6,12	6,51	6,57	+1,00
HIP_{05} т/га	0,29	0,24	0,38		

морфобіотипів за контрастних умов вирощування, зокрема за наявності зрошення та в умовах його відсутності. Такий підхід забезпечує об'єктивніше виявлення стабільних і пластичних генотипів.

2.У селекційних програмах доцільно орієнтуватися на створення сортів універсального та альтернативного типу, здатних формувати 700–800 продуктивних пагонів на 1 м² і характеризуватися високою синхронністю стеблоутворення. Це є визначальним чинником ефективної реалізації потенційної продуктивності за оптимальних і пізніх строків сівби після різних попередників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Базалій В. В., Бойчук І. В., Ларченко О. В. Принципи адаптивної селекції сортів пшениці озимої м'якої. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2012. Вип. 20. С. 25–32.

2. Орлюк А. П., Гончарова К. В. Адаптивний і продуктивний потенціал пшениці. Херсон : Айлант, 2002. 276 с.

3. Базалій В. В. Характер прояву кількісних ознак озимої пшениці, залежно від генотипу і умов вирощування. *Вісник Сумського ДАУ. Сер. Агрономія і біологія*. 2002. Вип. 5. С. 96–99.

4. Індексний підхід для добору посухостійких сортів пшениць в умовах нестійкого клімату / С. В. Пикало та ін. *Екологічні науки*. 2020. № 2 (9), т. 2. С. 157–164.

5. Ідентифікація сортів, селекційного матеріалу пшениці озимої за параметрами синхронного стеблоутворення та індексу продуктивності / В. В. Базалій та ін. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Херсон, 2020. № 112. С. 16–24. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.2

6. Базалій В. В., Домарацький Є. О., Козлова О. П. Ефективність використання індексів за прогнозом урожайності нащадків на ранніх етапах селекції озимої пшениці за різних умов вирощування. *Аграрні інновації*. 2024. № 27. С. 148–153. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.27.22

7. Ebert D. E. Aspects der Entrags for sehung bei Cetreide. *Agroforum*. 1969. № 1. Pp. 1–9.

8. Базалій В. В., Ларченко О. В. Характер формування врожайності сортами пшениці різного типу розвитку за пізніх строків сівби. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Херсон, 2025. Вип. 142, ч.1. С. 3–9. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.1

9. Литвиненко М. А. Створення сортів пшениці м'якої озимої (Triticum aestivumL), адаптивних до змін клімату на Півдні України. *Зб. наукових праць СГІ-НЦНС*. 2016. Вип. 27 (67). С. 36–53. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpsgi_2016_27_5 (дата звернення: 15.01.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 635.21:631.526:631.524
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.4

СТАБІЛЬНІСТЬ ВМІСТУ КРОХМАЛЮ В БУЛЬБАХ ГІБРИДІВ КАРТОПЛІ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Бердін С. І. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри селекції та насінництва імені професора М. Д. Гончарова,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-2337-4107
Баранік Д. А. *– аспірант кафедри біотехнології та хімії,*
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0001-0680-6254

Вміст крохмалю в бульбах є одним із якісних показників, що визначає технологічну, переробну та економічну цінність картоплі. За сучасних умов зростаючої мінливості кліматичних і агроекологічних факторів не менш важливим, ніж абсолютний рівень крохмалистості, є стабільність прояву цієї ознаки за роками вирощування. Генотипи з високим, але нестабільним вмістом крохмалю не забезпечують прогнозованої якості сировини, що суттєво обмежує їх практичне використання у селекції та промисловій переробці. У зв'язку з цим актуальним є комплексне оцінювання гібридного матеріалу картоплі з урахуванням рівня прояву ознаки та характеру її мінливості залежно від погодних умов року.

Метою досліджень було комплексне оцінювання стабільності та адаптивності гібридів картоплі за вмістом крохмалю в бульбах і виділення генотипів, перспективних для селекції сортів із гарантованою якістю продукції. Дослідження проводили упродовж 2023–2025 рр. в умовах північно-східного Лісостепу України з використанням 32 гібридів картоплі різного походження. Вміст крохмалю визначали за загальноприйнятими лабораторними методиками. Оцінку мінливості та стабільності ознаки здійснювали з використанням коефіцієнта варіації (Cv), індексу стабільності Wricke (Wi) та параметрів моделі Еберхарта–Рассела (βi, S^2di), що дозволило комплексно охарактеризувати реакцію генотипів на зміну умов середовища.

За результатами досліджень встановлено значну диференціацію гібридів картоплі за стабільністю вмісту крохмалю. Найбільш цінну групу сформували високостабільні та стабільні генотипи (Cv ≤ 5 %), для яких характерні мінімальні міжрічні коливання показника та слабко виражена взаємодія «генотип × середовище», що свідчить про генетично зумовлений і передбачуваний характер прояву ознаки. Значна частина гібридів виявила середній рівень стабільності (Cv 5–10 %), що характеризує їх як екологічно пластичні форми, здатні реалізовувати потенціал крохмалонакопичення за сприятливих агроекологічних умов. Окремі генотипи відзначалися підвищеною мінливістю вмісту крохмалю, що обмежує їх практичну цінність для селекції на стабільну якість продукції.

Найбільшу селекційну цінність становлять високостабільні гібриди (Г7, Г32, Г33, П1, П3), які характеризуються мінімальною реакцією вмісту крохмалю на зміну умов середовища та передбачуваним характером прояву ознаки. Окремі генотипи (Г32, П1, П3) поєднували стабільність вмісту крохмалю зі здатністю зберігати рівень крохмалистості за дії стресових факторів, що дозволяє розглядати їх як донори адаптивно стабільної крохмалистості для селекційних програм і перспективний матеріал для подальшого використання у виробництві.

Ключові слова: *селекція, картопля, вміст крохмалю, гібриди, стабільність, адаптивність, взаємодія генотипу та середовища, селекційна цінність.*

© Бердін С. І., Баранік Д. А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Berdin S. I., Baranik D. A. Stability of sStarch content in tubers of potato hybrids under the conditions of the northeastern Forest-Steppe of Ukraine

Starch content in tubers is one of the key quality indicators determining the technological, processing, and economic value of potato. Under current conditions of increasing variability of climatic and agro-ecological factors, not only the absolute level of sStarch content but also the stability of its expression across growing seasons becomes critically important. Genotypes characterized by high but unstable sStarch content do not ensure predictable raw material quality, which significantly limits their practical use in breeding and industrial processing. Therefore, a comprehensive evaluation of potato hybrid material taking into account both the level of trait expression and the nature of its variability depending on annual weather conditions is highly relevant.

The aim of the study was to perform a comprehensive assessment of the stability and adaptability of potato hybrids with respect to tuber sStarch content and to identify genotypes promising for breeding cultivars with guaranteed product quality. The research was conducted during 2023–2025 under the conditions of the northeastern Forest-Steppe of Ukraine using 32 potato hybrids of different breeding origins. SStarch content was determined using standard laboratory methods. Trait variability and stability were evaluated using the coefficient of variation (Cv), Wricke's stability index (Wi), and the parameters of the Eberhart–Russell model (βi, S²di), which made it possible to comprehensively characterize genotype responses to changing environmental conditions.

The results revealed a pronounced differentiation of potato hybrids in terms of sStarch content stability. The most valuable group consisted of highly stable and stable genotypes (Cv ≤ 5 %), characterized by minimal interannual fluctuations and weak genotype × environment interaction, indicating a genetically determined and predictable expression of the trait. A considerable proportion of hybrids exhibited moderate stability (Cv 5–10 %), identifying them as ecologically plastic forms capable of realizing starch accumulation potential under favorable agro-ecological conditions. Some genotypes showed increased variability of sStarch content, which limits their practical value for breeding aimed at stable product quality.

The highest breeding value was observed in highly stable hybrids (G7, G32, G33, P1, P3), which exhibited minimal sStarch content response to changes in environmental conditions and a predictable pattern of trait expression. Certain genotypes (G32, P1, P3) combined sStarch content stability with the ability to maintain starch levels under stress conditions, allowing them to be considered as donors of adaptively stable sStarch content for breeding programs and as promising material for further practical use.

Key words: *breeding, potato, sStarch content, hybrids, stability, adaptability, genotype × environment interaction, breeding value.*

Постановка проблеми. Вміст крохмалю в бульбах є одним із ключових показників, що визначає технологічну, переробну та економічну цінність вирощування картоплі. Водночас в умовах зростаючої мінливості кліматичних факторів і агроекологічних умов не менш важливим, ніж абсолютний рівень крохмалистості, є стабільність прояву цієї ознаки за роками вирощування. Генотипи з високим, але нестабільним вмістом крохмалю не забезпечують прогнозованої якості продукції, що це суттєво обмежує їх практичне використання, як у селекції, так і в промисловій переробці.

Оцінка стабільності вмісту крохмалю дозволяє об'єктивно виявляти генотипи з надійним і передбачуваним проявом ознаки, стійких до коливань умов середовища, та відокремлювати їх від форм із випадковими або середовищно зумовленими високими значеннями показника. Це має особливе значення для селекції картоплі, спрямованої на створення сортів із гарантованою якістю продукції, а також для формування адаптивних технологій вирощування. Таким чином, дослідження стабільності вмісту крохмалю в бульбах картоплі є актуальним науковим і практичним завданням, що відповідає сучасним вимогам селекції та агровиробництва.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Упродовж останнього десятиріччя, інтенсивно розвиваються дослідження, спрямовані на вивчення, як молекулярно-біохімічних механізмів формування крохмалю [1, 2], так і факторів, що

зумовлюють варіабельність цього показника за сортами [3] та за різними умовами вирощування[4]. Важливість цього напряму пов'язана не лише з харчовою цінністю крохмалю, а й з його широким промисловим використанням: у харчовій, фармацевтичній, паперовій та текстильній галузях.

Формування крохмалю тісно пов'язане з процесами накопичення сухої речовини в бульбах, що визначається біологічними особливостями сорту, або на рівні селекції вихідного матеріалу (батьківських форм та гібридів) [5]. Вмісту крохмалю притаманне коливання вмісту крохмалю в бульбах у межах 9–24 %, і ця варіабельність зумовлена, в першу чергу генетичною природою сорту, а на його накопичення в значній мірі впливають екологічні умови вирощування [6]. Так, погодні умови вегетації – температура повітря, вологість, кількість опадів – суттєво впливають на інтенсивність накопичення крохмалю в бульбах. Дослідження науковців показують, що підвищення температури у період активного бульбоутворення може знижувати рівень крохмалю через пришвидшення дихання бульб [7]. Водночас оптимізовані режими живлення, особливо застосування калійних добрив, сприяють підвищенню вмісту сухої речовини і, відповідно, крохмалю [8]. Окремі роботи демонструють, що пізні строки садіння можуть призводити до зниження інтенсивності біосинтезу крохмалю через скорочення періоду вегетації [9].

У сучасній селекції набувають поширення нейронного прогнозування вмісту крохмалю на основі морфометричних характеристик, індикаторів фізіологічного стану та агрономічних параметрів рослин. Дослідження 2024–2025 років (Neural Models for Starch Prediction, 2025) демонструють високу точність таких моделей і відкривають можливості для раннього добору перспективних генотипів [10, 11].

Таким чином, системний аналіз сучасної літератури свідчить, що формування крохмалистості в бульбах картоплі є багатофакторним процесом, який визначається поєднанням генетичних, фізіологічних, екологічних і технологічних чинників.

Постановка завдання. ***Метою досліджень*** було комплексне оцінювання стабільності та адаптивності гібридів картоплі за вмістом крохмалю в бульбах з використанням статистичних моделей стабільності та виділення генотипів, перспективних для селекції сортів із гарантованою якістю продукції.

Дослідження проводили упродовж 2023–2025 рр. в умовах північно-східного Лісостепу України з використанням колекції гібридів картоплі різного походження та селекційного призначення. Матеріалом досліджень виступали гібриди, що входять до селекційної колекції вихідного матеріалу, створену професором Подгаєцьким А.А., під час його роботи на кафедрі біотехнології та хімії в СНАУ [12, 13].

Оцінювання прояву досліджуваної ознаки здійснювали з використанням стандартних методичних підходів селекційно-генетичного аналізу картоплі [14]. Технологія вирощування та догляд за рослинами здійснювалися згідно з прийнятими для ґрунтово-кліматичних умов Сумщини рекомендаціями.

Вміст крохмалю визначали за загальноприйнятими лабораторними методиками, прийнятими в селекційно-технологічних дослідженнях картоплі [15]. Оцінювання мінливості та стабільності вмісту крохмалю здійснювали поетапно. На першому етапі застосовували методи описової статистики з визначенням середнього арифметичного значення та коефіцієнта варіації (Cv, %), який використовували як інтегральний показник міжрічної мінливості ознаки.

З метою поглибленої оцінки взаємодії «генотип × середовище» (G×E) та уточнення внеску окремих генотипів у загальну мінливість ознаки застосовували метод стабільності за Wricke [16]. Індекс екологічної стабільності (Wi) розраховували як

показник індивідуального внеску генотипу у сумарну дисперсію взаємодії «генотип × середовище». Низькі значення Wi інтерпретували як ознаку високої стабільності та слабкої реакції генотипу на зміну умов року, тоді як високі значення свідчили про підвищену екологічну чутливість.

Для кількісної оцінки адаптивності та характеру реакції генотипів на зміну умов вирощування застосовували модель Еберхарта–Рассела [17]. У межах цієї моделі визначали коефіцієнт регресії (βi), який характеризує напрям і інтенсивність реакції генотипу на покращення або погіршення умов середовища, а також дисперсію відхилень від регресії (S^2di), що відображає стабільність і передбачуваність цієї реакції. Генотипи зі значенням βi, близьким до одиниці, та низькими значеннями S^2di розглядали як форми з широкою екологічною адаптацією та стабільним проявом ознаки.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили із застосуванням стандартних методів варіаційної статистики з використанням електронних таблиць та спеціалізованих програмних засобів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальних підхід щодо аналізу середнього вмісту крохмалю в бульбах картоплі полягав в тому, що генотипи, які поєднують високий середній вміст крохмалю з низькою мінливістю від умов років вирощування, мають перевагу з точки зору промислової переробки та формування гарантованої якості сировини. Ці стабільні гібриди доцільно використовувати як донори у селекційних програмах.

За результатами досліджень гібридних комбінацій в умовах північно-східного Лісостепу була здійснена комплексна оцінка їх стабільності за зазначеним показником. Узагальнений аналіз досліджуваної вибірки гібридів дозволив комплексно оцінити рівень прояви ознаки та її стабільність в умовах варіабельності агроекологічного фону років вирощування. Такий підхід виконує завдання з виявлення генотипів із високою загальною адаптивністю та прогнозованою якістю продукції.

На першому етапі аналізу вивчалась варіація прояву ознаки за роками досліджень та характер реакції генотипів на зміну агроекологічних умов вирощування. Варіаційний аналіз засвідчив значну амплітуду варіювання вмісту крохмалю, що вказувало на значну гетерогенність матеріалу. Розрахунок коефіцієнта варіації (*Cv*) дозволив кількісно оцінити стабільність прояву ознаки. Значення *Cv* коливалися від 1,83 % до понад 11 %, що вказувало на суттєві відмінності між генотипами щодо стабільності прояву вмісту крохмалю за роками досліджень.

Найбільш стабільну групу сформували гібриди з коефіцієнтом варіації до 3 %, для яких характерні мінімальні коливання вмісту крохмалю за роками досліджень. Такі генотипи відзначалися не лише стабільністю, але й достатньо високим середнім рівнем ознаки, що дозволяє розглядати їх, як універсальні джерела стабільної крохмалистості. Реакція цих гібридів на зміну погодних умов була слабко вираженою. Це вказувало на високу генетичну детермінованість процесів синтезу та накопичення крохмалю в бульбах виділених гібридів (табл. 1).

Значна частина досліджуваного матеріалу належала до групи з коефіцієнтом варіації в межах 3–5 %, що вказувало на високу стабільність ознаки. Для цих генотипів характерна помірна реакція на умови року, при яких рівень крохмалю залишався відносно вирівняним. Такі форми можна віднести до екологічно пластичних, придатних для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах без суттєвої втрати якості продукції.

Окрему групу становили гібриди з середнім рівнем стабільності (*Cv* був в межах 5–10 %). Для них характерні помітні коливання вмісту крохмалю за

Таблиця 1

Розподіл гібридів картоплі за стабільністю вмісту крохмалю, (за коефіцієнтом варіації, *Cv*, 2023–2025 рр.)

Група стабільності	Критерій (*Cv*, %)	Шифр гібрида	Селекційна інтерпретація
Високостабільні	$Cv \leq 3$	Г7, Г32, Г33, П1, П3	Генотипи з мінімальною реакцією на умови року; донори стабільної крохмалистості
Стабільні	$3 < Cv \leq 5$	Г11, Г15, Г25, Г43, Г44, П2	Висока прогнозованість показника за помірної екологічної реакції
Середня стабільність (пластичні)	$5 < Cv \leq 10$	Г1, Г2, Г3, Г4, Г5, Г6, Г9, Г10, Г16, Г18, Г19, Г31, Г34, Г36, Г37, Г41, Г42, Г45	Екологічно пластичні форми, що краще реалізують потенціал у сприятливих умовах
Нестабільні	$Cv > 10$	Г38	Висока чутливість до умов середовища; обмежена придатність для селекції на стабільність

роками досліджень, що вказувало на більш тісний зв'язок прояви ознаки з гідротермічними умовами вегетаційного періоду. Подібні генотипи здатні формувати високі показники у сприятливі роки, проте в цілому процес накопичення ними крохмалю залежно від погодних умов стає менш прогнозованим.

Серед всієї сукупності гібридів були виявлені поодинокі гібриди з коефіцієнтом варіації понад 10 %, для яких характерні різкі коливання вмісту крохмалю за роками досліджень. Такий характер мінливості свідчить про сильну залежність цих генотипів від умов середовища та обмежує їх практичну цінність для селекції на стабільність ознаки, хоча вони можуть становити інтерес, як джерела високої крохмалистості за оптимальних умов вирощування.

В цілому, аналіз вибірки показав, що підхід щодо групування вихідного матеріалу за коефіцієнтом варіації в більшій мірі є відносним селекційним критерієм, ніж показником абсолютного рівня ознаки.

Тому з метою поглибленої диференціації вихідного матеріалу та виділення перспективних гібридів була проведена комплексна оцінка, яка дозволила уточнити рівень мінливості ознаки та характер реакції генотипів на варіабельність агроекологічного фону років досліджень. Для цього були окрім методів описової статистики (*Cv*)були застосовані метод стабільність за Wricke (визначення індексу стабільності (*Wi*), за яким кількісно оцінюється вклад конкретного генотипу у взаємодію "генотип × середовище") та модель Еберхарта–Рассела, яку застосовують для кількісної оцінки адаптивності та стабільності генотипів у багаторічних дослідженнях. Такий комплексний підхід оцінки стабільності, на відміну від стандартної процедури визначення за коефіцієнтом відносної стабільності (Sg_i) та селекційної цінність генотипу (СЦГі), дозволяє не лише ранжувати гібриди, а й інтерпретувати біологічний сенс параметра, розрізняючи стабільні, пластичні та нестабільні генотипи.

В результаті поєднання описової стабільність з реакцією на зовнішнє середовище були виявленні закономірності у відмінностях реакції генотипів на

мінливість умов року. Різні статистичні методи (Cv, Wi) узгоджено виділили групу високостабільних форм (Г43, П1, П3, Г44), у яких відзначенні мінімальні коливання показника і виявлена слабка реакція генотип×середовище.

Використання моделі Еберхарта–Рассела дозволило детальніше охарактеризувати адаптивну реакцію гібридів на зміну умов середовища. Коефіцієнт регресії (βi) відображав напрям і інтенсивність реакції генотипу на покращення або погіршення умов року вирощування, тоді як дисперсія відхилень від регресії (S^2di) характеризувала стабільність та передбачуваність цієї реакції. Генотипи зі значеннями βi, близькими до одиниці, виявляли широку екологічну адаптацію, забезпечуючи відносно стабільний рівень крохмалистості бульб у різні роки досліджень. Водночас низькі або статистично незначущі значення S^2di свідчили про передбачуваний характер реакції таких форм та їхню стійкість до мінливості умов середовища. Натомість гібриди з відхиленням βi від оптимального рівня та підвищеними значеннями S^2di характеризувалися нестабільною реалізацією ознаки, що проявлялося у значних коливаннях вмісту крохмалю за роками досліджень та підвищеній чутливості до змін агроекологічних умов.

В підсумку за всіма методами оцінки були визначена група гібридів з стабільним вмістом крохмалю, до якої відносилися Г32, П1, П3 і Г44. До іншої групи були віднесені гібриди Г43, Г31, Г45, які мали високу пластичність і краще реалізували потенціал у сприятливих умовах вирощування. Із групи гібридів зі стабільним вмістом крохмалю були виділені гібриди П1, П3, Г32, які проявляли стресоорієнтовану стабільність. Це робить їх перспективними для використання в менш сприятливих умовах.

Таблиця 2

Результати комплексної оцінки гібридів на стабільність за вмістом крохмалю (2023–2025 рр.)

Групи гібридів за параметрами стабільності	Шифр гібрида	Вміст крохмалю, %	Показники комплексної оцінки			
			***Cv*, %**	***Wi***	**βi**	**Sg_i**
Стабільні	Г32	17,0	2,373	712,482	–0,494	0,424
	П1	17,1	2,339	710,588	0,531	0,418
	П3	17,0	2,454	710,519	0,583	0,439
	Г44	15,3	4,916	710,506	1,014	0,879
в.ч. стресоорієнтовані	Г32	17,0	2,373	712,482	–0,494	0,424
	П1	17,1	2,339	710,588	0,531	0,418
	П3	17,0	2,454	710,519	0,583	0,439
Високопластичні	Г43	15,0	4,807	710,371	1,04	0,859
	Г31	14,2	7,147	710,658	1,438	1,278
	Г45	16,3	9,063	711,746	2,089	1,62
Нестабільні	Г38	13,1	11,017	713,974	0,792	1,969
	Г19	16,5	7,216	714,722	–0,342	1,29

Відокремлено стоять гібриди Г38, Г19, які показали високі залишкові відхилення і значну залежність від умов року вирощування, що вказує на необхідність обережного включення їх у виробничі схеми.

Таким чином, проведений аналіз стабільності вмісту крохмалю у гібридів картоплі показав істотні відмінності в реакції генотипів на мінливість умов року та визначив метод групування за цим показником.

Висновки. Розподіл гібридів за групами стабільності підтвердив ефективність використання коефіцієнта варіації, як інструменту попередньої селекційної оцінки та дозволяє обгрунтовано поєднувати відбір генотипів із високим рівнем і стабільністю вмісту крохмалю для подальших селекційних і виробничих цілей. Найбільшу селекційну цінність за цим методом становить група високостабільних гібридів (7, Г32, Г33, П1, П3), які характеризуються мінімальними коливаннями вмісту крохмалю на зміну умов середовища та передбачуваним характером прояву ознаки, що робить їх перспективними донорами стабільної крохмалистості.

Застосування комплексної оцінки стабільності дозволило виділити не лише стабільні гібриди, а визначити з них донорів (Г32, П1, П3), які проявляли стресоорієнтовану стабільність.

Рекомендуємо стабільні генотипи Г32, П1, П3 селекції СНАУ використовувати як донори прогнозованої якості та залучати до програм створення сортів універсального призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Pfister B., Zeeman S. C. Formation of starch in plant cells. *Cellular and molecular life sciences*. 2016. Vol 73(14). P. 2781–2807. DOI: 10.1007/s00018-016-2250-x
2. Tong C., Ma Z., Chen H., Gao H. Toward an understanding of potato starch structure, function, biosynthesis, and applications. *Food Frontiers*. 2023. Vol. 4(3). P. 980–1000. DOI: 10.1002/fft2.223
3. Подгаєцький А. А., Кравченко Н. В., Гнітецький М. О., Мухоїд Т. І. Уміст крохмалю в бульбах потомства від беккросування міжвидових гібридів та міжсортових схрещувань картоплі. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 10. С. 128–136. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.110-1.17
4. Prysiazhniuk L., Sonets T., Shytikova Y., Melnyk S., Dikhtia I., Mazhuha K., Sorochinsky B. The environmental and genetic factors affect the productivity and quality of potato cultivars. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2023. Vol. 110. №. 4. P. 319–328. DOI: 10.13080/z-a.2023.110.036
5. Подгаєцький А. А.; Горбась С. М. Можливість виділення висококрохмалистих форм серед потомства від схрещування міжвидових гібридів картоплі. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія.* 2013. № 3. С. 224–228.
6. Hu T, Yang H, Zhang K, Hafsa CN, Fang X, Ma H, Liao J, Zheng S. Effects of different altitudes on the structure and properties of potato starch. *Front Plant Sci*. 2023 Vol. 14. Art. 1111843. DOI: 10.3389/fpls.2023.1111843.
7. Подгаєцький А. А., Кравченко Н.В., Подгаєцький А.Ан. Вплив метеорологічних умов на врожайність картоплі. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2016. Вип. 2 (31). С. 169–172.
8. Марценюк Я. Ю. Формування продуктивності сортів картоплі за використання регуляторів росту в зоні Полісся України: дис. … д-ра філософії : 201 «Агрономія». Київ, 2025. С. 36.
9. Дрозденко А. Ю.; Бутенко А. О. Строки садіння картоплі та сталість сільського господарства: екологічні та ресурсні аспекти. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 13. С. 254–260. DOI: 10.32782/naturaljournal.13.2025.23
10. Piekutowska M., Hara P., Pentoś K., Lenartowicz T., Wojciechowski T., Kujawa S., Niedbała G. Predicting sStarch content in early potato varieties using neural networks and regression models: a comparative study. Agronomy. 2024. Vol. 14. № 12. Art. 3010. DOI: 10.3390/agronomy14123010

11. Piekutowska M., Niedbała G., Piskier T., Lenartowicz T., Pilarski K., Wojciechowski T., Czechowska-Kosacka A. The application of multiple linear regression and artificial neural network models for yield prediction of very early potato cultivars before harvest. *Agronomy*. 2021. Vol. 11(5). Art. 885. DOI: 10.3390/agronomy11050885

12. Подгаєцький А., Кравченко Н., Дрозденко А., Христенко А. Продуктивність та її складові серед міжвидових гібридів картоплі та їх вплив на прояв ознак. *Гончарівські читання*. матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Суми, 25 трав. 2023 р. Суми / СНАУ, 2023. С. 46.

13. Подгаєцький А. А., Кравченко Н. В., Крючко, Л. В., Гнітецький М. О.. Прояв серед потомства першого бульбового покоління гібридів від внутрішньовидових та міжвидових схрещувань середньої маси бульб. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2021. Вип. 2 (44). С. 52–57.

14. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею / за ред. В. В. Кононученка. Немішаєве : ІК УААН, 2002. 183 с.

15. Кожушко Н. С., Гончаров М. Д. Технологічна оцінка картоплі на придатність до промислової переробки. *Картоплярство*. 2000. Вип. 30. С. 51–60.

16. Carvalho L. C. B., Damasceno-Silva K. J., de Moura Rocha M., Oliveira G. C. X. Evolution of methodology for the study of adaptability and stability in cultivated species. *African Journal of Agricultural Research*. 2016.Vol. *11*(12). P. 990–1000. DOI: 10.5897/AJAR2015.10596

17. Hudzenko V., Demydov O., Voloshchuk H., Sardak M., Ishchenko V. Genotype by environment interaction and yield stability of barley breeding lines in multi-environment trials. *Agriculture & Forestry*. 2019. Vol. 65. P. 201–210. DOI: 10.17707/AgricultForest.65.1.20

Дата першого надходження статті до видання: 26.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 631.53.048:635.655(292.485)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.5

ОПТИМІЗАЦІЯ ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН СОРТІВ СОЇ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Блятник Т. С. *– аспірант кафедри технологій у рослинництві,*
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького
orcid.org/0009-0001-1712-3117

Наведено результати досліджень з вивчення впливу густоти посіву на урожайність сої в умовах Західного Лісостепу. Польові дослідження проводили на базі виробничого підрозділу ПП «Західний Буг», розташованого в Тернопільському районі, Тернопільської області у 2023–2025 рр. Дослід закладали за двофакторною схемою. Відповідно до фактор А висівали сорти сої Абеліна, Кіото та Акардія. Фактор В передбачав варіанти вивчення норм висіву насіння: 400, 500, 600, 700, 800 та 900 тис./га.

Проаналізовано суму активних температур вище 10 °С в роки проведення досліджень та відзначено взаємозв'язок цього показника з рівнем урожайності сортів. Встановлено, що найвищі показники урожайності досліджуваних сортів сформувалися за вегетаційний період 2024 року, який характеризувався найвищою сумою активних температур на рівні 2884 °С. Отримана середня урожайність вирощуваних сортів складала 3,58–4,29 т/га. Сума активних температур за вегетацію сої у 2023 році визначалася показником 2676 °С, у 2025 році – 2436 °С. Середня урожайність сортів у зазначені роки відповідно була в межах 3,18–4,08 т/га та 3,03–3,79 т/га.

Доведено, що урожайність сої залежала від сорту та густоти стояння рослин. Максимальна реалізація продуктивного потенціалу сортів забезпечувалася оптимальною нормою висіву. Загущення посівів призводило до зниження показників урожайності порівняно з оптимальною густотою.

В середньому за три роки, урожайність сорту Абеліна за сівби з нормою висіву насіння 400 тис./га була на рівні 2,90 т/га, підвищення норми висіву до 500 та 600 тис./га насінин забезпечило приріст урожайності відповідно на 0,21 та 0,49 т/га. Найвища урожайність даного сорту сформувалася за густоти 700 тис./га та складала 3,52 т/га. Сорт Кіото забезпечував отримання максимальної урожайності за сівби з нормою висіву 600 тис./га насінин, яка становила 4,41 т/га та перевищувала показник з мінімальною нормою висіву на 0,52 т/га. Загущення посівів до 700–900 тис./га зумовило зниження урожайності порівняно з оптимальним значенням на 0,26–0,64 т/га. Оптимальною густотою посіву для сорту Акардія, що забезпечила отримання найвищого урожаю на рівні 4,24 т/га був її показник 700 тис./га. Збільшення густоти до 800 та 900 тис./га знизило урожайність на 0,28 та 0,44 т/га.

Ключові слова: *густота стояння, соя, сорт Абеліна, Кіото, Акардія урожайність.*

Bliatnyk T. S. Optimizing Plant Stand Density for Soybean Varieties in the Western Forest-Steppe

This study presents the results of research on the effect of sowing density on soybean yield under the conditions of the Western Forest-Steppe. Field experiments were conducted at the private enterprise "Zakhidnyi Bug", located in the Ternopil district of the Ternopil region, during 2023–2025. The experiment was arranged according to a two-factor design. Factor A included three soybean varieties: Abelina, Kyoto and Acardia. Factor B involved different sowing rates: 400, 500, 600, 700, 800, and 900 thousand seeds per hectare.

The sum of active temperatures was analyzed as above 10 °C during the study years and identified a clear relationship between this indicator and the yield level of the varieties. The highest yields of the studied varieties were obtained during the 2024 growing season, which was

© Блятник Т. С., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

characterized by the highest sum of active temperatures – 2884 °C. In that year, the average yield of the varieties ranged from 3,58 to 4,29 t/ha. By comparison, the sum of active temperatures in 2023 was 2676 °C, while in 2025 it decreased to 2436 °C. Accordingly, the average yields in those years ranged from 3,18 to 4,08 t/ha and from 3,03 to 3,79 t/ha, respectively.

The results demonstrated that soybean yield depends on both varietal characteristics and plant stand density. The varieties reached their maximum productive potential only when optimal sowing rates were applied. Excessive increases in plant density (overcrowding) resulted in yield reductions compared to the optimal density.

On average over three years, at a sowing rate of 400 thousand seeds/ha, the yield of the Abelina variety was 2,90 t/ha, increasing the rate to 500 and 600 thousand seeds/ha increased the yield by 0,21 and 0,49 t/ha, respectively. The highest yield for this variety (3,52 t/ha) was achieved at a sowing rate of 700 thousand seeds/ha. The Kyoto variety achieved maximum yield at a sowing rate of 600 thousand seeds/ha, which was 4,41 t/ha and which was 0,52 t/ha higher than the yield at the lowest sowing rate. Further increases in plant density 700–900 thousand seeds/ha led to a yield reduction of 0,26–0,64 t/ha compared to the optimal level. The optimal sowing rate for the Akardia variety was 700 thousand seeds/ha, which provided the highest yield of 4,24 t/ha. Increasing the sowing rate to 800 and 900 thousand seeds/ha reduced the yield by 0,28 and 0,44 t/ha, respectively.

Key words: *standing density, soybean, variety Abelina, Kyoto, Akardia, yield.*

Постановка проблеми. Реалізація генетичного потенціалу сортів сої забезпечується удосконаленням елементів технології вирощування. Одним з вагомих чинників отримання високої та стабільної урожайності сої є формування оптимальної густоти стояння рослин на одиниці площі. Реакція рослин на густоту посіву визначається біологічними особливостями сорту, його морфотипом та залежить від температурного режиму, кількості та розподілу опадів в період вегетації, ґрунтових умов. Науково встановлено, що застосуванням універсальних норм висіву без урахування сортових особливостей не забезпечується отримання максимальної продуктивні агрофітоценозів сої.

У зв'язку з цим, актуальним є дослідження, спрямовані на встановлення оптимальної густоти стояння рослин різних сортів сої, яка б забезпечувала найкращі умови для реалізації їх продуктивного потенціалу в конкретних ґрунтових та кліматичних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливим засобом підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є впровадження нових сортів. Відомо, що від 30 до 60 % урожайності сої визначається генетичним потенціалом сорту [1, с. 13–22]. Сучасні сорти істотно відрізняються за біологічними особливостями та тривалістю вегетаційного періоду, з огляду на це їх об'єднують за групами стиглості, що дозволяє аналізувати та порівнювати фенологію їхнього розвитку [2, с. 51–54].

Найвищої продуктивності культури можливо досягти за умов максимального використання сортом тривалості вегетаційного періоду та родючості ґрунту. Дотримання рекомендованої технології вирощування, яка сприяє оптимізації живлення та посиленню ростових процесів рослин дозволяє отримувати урожайність сої понад 5,0 т/га [3, с. 215–223].

У матеріалах [4, с. 39–43] зазначається, що підвищення рівня урожайності сої є важливим для забезпечення виробництва високоякісної продукції з підвищеним вмістом білка, а також цінної білкової сировини для потреб тваринництва. Важливо створити сприятливі умови вирощування для сорту, які забезпечуються обґрунтованими технологічними прийомами, зокрема, достатнім мінеральним удобренням, способом сівби, створенням оптимальної густоти рослин [5, с. 185–187].

В дослідженнях [6] з вивчення формування продуктивності сортів сої залежно від агротехнічних заходів акцентовано на необхідності оптимізації сортової агротехніки для сої в конкретних умовах вирощування. Густота посівів сформована нормою висіву залежала від біологічних характеристик сортів. Приріст урожаю зумовлювався зрідженістю, або загущеністю посіву та рівнем адаптації рослин до умов вирощування. Серед досліджуваних факторів вплив сорту на рівень урожаю становив 32 %, погодних умов – 24 %, норми висіву – 18 %.

Правильно підібрана густота посіву дозволяє рослинам оптимально використовувати абіотичні чинники, що значно підвищує ефективність вирощування сої сприяючи збільшенню маси насінин та урожайності в цілому. Про це наголошують у свої публікаціях польські вчені [7, с. 2–15; 8, с. 616–623]. За даними [9, с. 12–16], густота рослин впливала на висоту кріплення нижніх бобів, від якої залежать втрати при збиранні, а отже і рівень урожаю.

Дослідження з вивчення елементів агротехніки на формування урожайності сої в Північно-східному Лісостепу показали, що збільшення норми висіву насіння з 500 до 700 тис./га забезпечувало прирости урожаю, залежно від сорту, на рівні 0,32 та 0,50 т/га. Таким чином, внаслідок створення сприятливішого мікроклімату у посівах при зростанні густоти рослин спостерігалася вища їх продуктивність [10, с. 11–13].

Постановка завдання. Метою досліджень було встановити оптимальну густоту стояння рослин сортів сої, яка забезпечує формування максимальної урожайності в умовах Західного Лісостепу.

Виклад основного матеріалу. Польові дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. на базі виробничого підрозділу ПП «Західний Буг», розташованого в селі Шимківці Тернопільського району Тернопільської області. За агроґрунтовим районуванням територія проведення досліджень відноситься до Західної Лісостепової провінції та відзначається своєрідними типами ґрунтів та кліматичними умовами. Тип ґрунту дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений. Схема досліду двофакторна: фактор А включав вивчення сортів Абеліна, Кіото, Акардія, фактор В – варіанти норм висіву насіння, що забезпечують формування відповідної густоти рослин – 1) 400, 2) 500, 3) 600, 4) 700, 5) 800, 6) 900 тис./га.

Сорт Абеліна характеризується від дуже раннього до раннього періодом достигання. Внесений до Державного реєстру сортів рослин придатних до поширення в Україні у 2016 році. Заявником та власником сорту є Saatbau Linz eGen (Австрія). Сорт сої Кіото згідно опису відноситься до середньоранніх сортів, заявником та власником сорту є Семенсес Прогрейн ІНК. Реєстрація з 2014 року. Акардія за періодом достигання належить до ранніх сортів, який рекомендується вирощувати в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Сорт внесений до реєстру у 2020 році, оригінатор – Saatzucht Donau Ges.m.b.H. & CoKG (Австрія).

Для проведення досліджень використовували загальноприйняту методику [11]. Технологія вирощування сортів на дослідній ділянці була загальноприйнятою для зони вирощування. Обліки урожайності проводили на обліковій площі ділянок та здійснювали перерахунок на гектар.

Провідне значення для оцінки адаптивних особливостей сортів сої мають метеорологічні умови в період вегетації. Тому проведення досліджень з вивчення впливу густоти рослин на урожайність культури базувалися на аналізі погодних умов. Зокрема, визначали суму активних температур вище 10 °С за період з першої декади травня по другу декаду вересня, що обумовлюється періодом активної вегетації сої (рис. 1).

У 2023 році сума активних температур у травні була найнижчою і становила 427 °С, в літні місяці спостерігалося її підвищення до 543–696 °С. За вегетацію сої вона сягала 2676 °С. Вегетаційний період 2024 року відзначався вищими температурними показниками, відповідно спостерігалося зростання суми температур. Найвище її значення зафіксовано у липні – 705 °С, показник за період визначення був на рівні 2884 °С. На початку вегетаційного періоду 2025 року температурний режим характеризувався зниженими показниками.

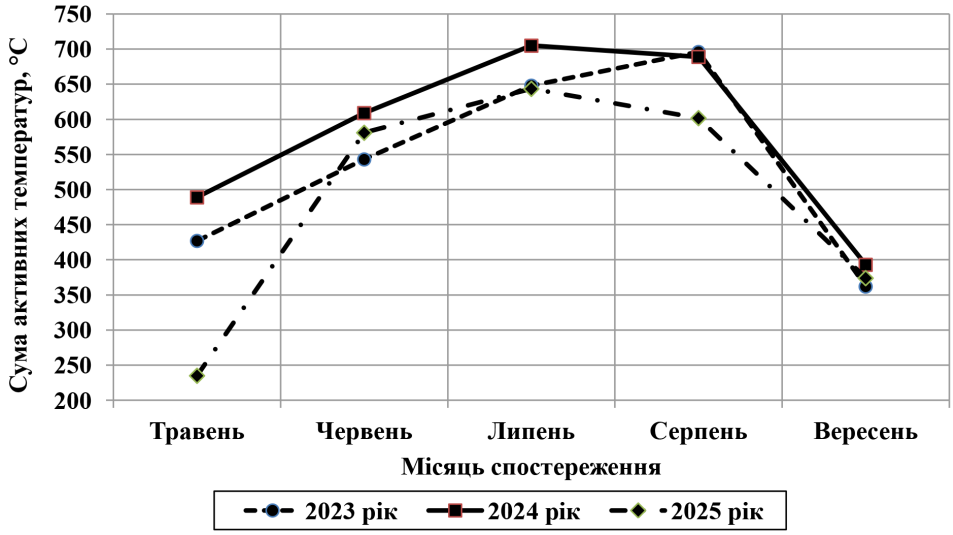


Рис. 1. Сума активних температур вище 10 °С у період вегетації сої у 2023–2025 рр.

Зокрема в травні сума активних температур складала 235 °С, з червня спостерігалося її підвищення. Показник за вегетацію був на рівні 2436 °С та характеризувався найнижчим значенням за роки досліджень.

Дослідженнями встановлено, що показники урожайності сої залежали від сорту та густоти стояння рослин (табл. 2). Відзначено, що урожайність культури в роки досліджень також визначалася сумою активних температур. Найвищі її середні показники отримано у 2024 році за найвищого температурного режиму, які залежно від сорту складали 3,58–4,29 т/га, що свідчить про повну реалізацію потенціалу росту та розвитку сортів. Зниження суми активних температур у 2023 та 2025 роках зумовило отримання нижчих рівнів урожаю, які відповідно становили 3,18–4,08 т/га та 3,03–3,79 т/га.

В середньому за три роки досліджень, найнижчу урожайність сорту Абеліна отримано за норми висіву 400 тис./га насінин, яка становила 2,90 т/га. Збільшення густоти рослин до 500 та 600 тис./га сприяло підвищенню урожайності відповідно до 3,11 та 3,39 т/га.

Найсприятливіші умови розвитку даного сорту склалися за сівби з нормою висіву 700 тис./га насінин, що забезпечило отримання найвищої урожайності на рівні 3,52 т/га. Загущення посіву з збільшенням густоти рослин до 800 тис./га не було ефективним та призвело до зниження показника порівняно з попереднім варіантом на 0,15 т/га, рівень урожайності складав 3,37 т/га. На варіанті з висівом 900 тис./га насінин він знизився до 3,26 т/га.

Таблиця 2

Вплив густоти стояння рослин на показники урожайності сортів сої у 2023–2025 рр.

Сорт (фактор А)	Густота, тис./га (фактор В)	Показники урожайності сої, т/га			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє
Абеліна	400	2,98	3,20	2,53	2,90
	500	3,20	3,36	2,78	3,11
	600	3,27	3,78	3,11	3,39
	700	3,33	3,84	3,38	3,52
	800	3,19	3,70	3,21	3,37
	900	3,08	3,57	3,14	3,26
Кіото	400	4,01	4,21	3,46	3,89
	500	4,24	4,52	3,75	4,17
	600	4,37	4,63	4,22	4,41
	700	4,16	4,35	3,94	4,15
	800	3,91	4,12	3,74	3,92
	900	3,79	3,90	3,61	3,77
Акардія	400	3,91	4,10	3,12	3,71
	500	4,06	4,18	3,25	3,83
	600	4,25	4,31	3,92	4,16
	700	4,29	4,37	4,06	4,24
	800	3,99	4,21	3,67	3,96
	900	3,86	4,01	3,54	3,80
HIP_{05}	A B AB	0,06 0,09 0,15	0,08 0,11 0,19	0,09 0,13 0,21	–

Урожайність сорту Кіото на варіанті з мінімальною нормою висіву насіння була на рівні 3,89 т/га, її збільшення до 500 тис. шт./га забезпечило приріст 0,28 т/га за показника 4,17 т/га. За густоти рослин 600 тис. шт./га отримано максимальний рівень урожаю для сорту, який становив 4,41 т/га та зростав відносно мінімальної густоти на 0,52 т/га. Збільшення норми висіву до 700 тис./га насінин знизило показник до 4,15 т/га. За вирощування сої з формуванням густоти рослин 800 та 900 тис./га спостерігалося зниження рівня урожайності відносно оптимальної (600 тис./га) відповідно на 0,49 та 0,64 т/га.

Найнижча середня урожайність сорту Акардія сформувалася за висіву 400 тис./га насінин – 3,71 т/га. Збільшення норми висіву до 500 та 600 тис./га насінин забезпечило прирости урожайності на рівні 0,12 та 0,45 т/га за показників 3,38 та 4,16 т/га. На варіанті з густотою 700 тис./га насінин отримано 4,24 т/га зерна, що було максимальним для вирощуваного сорту. Збільшення густоти рослин, зумовлене нормами висіву 800 та 900 тис./га насінин знижувало урожайність до 3,96 та 3,80 т/га.

Таким чином, загущення посівів супроводжувалося зниженням урожайності сортів через нераціональне використання чинників зовнішнього середовища, а саме конкуренцію за світло, вологу, елементи живлення та проявилося у витягуванні стебел рослин.

Подібні результати отримано у дослідженнях [12, с. 63–67], мета яких полягала в оптимізації елементів технології вирощування сортів сої в умовах Правобережного Лісостепу. Зазначається, що підвищення урожайності середньораннього сорту Аратта та середньостиглого сорту Софія спостерігалося за збільшення густоти рослин від 400 до 500–600 тис./га. Збільшення норми висіву насіння до 700 та 800 тис./га призводило до зниження урожайності.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Істотний вплив на урожайність сої здійснює температурний режим, максимальну середню урожайність сортів у роки досліджень отримано в умовах вегетаційного періоду 2024 року з найвищою сумою активних температур, яка бала в межах 3,58–4,29 т/га.

В Західному Лісостепу оптимальні умови для формування максимальних показників урожайності сортів сої Абеліна та Акардія складаються за густоти рослин 700 тис./га, які відповідно становили 3,52 та 4,24 т/га, середньораннього сорту Кіото – 600 тис./га. за урожайності 4,41 т/га.

Перспективи подальших досліджень полягають у встановленні економічної доцільності вирощування сортів сої за різних норм висіву в умовах Західного Лісостепу, що дозволить обґрунтувати механізми реалізації їх продуктивного потенціалу з урахуванням економічного чинника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вишнівський П. С., Фурман О. В. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Plant and Soil Science*. 2020. Vol. 11. № 1. С. 13–22.

2. Сорокіна С., Берченко І. Сорт як фактор підвищення врожайності сої. *Природничі науки в системі освіти : матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції (18 березня 2020 року, м. Умань)*. Умань : Візаві, 2020. С. 51–54.

3. Присяжнюк О. І., Григоренко С. В., Половинчук О. Ю. Особливості реалізації біологічного потенціалу сортів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. Plant Varieties Studying and protection. 2018. Vol. 14. № 2. С. 215–223.

4. Дробітько А. В., Дробітько О. М. Вплив способів сівби та норм висіву на урожайність насіння сої. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2014. № 1 (39). Т. 1. С. 39–43.

5. Антонець О. А., Гречка І. І. Вплив норми висіву на урожайність насіння сої. *Збалансований розвиток агроекосистем України : сучасний погляд та інновації : матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції (21 листопада 2019 р.)*. Полтава, 2019. С. 185–187.

6. Лемешик А. В. Формування продуктивності сортів сої залежно від агротехнічних заходів в умовах Правобережного Лісостепу України : дис.... д-ра філософії : 201 «Агрономія» / Нац. ун-т біоресурс. і природокорист. Київ, 2024. 187 с.

7. Radzka E., Rymuza K., Cała P. The Inuence of Sowing Date and Seeding Densityon theYield of Soybean Glycine max (L.) Merrill. *Agriculture*. 2025. № 15. P. 2–15.

8. Prusiński J., Nowicki R. Effect of planting density and row spacing on the yielding of soybean (Glycine max L. Merrill). *Plant, Soil and Environment*. 2020. № 66 (12). P. 616–623.

9. Шевніков М. Я., Логвиненко О. М. Вплив строків, способів сівби, норм висіву різних сортів сої на її продуктивність. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 1. С. 12–16.

10. Бутенко А. О., Зубко О. М. Вплив елементів агротехніки на урожайність і якість зерна сої в умовах Північно-східного Лісостепу України. *Theoretical*

and practical aspects of the development of science and education : IX International scientific and practical conference/ (March 05–08, 2024) Prague, Czech Republic. International Science Group. 2024. С. 11–13.

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

12. Івасик М. В., Хоміна В. Я. Урожайність зерна сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. С. 63–67.

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 632.4.01/.08:634.11
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.6

СТІЙКІСТЬ СТАРОВИННИХ СОРТІВ *MALUS DOMESTICA* (SUCKOW) BORKH. ДО ФІЛОСТИКТОЗУ (*PHYLLOSTICTA – PH. MALI* PR. ET DEL.) В УМОВАХ ДЕНДРОПАРКУ «ОЛЕКСАНДРІЯ» НАН УКРАЇНИ

Бойко Н. С. *– к.б.н.,*
директор,
Державний дендрологічний парк «Олександрія» Національної академії наук України
orcid.org/0000-0002-6286-4870
Дойко Н. М. *– к.б.н., с.н.с.,*
зав. відділом збагачення дендрофлори,
Державний дендрологічний парк «Олександрія» Національної академії наук України
orcid.org/0000-0001-6915-3054
Броун І. В. *– к.с.-г.н.,*
молодший науковий співробітник відділу збагачення дендрофлори,
Державний дендрологічний парк «Олександрія» Національної академії наук України
orcid.org/0009-0000-5932-6556

Сучасну колекцію яблунь селекції XVII–XIX ст. у Державному дендрологічному парку «Олександрія» НАН України (в минулому резиденція графів Браницьких) закладено у 2008 році. Вона нараховує 200 унікальних дерев 76 старовинних сортів голландської, англійської, німецької, української та інших селекцій, серед яких Аніс білий, Аніс бархатний, Антонівка звичайна, Антонівка Золотий Монах, Антонівка від Ліневича, Боскопська красуня, різні сорти Синапу, Ренетів тощо, які сьогодні вирощуються у Саду «Мур», який було створено на початку XIX ст. під керівництвом садівника Августа Енса, котрий впровадив старовинну західноєвропейську технологію по створенню садів на замкненій високою огорожею території.

Метою створення такої колекції було збереження сортів не тільки як біологічного різноманіття згідно міжнародних конвенцій, але і як культурного надбання людства. Викликом сьогодення для збереження колекції є велика кількість негативних факторів, зокрема хвороб, які завдають негативного впливу на цю культуру, що може призвести як до уповільнення ростових процесів, так і викликати повну загибель рослини.

Основними хворобами яблуні, як у промислових садах, так і в інших типах насаджень є парша (зб. Venturia inaequalis (Cooke) G. Winter), борошниста роса (зб. Podosphaera leucotricha (Ell. et Ev.) Salm.), моніліоз (зб. Monilinia vaccinii-corymbosi (J. M. Reade) Honey) та деякі інші, видовий склад яких та рівень ураження значно змінився через кліматичні фактори. Дослідженнями встановлено, що сорти яблуні у колекції дендропарку «Олександрія» в значній мірі уражувались філостиктозом (зб. Phyllosticta mali Pr. et Del.). За стійкістю до даної хвороби відзначались сорти Вільгельм, Ренет Бленгеймський, Антонівка Золотий Монах та деякі інші, ступінь ураження яких складав від 0 до 2 %. Найнижчу стійкість до філостиктозу показали Ренет Шампанський, Антонівка від Ліневича та Ренет Симиренко зі ступенем ураження до 20–25 %. Дослідження включали в себе фітопатологічні обстеження, зокрема ідентифікацію збудника, вивчення розвитку хвороби залежно від погодних умов та визначення ступеня ураження листової поверхні основних сортів протягом 2024–2025 рр.

Ключові слова: *яблуня, старовинні сорти, філостиктоз, ступінь ураження.*

© Бойко Н. С., Дойко Н. М., Броун І. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Boiko N. S., Doiko N. M., Broun I. V. Resistance of old varieties of Malus domestica (Suckow) Borkh. to phyllosticta (Phyllosticta – Ph. Mali Pr. Et Del.) in Dendrological park "Olexandria" of the NAS of Ukraine

The modern collection of apple trees of the 17th–19th centuries selection in the State Dendrological Park "Olexandria" of NAS of Ukraine (formerly the residence of the Counts Branitski) was established in 2008. It includes 76 ancient varieties of Netherlandish, English, German etc. selection. Such of them – Anys white, Anys velvet, Antonivka ordinary, Antonivka Gold Monk, Antonivka from Linevitch, Boscop belle, different varieties of Synap, Renet etc. and count about 200 unique trees which are growing in the "Moor" Garden which was created by gardener Avhust Yens at the beginning of the XIX-th century. He made an ancient Western European technology of gardens creating in a fenced area.

The purpose of collection creating was to preserve varieties not only as biological diversity according to international conventions, but also as a cultural heritage of humanity.

The current challenge for preserving the collection is the large number of negative factors, in particular diseases, that have a negative impact on this culture, which can lead to both a slowdown in growth processes and complete death of the plant. Such of them – diseases like apple scab (Venturia inaequalis (Cooke) G. Winter), powdery mildew (Podosphaera leucotricha (Ell. et Ev.) Salm.), fruit rot (Monilinia vaccinii-corymbosi (J. M. Reade) Honey) and others. Species composition of diseases changed due to climate change. Research has shown that the apple trees of collection of dendrological park "Olexandria" were badly damaged by Brown spot (Phyllosticta mali Pr. et Del.). The most resistant varieties were Vilghelm, Renet Blenheymski, Antonivka Gold Monk and some others with level of damage from 0 to 2 %. Small level of resistant has shown Renet Champagne, Antonivka from Linevitch and Renet Symirenko. Research consisted of phytopathology analysis (identification of pathogen, diseases progression depends on weather and definition of leaf diseases level during 2024–2025 years.

Key words: *apple tree, Brown spot, varieties, level of disease.*

Актуальність теми дослідження. Яблуня є однією з найважливіших плодових культур не лише в Україні, а й у всьому світі. На початку XIX ст. місцеві українські сорти давали плоди невисоких смакових якостей, тому при виборі асортименту вся увага зосереджувалась на західноєвропейській групі. У цей же період інтродукція нових сортів державними ботанічними садами, приватними садами та розсадниками набула масового характеру. Саме в XIX ст. у парку «Олександрія» були закладені плодові садки. Господарі парку – графи Браницькі, створюючи на землях Білоцерківщини чудовий парковий комплекс у романтичному стилі, віддаючи данину епосі, запроектували та створили на його території декілька плодових садів, в т.ч. і унікальний сад «Мур», побудований з використанням старовинної західноєвропейської технології [1]. В саду «Мур» з самого початку його існування вирощувалися фруктові дерева, теплолюбні сорти винограду, різні сорти кизилу. Після 1917 р. плодові дерева поступово видалялися і на звільненій площі на протязі багатьох десятиліть вирощувалися сільськогосподарські культури. Починаючи з 2004 р. в Національній академії наук України було затверджено спеціальну програму «Відродження «Олександрії», яка була пов'язана також і з відновленням плодового садівництва. Програма з відновлення плодового саду, яка була розпочата у 2008 році, зводилася до кількох напрямів, головним з яких, згідно міжнародних конвенцій із захисту генетичного різноманіття сільськогосподарських культур [2], було створення колекції старовинних сортів плодових культур селекції XVII–XIX ст. [1]. При створенні колекції керувалися вимогами міжнародних конвенцій щодо збереження та сталого використання генетичних ресурсів рослин [3].

Старовинні сорти мають не тільки різноманітний асортимент спокусливих смаків, яких немає у більшості сучасних сортів, але й багато з них вважаються стійкішими до хвороб порівняно з сортами сучасної селекції [4, 5], що важливо у селекційних дослідженнях. Тому збереження саме старовинних сортів плодових культур, та зокрема, яблуні, є важливим аспектом у вирощуванні даної культури та у садівництві в цілому.

Через багаторічне вирощування яблуні, як монокультури, у насадженнях щороку зростає негативний вплив шкідників та хвороб, видовий склад та ураження якими постійно збільшується. Серед найбільш поширених і небезпечних хвороб – парша, борошниста роса, моніліоз, альтернаріоз [6, 7]. Парша яблуні в роки епіфітотій може знижувати врожай плодів на 45–63 %, стандартність – на 33 %. Через інтенсивний розвиток борошнистої роси яблуні врожайність сприйнятливих сортів може зменшуватись на 50–80 %, а ураження плодовою гниллю яблуні у окремі роки перевищує 30–40 % [8].

Постановка проблеми. Філостиктоз або бура плямистість (зб. *Phyllosticta* – *Ph. mali* Pr. et Del., *Ph. briardii* Sacc.) останнім часом є широко розповсюдженою хворобою яблуні на території України, особливо у південній її частині. Проявляється, як правило, після цвітіння садів. Уражуються листя яблуні, рідше груші та айви. На них утворюються буруваті плями, тому хворобу ще називають бурою плямистістю листків [9, 10]. Інколи реєструють ураження плодів яблуні у вигляді невеликих, бурих, дещо вдавлених, сухих плям діаметром 5–8 мм. Збудниками хвороби є незавершені гриби порядку *Sphaeropsidales* роду *Phyllosticta*, які зумовлюють утворення типових плям, характерних для певного виду грибів. На яблуні частіше зустрічаються листки, уражені двома грибами: *Phyllosticta briardii* і *Ph. mali* Перший утворює світло-жовті, округлі або дещо кулясті плями без обідка, розміром до 5 мм у діаметрі, другий – маленькі, спочатку буруваті, а згодом сірі, з темно-коричневим обідком. Рідше на яблуні збудником хвороби є гриб *Ph. pyrina* Sacc., який утворює бурі, округлі або неправильної форми плями, які часто змиваються. У всіх випадках при філостиктозі на плямах з'являються чорні пікніди з безбарвними одноклітинними пікноспорами [11]. Деякі автори [12] вказують, що за зволоження уражених листків пікніди набрякають і пікноспори виходять із них слизистою масою у вигляді хвилястої стрічечки. Зимують гриби на опалих листках у пікнідіальній стадії. Інколи до осені в місцях уражень закладаються перитеції з утворенням сумок із сумкоспорами, тоді їх відносять до роду *Mycosphaerella* порядку *Dothideales*. Шкідливість хвороби полягає в передчасному засиханні листків, що призводить до ослаблення рослин і зниження їхньої продуктивності [11]. Лапа О. М. та ін. [13] зазначають, що розвитку хвороби сприяє тепла дощова погода, пошкодження листків чорним раком та інше. Ураження листків у другій половині літа становить від 30–40 % до 90 %. За сильного розвитку хвороби 15–20 % листків передчасно обпадають, внаслідок чого дерева ослаблюються, зменшується їх продуктивність, погіршується зимостійкість. За даними Лісового М. П., Каленича Ф. С. та ін. [12] знищення джерел інфекції (обпалих листків) способом згортання їх в грунт під час обробітку грунту в міжряддях або згрібання і компостування, а також обробка насаджень фунгіцидами проти парші контролюють розвиток збудника до 63–68 %.

Методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2024–2025 рр. в умовах Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України (м. Біла Церква Київської обл.). Оцінку поширення філостиктозу в колекції старовинних сортів *Malus domestica* (Suckow) Borkh. та визначення ступеня ураження виконували окомірно, оглядаючи 100 листків з різних сторін рослини, використовуючи шкалу Каленича Ф. С. [14].

Результати досліджень. Впродовж періоду досліджень ознаки хвороби було відмічено практично на всіх історичних сортах вітчизняної та іноземної селекції. Ідентифікацію збудника було проведено шляхом мікроскопіювання (рис. 1).

На уражених листках утворювались бурі плями різного розміру та форми (рис. 2), після чого на сортах з більшим ступенем ураження такі листки опадали.

Розвиток хвороби відрізнявся впродовж років досліджень і залежав від

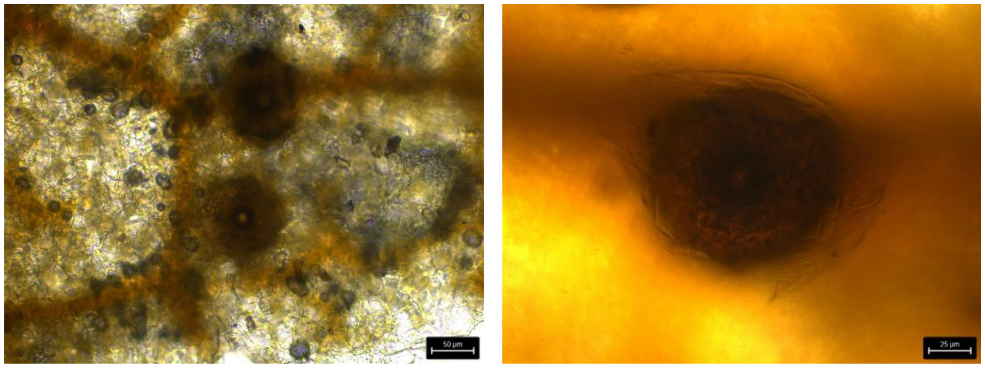


Рис. 1. Phyllosticta – Ph. mali Pr. et Del
(сорт Ренет Симиренко, фото Тетяни Кислих, ТОВ «Зелений Дім 2025»)

а б

Рис. 2. Філостиктоз яблуні: сорт Добрий Крестьянин (Господар) (а), сорт Ренет Канадський (б)

погодних умов. Прояви бурої плямистості у 2024 р. відмічались на початку травня, коли середньодобова температура повітря була в межах 15 °С, а відносна його вологість 50–60 %. В цей період ступінь ураження яблуні складав, в середньому, 2–3 %.

Підвищення температури повітря та достатня кількість опадів у червні сприяли подальшому розвитку та поширенню філостиктозу. Друга половина літа відзначалася малою кількістю опадів та помірними температурами повітря, що спричинило уповільнення розвитку бурої плямистості, рівень якої наприкінці серпня був у межах 17 %. Вереснева посуха, невисока відносна вологість повітря наряду з температурами повітря 18–20 °С призвели до поступового зниження розвитку хвороби, показник якої наприкінці вересня – початку жовтня складав 20 %, після чого помітних змін у цих показниках не відмічалося (рис. 3).

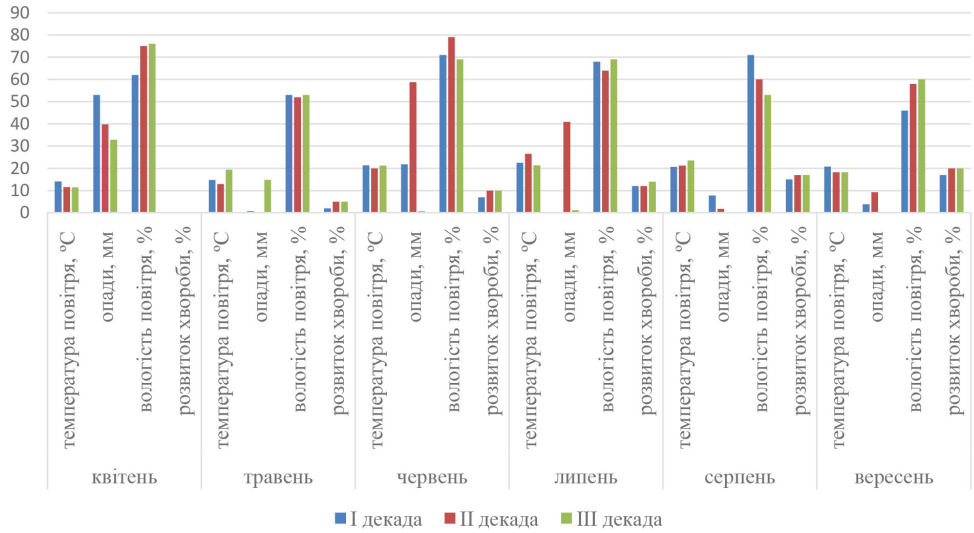


Рис. 3 Динаміка розвитку філостиктозу яблуні залежно від погодних умов (сорт Ренет Симиренко, 2024 р.)

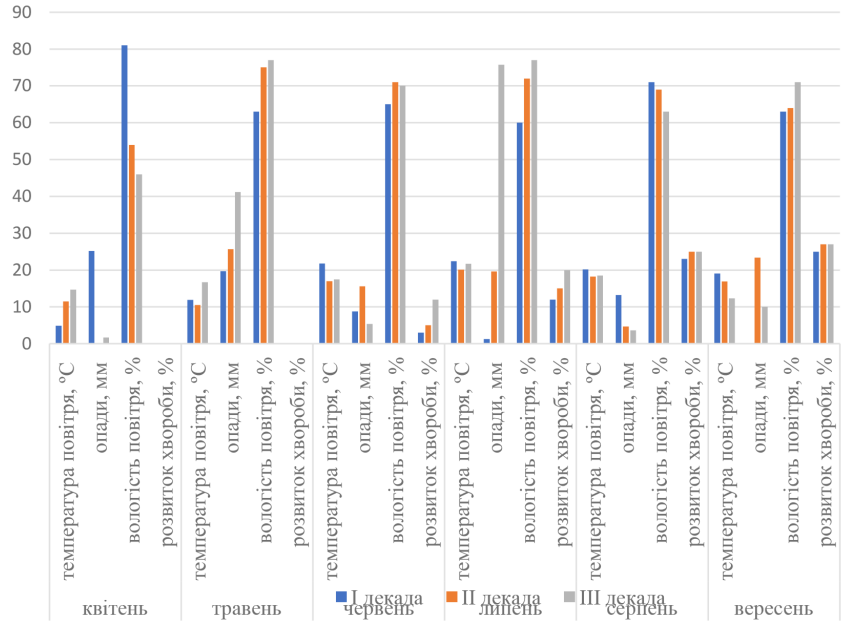


Рис. 4. Динаміка розвитку філостиктозу яблуні залежно від погодних умов (сорт Ренет Симиренко, 2025 р.)

На відміну від 2024 р., перші прояви хвороби у 2025 р. з'явились набагато пізніше через прохолодну температуру (в межах 10–12 °С) повітря у травні. Червень був сприятливим для розвитку бурої плямистості; ступінь ураження яблуні в цей період зріс в середньому до 12 %. Високі температури повітря та достатня кількість опадів наряду з високою відносною вологістю повітря у липні та першій половині серпня

сприяли швидкому поширенню та різкому збільшенню ступеня ураження хворобою (до 25 %). Початок осені відзначався малою кількістю опадів та помірними (15–20 °С) температурами повітря. Розвиток філостиктозу тоді знаходився майже на одному рівні (в середньому 25–27 %) і надалі практично зупинився (рис. 4).

Якщо говорити про ступінь ураження сортів колекції дендропарку «Олександрія» НАН України в цілому, то цей показник в середньому за 2024–2025 рр. коливався в межах від 1 до 25 % (табл. 1).

Таблиця 1

Стійкість сортів яблуні до філостиктозу (2024–2025 рр.)

N п/п	Сорт	Ступінь ураження	
		відсотки	бал
1	Антонівка звичайна	5	1
2	Принцеса Луїза	5	1
3	Боскопська красуня	2	1
4	Антонівка Золотий Монах	2	1
5	Антонівка від Ліневича	20	2
6	Кальвіль сніговий	5	1
7	Ренет Симиренко	25	2
8	Циганочка	5	1
10	Жанна Гарді	5	1
11	Аніс Алий	15	2
12	Зеленка Дніпровська	5	1
13	Зеленка Полтавська	10	1
14	Саблук великий	5	1
15	Добрий крестьянин (господар)	5	1
16	Антонівка кам’яничка	8	1
17	Мирончик	5	1
18	Аніс смугастий	12	2
19	Бельфлер-Китайка	15	2
21	Принц Уельський	10	1
22	Саблук великий Уманський	5	1
23	Ренет Великий Касельський	5	1
24	Аркад Білий	7	1
25	Синап Кара	5	1
26	Рамбур Осінній	5	1
27	Синап Кандиль	7	1
28	Вільгельм	0	0
29	Пепін шафранний	5	1
30	Зеленка Род-Айлендська	3	1
31	Синап Білий	5	1
32	Сивак	15	2
33	Коричневе смугасте	2	1

Продовження таблиці 1

N п/п	Сорт	Ступінь ураження	
		відсотки	бал
35	Мліївське Літнє	5	1
36	Ренет Канадський	15	2
37	Тітовка літня	3	1
38	Боровинка	5	1
39	Синап Саблинський	5	1
40	Ренет Бленгеймський	1	0,1
41	Тітовка осіння	3	1
42	Ренет Баумана	10	1
43	Малинівка	5	1
44	Ренет Шампанський	20	2
45	Пепін Литовський	7	1
46	Саблук	5	1
47	Аркад Жовтий	10	1
48	Уелсі	5	1
49	Зеленка Кримська	5	1
50	Бобове Велике	5	1
51	Яблуня довголиста	7	1
53	Папіровка	5	1
54	Донешта	5	1
55	Слава Переможцям	5	1
56	Штрейфлінг	10	1
57	Яблуня Китайка сливолиста	10	1
58	Антонівка Крупна	10	1
59	Малинове	5	1
60	Бойкен	10	1
61	Пармен Червоний	5	1
62	Яблуня Сибірська	15	1
63	Яблуня Флорібунда	5	1

Найстійкішими (ступінь ураження 1–2 %) виявились старий англійський сорт Ренет Бленгеймський, сорт голландської селекції Боскопська красуня, Антонівка Золотий Монах та Коричневе смугасте. Найбільшого ураження бурою плямистістю (до 20–25 %) зазнали сорти Антонівка від Ліневича, Ренет Симиренко та Ренет Шампанський.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Філостиктоз або бура плямистість (зб. *Phyllosticta mali* Pr. et Del.) є досить поширеною хворобою яблуні наряду з паршою, борошнистою росою та деякими іншими. У роки досліджень ступінь ураження культури коливався в межах від 1–2 до 20–25 %, що залежало як від стійкості того чи іншого сорту, так і від погодних умов, що склалися протягом вегетаційного періоду. Так, помірні температури повітря (вище 20 °С) разом з його

високою відносною вологістю (60–70 %) та достатньою кількістю опадів сприяли виходу пікноспор та їх поширенню, а відповідно і розвитку хвороби. В той же час посушлива погода та зниження температури повітря уповільнювали розвиток патогену та розповсюдження його у насадженнях.

Продовження фітопатологічного обстеження даного типу насаджень є актуальним і надалі через зміни клімату та накопичення інфекції, що буде основою для розробки та впровадження захисних заходів історичних сортів яблуні проти хвороб в майбутньому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Галкін С. І. Плодовий сад – невід'ємний елемент декоративного садівництва на Україні (на прикладі дендрологічного парку «Олександрія» НАНУ). *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Лісівництво та декоративне садівництво*. 2011. Вип. 164. Ч. 3. С. 286–293.

2. Põllumajanduskultuuride geneetilise ressursi kogumine ja säilitamine aastatel 2014–2020. URL: https://www.agri.ee/pollumajanduskultuuride-geneetilise-ressursi-kogumine-ja-sailitamine-aastatel-2014-2020 (Last accessed 12.01.2026).

3. Food and Agriculture Organazation of the Uniteg Nations. URL: https://www.fao.org/home/en (Last accessed 12.01.2026).

4. Кондратенко Т. Є., Болдижева Л. Д. Сорти яблуні, стійкі до грибних хвороб. Київ : Манускрипт-АСВ, 2011. 60 с.

5. Волошина В. В. Стійкі до грибних хвороб сорти яблуні. *Овочі та фрукти*. 2018. № 11. URL: https://www.pro-of.com.ua/stijki-do-gribnix-xvorob-sorti-yabluni/ (дата звернення 15.01.2026).

6. Воєводін В. В. Захист яблуневих садів від хвороб. *Агробізнес сьогодні*. 2017. № 3. С. 94–95.

7. Тарнавська К. П. Біологічні особливості і господарська цінність українських клонів яблуні (Malus domestica Borkh.) сорту Джонаголд в умовах Західного Лісостепу України : дис.... канд. с.-г. наук : 06.01.07 / Ін-т садівн. Київ, 2019. 218 с.

8. Коваленко О. А., Маркова Н. В. Фітопатологія : метод. вказівки. Миколаїв : МНАУ, 2023. 76 с.

9. Шестопал З. А., Файфер Д. Г., Шестопал Г. С. Довідник з інтегрованого захисту плодово-ягідних культур від шкідників і хвороб. Львів : Бібльос, 1999. 240 с.

10. Saowanee Wikee & Dhanushka Udayanga & Pedro W. Crous & Ekachai Chukeatirote & Eric H. C. McKenzie & Ali H. Bahkali & DongQin Dai & Kevin D. Hyde. Phyllosticta – an overview of current status of species recognition. *Fungal Diversity*. 2011. Vol. 51. P. 43–61. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s13225-011-0146-5 (Last accessed 12.01.2026).

11. Окрушко С. Є., Вергелес П. М. Хвороби і шкідники лісових та садово-паркових культур : навч. посіб. Вінниця : ВНАУ, 2020. 275 с.

12. Довідник із захисту рослин / Бублик Л.І. та ін. ; за ред. М. П. Лісового. Київ : Урожай, 1999. 744 с.

13. Лапа О. М., Дрозда В. Ф., Мельничук С. Д. Технологія вирощування та захисту саду. Київ : Універсал-Друк, 2006. 96 с.

14. Каленич Ф. С. Агроекологічні основи інтегрованого захисту яблуні від парші та інших хвороб : монографія. Київ : Аграрна наука, 2005. 248 с.

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.853.494:631.51:631.559
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.7

АНАЛІЗ ПРОСТОРОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ПОЛІВ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНОГО МОНІТОРИНГУ ТА АГРОХІМІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Бордюжа Н. П. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-5482-2160
Бордюжа І. П. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-5942-5877
Носуля А. М. *– ст. науковий співробітник відділу експертизи на відмінність, однорідність та стабільність,*
Український інститут експертизи сортів рослин
orcid.org/0000-0002-2026-6733

Ріпак озимий є важливою культурою у структурі світового продовольчого комплексу. В Україні ця культура є також важливою. Проте її врожайність постійно падає на теренах нашої країни у зв'язку із складнощами погодних умов. Причиною цьому досить часто є просторова неоднорідність ґрунтового покриву. Методи прецизійного агровиробництва дають можливість дослідити і встановити цю неоднорідність та успішно керувати нею.

У цьому дослідженні вивчали просторову неоднорідність полів ріпаку озимого (Brassica napus L.) за поєднання методів дистанційного зондування та агрохімічної діагностики. Для створення карт NDVI на ключових етапах росту і розвитку рослин використовували супутникові зображення та зйомки безпілотників. Зразки ґрунту та рослин відбирали у зонах із різними значеннями NDVI для лабораторного аналізу. Мета нашого експерименту полягала у встановленні кореляції між спектральними індексами, параметрами розвитку сільськогосподарських культур та показниками родючості ґрунту із ціллю покращити інтерпретацію даних дистанційного зондування для застосування в точному землеробстві у виробництві ріпаку. Результати показали стійкі просторові закономірності в розрізі культури протягом вегетаційного періоду, що були підтверджені наземними вимірюваннями. Карти індексу NDVI продемонстрували високу точність у зонуванні поля за рівнем розвитку біомаси рослин. Нами виявлена стабільність цих зон впродовж сезону, а також їхня валідація із біометричними показниками та кінцевою врожайністю, що дозволяє використовувати цей індекс як надійний інструмент моніторингу фізіологічного стану рослин. Встановлено, що ключовим чинником варіативності врожайності є варіабельність агрохімічних властивостей ґрунту (вміст гумусу, рухомих форм макроелементів та бору). Ця залежність чітко візуалізується на картах NDVI.

Тож, це дослідження демонструє цінність інтеграції дистанційного зондування з цільовим відбором польових проб для розуміння та управління мінливістю на полях ріпаку озимого.

Ключові слова: *ріпак озимий, точне землеробство, дистанційне зондування, NDVI, просторова неоднорідність, агрохімічна діагностика.*

© Бордюжа Н. П., Бордюжа І. П., Носуля А. М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Bordyuzha N. P., Bordyuzha I. P., Nosulya A. M., Analysis of spatial heterogeneity of winter rape fields using unmanned monitoring and agrochemical diagnostics

Winter rapeseed is an important crop in the structure of the world food market. In Ukraine, this crop is also important. However, its yield is constantly falling in our country due to difficult weather conditions. The reason for this is quite often the spatial heterogeneity of the soil cover (soil fertility). Precision agricultural methods make it possible to study and establish this heterogeneity and successfully manage it.

This study investigated the spatial heterogeneity of winter rape (Brassica napus L.) fields using a combination of remote sensing and agrochemical diagnostic methods. Satellite imagery and drone surveys were used to create NDVI maps at key stages of development. Soil and plant samples were collected from zones with different NDVI values for laboratory analysis. The aim was to establish correlations between spectral indices, crop development parameters and soil fertility indicators to improve the interpretation of remote sensing data for application in precision farming in rapeseed production. The results showed stable spatial patterns in crop vigor throughout the growing season, which were confirmed by ground measurements. NDVI index maps demonstrated high accuracy in field zoning by the level of plant biomass development. We found the stability of these zones throughout the season, as well as their validation with biometric indicators and final yield. It allows using this index as a reliable tool for monitoring the physiological state of plants. It has been established that the key factor in yield variability is the variability of soil agrochemical properties (content of humus, mobile forms of macroelements and boron). This dependence is clearly visualized on NDVI maps.

So, this study demonstrates the value of integrating remote sensing with targeted field sampling to understand and manage variability in winter rapeseed fields.

Key words: *winter rape, precision agriculture, remote sensing, NDVI, spatial heterogeneity, agrochemical diagnostics.*

Вступ. Ріпак озимий (Brassica napus L.) стає все більш важливою олійною культурою в Україні та інших частинах Європи, цінується як за харчову олію, так і за потенціал як сировини для біопалива [1, с. 15]. Проте врожайність ріпаку в Україні часто падає нижче потенційної, у середньому 1,5–3,5 т/га порівняно із 3,5–4,0 т/га порівняно з іншими європейськими країнами [2, с. 78]. Ця різниця в урожайності частково пояснюється просторовою мінливістю польових умов та стресових ситуаціях, що може призвести до неоптимального управління врожаєм, коли однакові методи застосовуються на неоднорідних полях [3, с. 234].

Методи прецизійного агровиробництва, включаючи дистанційне зондування, пропонують можливості ідентифікувати цю мінливість і керувати нею [4, с. 145]. Надаючи просторові дані з високою роздільною здатністю про умови посівів і ґрунту, дистанційне зондування може керувати управлінськими рішеннями, що стосуються конкретної ділянки, потенційно підвищуючи ефективність використання ресурсів і врожайність [5, с. 89]. Однак інтерпретація даних моніторингу для ріпаку може бути складною, оскільки зв'язок між спектральними індексами та параметрами культури може змінюватися залежно від стадії росту, умов навколишнього середовища та методів господарювання [6, с. 201].

Нормалізований індекс різниці рослинності (NDVI) є одним із найбільш широко використовуваних спектральних індексів для оцінки витривалості культур і оцінки потенціалу врожайності [7, с. 56]. Це дослідження мало на меті зв'язати NDVI та інші дані характеристики рослин з наземними вимірюваннями врожаю і ґрунту, щоб розробити наукову основу для інтерпретації даних дистанційного зондування на полях ріпаку озимого.

Мета дослідження: оцінити просторову мінливість росту та розвитку ріпаку озимого за допомогою мультичасових карт NDVI, отриманих із супутникових знімків та зйомок безпілотників; оцінити співвідношення між значеннями NDVI та ключовими параметрами культури, включаючи індекс площі листя, біомасу

та компоненти врожайності; дослідити основні чинники родючості ґрунту, що впливають на спостережувані просторові закономірності в залежності від рівня врожаю; розробити рекомендації щодо інтеграції даних моніторингу в стратегії точного управління ріпаком озимим.

Матеріали та методи. Дослідження проводили протягом вегетаційного періоду ріпаку озимого (гібрид Фенікс CL) площею 23,7 га. на Київщині в погодно-кліматичних умовах Бориспільської громади. Поле мало історію неоднорідної продуктивності, незважаючи на попередні спроби рівномірного управління. Тип ґрунту – темно-сірий опідзолений.

Посів ріпаку озимого проводили у 4 декаді серпня після попередника ячменя ярого. Добрива вносили рівномірно по всьому полю в нормі N130P20K40 відповідно до стандартної практики господарства. Супутникові знімки були отримані за допомогою сервісів Crop Monitoring і Crop Operations, які надають доступ до мультиспектральних зображень високої роздільної здатності (3 м/пік). Зображення були отримані на чотирьох ключових етапах росту: весняне відростання (кінець березня); бутонізація (кінець квітня); цвітіння (середина травня); розвиток стручка (початок червня) [8, с. 167].

Щоб доповнити супутникові зображення та отримати дані з вищою роздільною здатністю, були проведені зйомки безпілотниками за допомогою DJI Phantom 4 Pro, оснащеного мультиспектральною камерою. Польоти здійснювалися в ті ж дати, що й отримані супутникові знімки, якщо дозволяла погода. Дрон літав на висоті 100 м, забезпечуючи роздільну здатність землі приблизно 5 см/піксель. Знімки, отримані з дронів, були оброблені за допомогою програмного забезпечення Pix4D для створення ортомозаїчних карт і розрахунку значень NDVI [9, с. 223].

На основі карт NDVI, створених на базі супутникових і безпілотних знімків, поле було розділено на зони з різною продуктивністю. Виділено дві основні зони: зона високої продуктивності з NDVI 0,75–0,85 площею 9,22 га та зона слабкого росту з NDVI 0,65–0,75 площею 12,5 га. У кожній із двох основних зон за допомогою GPS-координат було встановлено п’ять точок відбору проб [10, с. 145].

У кожній точці відбору було проведено наступні вимірювання та взяті зразки на чотирьох ключових стадіях росту. Зразки ґрунту відібрані з глибини 0–20 см і 20–40 см для агрохімічного аналізу. Зразки цілих рослин були зібрані для визначення біомаси та аналізу поживних речовин. Індекс площі листя (LAI) виміряно за допомогою аналізатора рослинного покриву LAI-2200C.

Зразки ґрунту аналізували за такими параметрами: pH (KCl), рухомий фосфор P) і калій (K), мінеральний азот (NH_4^+ і NO_3^-), обмінний кальцій (Ca) і магній (Mg), мікроелементи (B). Усі аналізи проводили за стандартними методиками в агрохімії [11, с. 89].

Результати. Карти NDVI виявили чіткі просторові закономірності, які зберігалися протягом вегетаційного періоду, хоча з деякими змінами в інтенсивності та розподілі. Під час весняного відростання значення *NDVI* були відносно однорідними по всьому полю (середній $NDVI = 0,45 \pm 0,05$), що вказує на досить рівномірне виживання взимку та початкове відростання (рис. 1, 2).

На стадії бутонізації були виявлені дві чіткі зони: зона вищої продуктивності (NDVI 0,75–0,85), що охоплює 9,22 га, і зона нижчої продуктивності (NDVI 0,65–0,75), яка охоплює 12,5 га (рис. 3). У фазу цвітіння отримали також розподіл поля по зонах, хоча не такий чіткий і в іншому спектрі, ймовірно, у результаті впливу квітів (рис. 4).

Рис. 1. Карта NDVI ріпаку озимого за відновлення весняної вегетації рослин

Рис. 2. Обстеження посівів ріпаку озимого гібриду Фінікс КЛ за допомогою БПЛА за весняного відновлення вегетації рослин

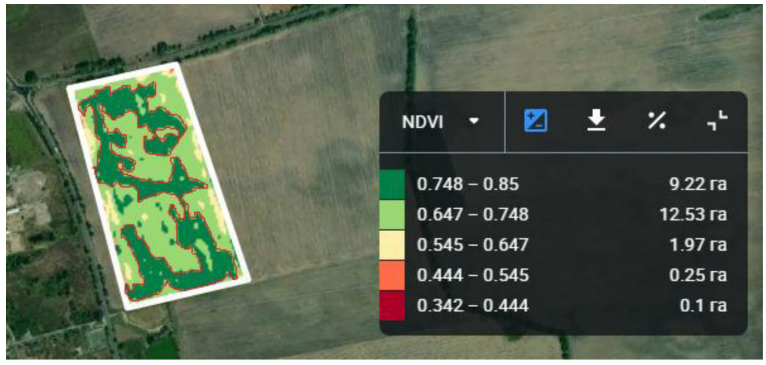


Рис. 3. Визначення зон з відмінною вегетацією рослин ріпаку озимого гібриду Фінікс КЛ на основі індексу NDVI у фазу бутонізації

Рис. 4. Визначення зон з відмінною вегетацією рослин ріпаку озимого гібриду Фінікс КЛ на основі індексу NDVI у фазу цвітіння

Рис. 8. Визначення зон з відмінною вегетацією рослин ріпаку озимого гібриду Фінікс КЛ на основі індексу NDVI у фазу стручкування

У фазу стручкування знову отримали чіткий розподіл вегетативної маси рослин ріпаку на дві характерні зони (рис. 4). Зона вищої продуктивності охопила 44 % площі поля, де індекс NDVI склав 0,76–0,83. У зоні нижчої продуктивності він становив 0,70–0,76. Ця зона зайняла більшу площу поля 54 %.

Індекс площі листя (LAI) продемонстрував сильну позитивну кореляцію з NDVI на всіх стадіях росту ріпаку озимого (r = 0,78 до 0,92). Зв'язок був найсильнішим на стадії бутонізації (r = 0,92) і найслабшим під час цвітіння (r = 0,78), ймовірно, через вплив квітів на спектральний коефіцієнт відбиття.

Надземна біомаса також позитивно корелювала із індексом NDVI, причому сила зв'язку зростала з плином сезону (із r = 0,65 при весняному відростанні до r = 0,88 при розвитку стручків) [12, с. 234].

Ми провели агрохімічну діагностику грунту і встановили наступну залежність (табл. 1). Зона високої продуктивності характеризувалася значно вищим вмістом органічної речовини, мінерального азоту, доступного фосфору та калію, а також

мікроелементів, зокрема бору. Ця закономірність була постійною як для зразків глибиною 0–20 см, так і для 20–40 см, хоча величина різниці була, як правило, меншою в глибшому шарі [13, с. 178].

Таблиця 1

Середні показники родючості ґрунту в зонах високої та низької продуктивності (глибина 0–20 см)

Параметр	Зона високої продуктивності	Зона низької продуктивності	p-значення
pH (вода)	6,8	6,5	0,032
Органічна речовина (%)	3,2	2,7	0,007
Мінеральний N (мг/кг)	28	22	0,012
Рухомий P (мг/кг)	45	32	<0,001
Обмінний K (мг/кг)	180	145	0,003
Обмінний Ca (смоль/кг)	12,5	10,8	0,018
Обмінний Mg (смоль/кг)	2,8	2,3	0,024
Бор (мг/кг)	0,8	0,6	0,002

Урожайність насіння ріпаку озимого, відображена на відповідній карті, показала сильну просторову кореляцію з моделями NDVI, які спостерігалися протягом сезону (I Морана = 0,68, $p < 0,001$). Зона високої потужності дала середній урожай 4,2 т/га, тоді як зона низької сили становила в середньому 3,1 т/га, з різницею у 35 %. Тож, стійкість просторових моделей у NDVI протягом вегетаційного періоду свідчить про те, що основні фактори, які впливають на енергію врожаю, були відносно стабільними та встановлені на початку сезону [14, с. 201].

Висновки. Це дослідження продемонструвало цінність інтеграції методів дистанційного зондування з цільовим відбором польових проб для розуміння та управління просторовою мінливістю на полях ріпаку озимого:

1. Карти NDVI ефективно визначили зони різного розвитку рослин, які зберігалися протягом вегетаційного періоду та тісно корелювали з врожайністю цієї культури.

2. Між індексом NDVI і важливими параметрами культури, такими як LAI і біомаса, спостерігалися тісні кореляційні зв'язки, що підтверджує ефективність використання цього індексу для оцінки росту та розвитку рослин.

3. Родючість ґрунту, зокрема вміст органічної речовини, рухомих сполук фосфору, калію та бору, корелювала із розвитком рослин, що відобразили нам карти NDVI, і була головною рушійною силою просторової мінливості врожайності.

Тож, часова стабільність просторових моделей свідчить про те, що дані дистанційного зондування раннього сезону можуть керувати різними управлінськими рішеннями протягом вегетаційного періоду. Застосування точного землеробства у виробництві ріпаку та створення основи для розробки вдосконалених стратегій інтерпретації і використання даних дистанційного зондування для цієї важливої культури для АПК України і світу є необхідними. Вони забезпечать більш цілеспрямовані та ефективні методи управління з метою підвищення як продуктивності, так і стійкості вирощування цієї культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sishodia R. P., Ray R. L., Singh S. K. Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. Remote Sensing. 2020. Vol. 12. No. 19. P. 3136. DOI: 10.3390/rs12193136

2. USDA Foreign Agricultural Service. Oilseeds: World Markets and Trade. December 2024. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 2024.

3. Maes W. H., Steppe K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. Trends in Plant Science. 2019. Vol. 24. No. 2. P. 152–164. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.11.007

4. Sulik J. J., Long D. S. Spectral indices for canola flower detection. Remote Sensing. 2020. Vol. 12. No. 18. P. 2938. DOI: 10.3390/rs12182938

5. Sieling K., Kage H. Nitrogen use efficiency of winter oilseed rape. A review. Agronomy for Sustainable Development. 2021. Vol. 41. No. 3. P. 44. DOI: 10.1007/s13593-021-00722-x

6. Sulik J. J., Long D. S. Spectral considerations for modeling yield of canola. Remote Sensing of Environment. 2016. Vol. 184. P. 161–174. DOI: 10.1016/j.rse.2016.06.016

7. Горобець А. В., Дудник А. В., Павленко Д. Г. Використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу посівів озимого ріпаку. Вісник аграрної науки. 2021. № 9. С. 12–18. DOI: 10.31073/agrovisnyk202109-02

8. Лебедь Є. М., Чернишенко І. А., Павленко В. П. Застосування геоінформаційних систем у сільському господарстві України. Агроекологічний журнал. 2021. № 2. С. 45–53.

9. Bramley R. G. V., Ouzman J. Farmer attitudes to the use of sensors and automation in fertilizer decision-making: nitrogen fertilization in the Australian grains sector. Precision Agriculture. 2019. Vol. 20. No. 1. P. 157–175.

10. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Коваленко О. А., Малярчук А. С. Точне землеробство: стан, проблеми та перспективи розвитку в Україні. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 4. С. 5–14. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-4(108)-1

11. Sulik J. J., Long D. S. Spectral indices for yellow canola flowers. International Journal of Remote Sensing. 2015. Vol. 36. No. 10. P. 2751–2765. DOI: 10.1080/01431161.2015.1047994

12. Maresma Á., Ariza M., Martínez E., Lloveras J., Martínez-Casasnovas J. A. Analysis of vegetation indices to determine nitrogen application and yield prediction in maize (Zea mays L.) from a standard UAV service. Remote Sensing. 2016. Vol. 8. No. 12. P. 973.

13. Weiss M., Jacob F., Duveiller G. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. Remote Sensing of Environment. 2020. Vol. 236. P. 111402. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111402

14. Xie Q., Dash J., Huang W., Peng D., Qin Q., Mortimer H., Casa R., Pignatti S., Laneve G., Pascucci S., Dong Y., Ye H. Vegetation indices combining the red and red-edge spectral information for leaf area index retrieval. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2018. Vol. 11. No. 5. P. 1482–1493.

15. Дудник А. В., Жуковський А. Г., Семенда Д. К. Системи підтримки прийняття рішень у точному землеробстві. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2020. Вип. 4. С. 89–102.

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.85:631.5
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.8

ВПЛИВ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА УРОЖАЙНІСТЬ І ОЛІЙНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Борисенко В. В. *– к.с-г.н.,*
доцент кафедри загального землеробства,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0001-8947-1180

Представлені результати досліджень з визначення впливу способів основного обробітку ґрунту на урожайність та олійність гібридів соняшнику. Об'єктами досліджень були гібриди соняшнику Заграва, Український F1 та Суміко. У досліді вивчали ефективність трьох способів основного обробітку ґрунту: оранки на глибину 25–27 см, чизельного обробітку на аналогічну глибину та поверхневого обробітку на 10–12 см. Оцінювали показники маси насіння з одного кошика, кількості насінин у кошику, маси 1000 насінин, урожайності, вмісту жиру в насінні та виходу олії з одиниці площі.

Результати дослідження показали, що спосіб обробітку ґрунту суттєво впливає на формування врожайності культури. Так, традиційний полицевий обробіток сприяв кращій структурі ґрунту та інтенсивному розвитку кореневої системи на початкових етапах росту рослин, що позитивно позначилося на масі 1000 насінин.

Дослідження також встановили, що гібриди соняшнику по-різному реагували на способи обробітку ґрунту. Деякі гібриди забезпечували найвищу врожайність за чизельного обробітку, де зберігалася оптимальна волога та знижувався рівень ерозійних процесів, що позитивно впливало на накопичення олії в насінні. Інші гібриди краще реалізовували свій потенціал у варіантах із більш глибоким обробітком, що могло бути зумовлено їх здатністю ефективніше використовувати доступні поживні речовини.

Найбільшими показники ваги насіння з одного кошика та кількості насінин у кошику: для гібриду Заграва – 58,6 г та 1296 шт.; для гібриду Український F1 – 57,7 г та 1170 шт.; для гібриду Суміко – 59,7 г та 1216 шт. відмічено за чизельного обробітку ґрунту на 25–27 см.

Показники маси 1000 насінин більшими були за вирощування соняшнику по оранці та чизельному обробітку ґрунту і становили для гібриду Заграва – 45,0 та 45,2 г; для гібриду Український F1 – 49,4 та 49,3 г; для гібриду Суміко – 49,1 г.

Найбільшу врожайність насіння соняшнику гібридів Заграва – 2,62 т/га, Український F1 – 2,58 т/га та Суміко – 2,68 т/га отримано по чизельному обробітку ґрунту на глибину 25–27 см. За інших способів вона знизилась відповідно: на 0,01–0,22 т/га, на 0,02–0,18 т/га і на 0,04–0,27 т/га. Найменші показники врожайності гібридів соняшнику забезпечило його вирощування по поверхневому обробітку.

Найбільшим вихід олії з одиниці площі 1097–1160 кг був за чизельного обробітку ґрунту, а найменшим 1018–1037 кг – за поверхневого.

Ключові слова: *соняшник, гібрид, спосіб основного обробітку ґрунту, маса 1000 насінин, урожайність, олійність.*

Borysenko V. V. The effect of primary tillage methods on yield and oil content of sunflower hybrids under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

The paper presents the results of studies aimed at determining the effect of primary tillage methods on the yield and oil content of sunflower hybrids. The objects of the research were the sunflower hybrids Zagrava, Ukrainskyi F1, and Sumiko. The experiment evaluated the effectiveness of three primary tillage methods: moldboard plowing to a depth of 25–27 cm, chisel tillage to the same depth, and shallow tillage to a depth of 10–12 cm. The following parameters

© Борисенко В. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

were assessed: seed weight per head, number of seeds per head, 1000-seed weight, yield, oil content in the seeds, and oil yield per unit area.

The results of the study showed that the tillage method significantly affects the formation of crop yield. In particular, conventional moldboard tillage contributed to improved soil structure and more intensive development of the root system at the early stages of plant growth, which had a positive effect on the 1000-seed weight.

The research also demonstrated that sunflower hybrids exhibited differential responses to soil tillage methods. Certain hybrids achieved the highest yields under chisel plowing, which maintained optimal soil moisture and reduced erosion processes, thereby positively affecting oil accumulation in the seeds. In contrast, other hybrids expressed their full potential more effectively under deeper tillage treatments, likely due to a greater capacity to utilize available soil nutrients.

The highest values of seed weight per head and the number of seeds per head were recorded under chisel plowing to a depth of 25–27 cm: for the hybrid Zahrava – 58.6 g and 1,296 seeds; for the hybrid Ukrainskyi F1 – 57.7 g and 1,170 seeds; and for the hybrid Sumiko – 59.7 g and 1,216 seeds.

The 1,000-seed weight was higher under plowing and chisel tillage, amounting to 45.0 and 45.2 g for the hybrid Zahrava; 49.4 and 49.3 g for the hybrid Ukrainskyi F1; and 49.1 g for the hybrid Sumiko. The highest seed yields were obtained under chisel plowing to a depth of 25–27 cm, reaching 2.62 t/ha for Zahrava, 2.58 t/ha for Ukrainskyi F1, and 2.68 t/ha for Sumiko. Under other tillage methods, seed yield decreased by 0.01–0.22 t/ha, 0.02–0.18 t/ha, and 0.04–0.27 t/ha, respectively.

The lowest seed yields of the sunflower hybrids were obtained under shallow tillage. The highest oil output per unit area, ranging from 1,097 to 1,160 kg, was achieved under chisel plowing, while the lowest, 1,018–1,037 kg, was recorded under shallow tillage.

Key words: *sunflower, hybrid, method of primary tillage, 1,000-seed weight, seed yield, oil yield.*

Постановка проблеми. Соняшник є однією з провідних олійних культур України, що має стратегічне значення для аграрного сектору та експортного потенціалу держави. В умовах Правобережного Лісостепу України його продуктивність і якість насіння значною мірою залежать від рівня адаптації технологій вирощування до ґрунтово-кліматичних умов регіону.

Основний обробіток ґрунту є одним із ключових елементів технології вирощування соняшнику, який безпосередньо впливає на водний, поживний і повітряний режими ґрунту, формування кореневої системи рослин, забур'яненість посівів і фітосанітарний стан агроценозу.

Особливої актуальності набуває проблема науково обґрунтованого добору способів основного обробітку ґрунту з урахуванням біологічних особливостей гібридів соняшнику та специфіки ґрунтово-кліматичних умов Правобережного Лісостепу України. У зв'язку з цим виникає необхідність проведення комплексних досліджень, спрямованих на встановлення оптимальних способів основного обробітку ґрунту, які забезпечували б стабільно високу урожайність і підвищений вміст олії в насінні соняшнику за сучасних умов господарювання [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки в науковій літературі значно зросла кількість досліджень, спрямованих на вивчення впливу способів основного обробітку ґрунту на продуктивність сільськогосподарських культур, у тому числі соняшнику. Ряд українських і закордонних авторів звертають увагу на те, що вибір оптимальної системи обробітку ґрунту є ключовим чинником, який визначає формування врожайності та якісних показників насіння, зокрема олійності [2].

Так, дослідження українських вчених із різних аграрних університетів підтверджують, що полицевий обробіток у традиційних технологіях вирощування соняшнику забезпечує добру структурність ґрунту та сприяє накопиченню вологи, однак при тривалому застосуванні може призводити до деградації агрофізичних

властивостей ґрунту і підвищеного випаровування вологи з верхніх шарів. Альтернативні безполицеві та мінімальні системи обробітку, за даними цих досліджень, зменшують ерозійні процеси, підтримують більш стабільну вологість ґрунту та сприяють кращому розвитку кореневої системи соняшнику, особливо в умовах посушливих років [3].

Зокрема, у працях сучасних науковців підкреслюється взаємозв'язок між глибиною обробітку ґрунту та продуктивністю різних гібридів соняшнику. Встановлено, що оптимальна глибина і спосіб обробітку варіюють залежно від типу ґрунту, попередника та характеристик конкретного гібриду. Такі дослідження показують, що менш інтенсивні способи обробітку, зокрема мінімальний, можуть позитивно впливати на вміст олії в насінні за рахунок зменшення стресових для рослини умов та поліпшення водно-повітряного режиму [4].

Одночасно інші наукові публікації акцентують увагу на тому, що безполицеві технології не завжди забезпечують достатній рівень боротьби з бур'янами і більшу доступність поживних речовин, що може обмежувати потенціал врожайності за певних умов [5].

Вітчизняні дослідження, особливо у специфічних умовах Правобережного Лісостепу України, залишаються недостатньо систематизованими та потребують подальшого розширення для формування практичних рекомендацій, що враховують регіональні особливості ґрунтів і клімату [6].

Постановка завдання. Польові дослідження проводили у 2022–2024 роках на дослідних ділянках Уманського національного університету закріплені за кафедрою загального землеробства, розташованих у зоні Правобережного Лісостепу України.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний середньопотужний малогумусний. В орному шарі ґрунту вміст гумусу становив 3,5 %. Забезпеченість ґрунту елементами мінерального живлення була середньою: вміст легкогідролізованого азоту – 7,2–8,5 мг, рухомих форм фосфору – 9,6–10,3 мг, калію – 15,2–16,9 мг на 100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину при pH 6,5–7,0 була близька до нейтральної.

Дослід закладали за двофакторною схемою в триразовій повторності з рендомізованим розміщенням варіантів. Облікова площа однієї ділянки становила 50 м^2, загальна площа – 100 м^2.

Об'єктом досліджень були гібриди соняшнику Заграва, Український F1 та Суміко. Сівбу проводили широкорядним способом із шириною міжрядь 70 см. Норма висіву – 50 тис. схожих насінин на 1 га, глибина загортання насіння – 6–7 см.

Схемою досліду передбачено вивчення впливу різних способів основного обробітку ґрунту на урожайність та олійність гібридів соняшнику.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати дослідження показали, що спосіб обробітку ґрунту суттєво впливає на формування врожайності культури. Так, традиційний полицевий обробіток сприяв кращій структурі ґрунту та інтенсивному розвитку кореневої системи на початкових етапах росту рослин, що позитивно позначилося на масі 1000 насінин.

Дослідження також встановили, що гібриди соняшнику по-різному реагували на способи обробітку ґрунту. Деякі гібриди забезпечували найвищу врожайність за безполицевого обробітку, де зберігалася оптимальна волога та знижувався рівень ерозійних процесів, що позитивно впливало на накопичення олії в насінні. Інші гібриди краще реалізовували свій потенціал у варіантах із більш глибоким обробітком, що могло бути зумовлено їх здатністю ефективніше використовувати доступні поживні речовини.

Показники ваги насіння з одного кошика та кількості насінин у кошику змінювались залежно від способу основного обробітку ґрунту. Найбільшими їх значення для гібриду Заграва – 58,6 г та 1296 шт., Український F1 – 57,7 г та 1170 шт., Суміко – 59,7 г та 1216 шт., що в середньому дорівнює 58,7 г та 1127 шт., відмічено за чизельного обробітку ґрунту на 25–27 см. При вирощуванні соняшнику за оранки на глибину 25–27 см показники знизились на: для гібриду Заграва – 1,6 г та 29 шт.; для гібриду Український F1 – 1,7 г та 36 шт.; для гібриду Суміко – 1,9 г та 39 шт.; в середньому – 1,8 г та 34 шт.

Найменшими значення ваги та кількості насінин відмічено за вирощування гібридів соняшнику за поверхневого обробітку. Середні значення були меншими на 4,2 г та 54 шт. (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив способів основного обробітку ґрунту на показники елементів продуктивності гібридів соняшнику (2022–2024)

Спосіб основного обробітку ґрунту	Гібрид	Вага насіння з одного кошика, г	Кількість насіння у кошику, шт.	Маса 1000 насінин, г
Оранка (25–27 см)	Заграва	57,0	1267	45,0
	Український F1	56,0	1134	49,4
	Суміко	57,8	1177	49,1
	Середнє	56,9	1193	47,8
Дискування (10–12 см)	Заграва	54,4	1245	43,7
	Український F1	54,4	1129	48,2
	Суміко	54,8	1144	47,9
	Середнє	54,5	1173	46,6
Чизелювання (25–27 см)	Заграва	58,6	1296	45,2
	Український F1	57,7	1170	49,3
	Суміко	59,7	1216	49,1
	Середнє	58,7	1227	47,9

Також відмічено вплив способу основного обробітку ґрунту на показники маси 1000 насінин. Більшими вони були за вирощування соняшнику за оранки та чизельному обробітку ґрунту і становили: для гібриду Заграва – 45,0 та 45,2 г; для гібриду Український F1 – 49,4 та 49,3 г; для гібриду Суміко – 49,1 г. Найменшими, відповідно, 43,7; 48,2; 47,9 г, за вирощування при поверхневому обробітку ґрунту. По відношенню до чизельного обробітку середні показники маси 1000 насінин знизились на: 0,1 г – за оранки та 1,3 г – за поверхневого способу основного обробітку ґрунту.

Особливості росту та розвитку соняшнику залежно від умов вирощування за рахунок зміни способів основного обробітку ґрунту вплинули на рівень його врожайності. Її показники знаходились у межах: 2,40–2,62 т/га – для гібриду Заграва;

2,40–2,58 т/га – для гібриду Український F1; 2,41–2,68 т/га – для гібриду Суміко (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив способів основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів соняшнику (2022–2024)

Спосіб основного обробітку ґрунту	Гібрид	Урожайність, т/га	Вміст жиру в насінні, %	Вихід олії, кг/га
Оранка (25–27 см)	Заграва	2,61	49,3	1132
	Український F1	2,56	48,3	1088
	Суміко	2,64	49,2	1143
	Середнє	2,60	48,9	1121
Дискування (10–12 см)	Заграва	2,40	49,1	1037
	Український F1	2,40	48,2	1018
	Суміко	2,41	48,9	1037
	Середнє	2,40	48,7	1031
Чизелювання (25–27 см)	Заграва	2,62	49,4	1139
	Український F1	2,58	48,3	1097
	Суміко	2,68	49,2	1160
	Середнє	2,63	49,0	1132

Аналіз значень рівня врожайності гібридів соняшнику свідчить про зниження їх зі зменшенням глибини основного обробітку ґрунту. Найбільшу врожайність насіння соняшнику гібридів Заграва – 2,62 т/га, Український F1 – 2,58 т/га та Суміко – 2,68 т/га отримано за чизельного обробітку ґрунту на глибину 25–27 см. За інших способів вона знизилась відповідно: на 0,01–0,22 т/га, на 0,02– 0,18 т/га і на 0,04–0,27 т/га.

Найменші показники врожайності гібридів соняшнику забезпечило його вирощування за поверхневого обробітку. Середня врожайність за чизельного обробітку на 25–27 см дорівнювала 2,63 т/га. За оранки на 25–27 см вона знизилась на 0,03 т/га. За поверхневого способу обробітку середня врожайність знизилась на 0,23 т/га.

Не відмічено суттєвого впливу способу основного обробітку ґрунту на вміст жиру в насінні соняшнику. Так, його значення знаходились в межах: для гібриду Заграва – 49,1–49,4 %, для гібриду Український F1 – 48,1–48,3 %, Суміко – 48,9–49,2 %. Середні показники, залежно від способу основного обробітку ґрунту, дорівнювали 48,7–49,0 %.

Важливим показником продуктивності вирощування олійних культур є вихід олії з одиниці площі. За вирощування соняшнику з різними способами основного обробітку ґрунту вихід олії дорівнював: для гібриду Заграва – 1037– 1139 кг/га; для гібриду Український F1 – 1018–1097 кг/га; для гібриду Суміко – 1037– 1160 кг/га.

Найбільшим він був за чизельного обробітку ґрунту, а найменшим – за поверхневого. Відносно чизельного обробітку ґрунту середні показники виходу олії зменшились на: 11 кг/га – за оранки та 101 кг/га – за поверхневого.

Висновки і пропозиції. За підсумками трирічних досліджень, що оцінювали вплив способів основного обробітку ґрунту на урожайність та олійність гібридів

соняшнику, встановлено, що найбільшими показники ваги насіння з одного кошика та кількості насінин у кошику: для гібриду Заграва – 58,6 г та 1296 шт.; для гібриду Український F1 – 57,7 г та 1170 шт.; для гібриду Суміко – 59,7 г та 1216 шт. відмічено за чизельного обробітку ґрунту на 25–27 см.

Показники маси 1000 насінин більшими були за вирощування соняшнику по оранці та чизельному обробітку ґрунту і становили для гібриду Заграва – 45,0 та 45,2 г; для гібриду Український F1 – 49,4 та 49,3 г; для гібриду Суміко – 49,1 г.

Найбільшу врожайність насіння соняшнику гібридів Заграва – 2,62 т/га, Український F1 – 2,58 т/га та Суміко – 2,68 т/га отримано по чизельному обробітку ґрунту на глибину 25–27 см. За інших способів вона знизилась відповідно: на 0,01–0,22 т/га, на 0,02–0,18 т/га і на 0,04–0,27 т/га. Найменші показники врожайності гібридів соняшнику забезпечило його вирощування по поверхневому обробітку.

Найбільшим вихід олії з одиниці площі 1097–1160 кг був за чизельного обробітку ґрунту, а найменшим 1018–1037 кг – за поверхневого.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кохан А. В. Ефективність різних способів обробітку ґрунту. Новітні агротехнології. 2016. № 4. С. 11–12.
2. Нікітенко О. В., Поляков О. І., Махова Т. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на ріст, розвиток та продуктивність соняшнику в умовах південного степу України. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2023. № 34. С. 84–96.
3. Ткачук О. П., Бондарук Н. В. Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. Аграрні іновації. 2023. № 18. С. 120–127.
4. Гангур В. В., Космінський О. О., Лень О. І., Тоцький В. М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 2. С. 50–56.
5. Грицев Д. А. Особливості формування урожаю соняшника при вирощуванні за різних систем контролю забур'яненості. Аграрний вісник Причорномор'я. 2015. Вип. 76. С. 31–40.
6. Шевченко М. В. Урожайність і умови росту соняшнику залежно від способів основного обробітку ґрунту і гербіцидів у лівобережному Лісостепу. Вісник Харківського НАУ. 2006. № 7. С. 131–133.

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.16:631.559:632.11(477.74)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.9

ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЛИЧИНКАМИ МУХИ *HERMETIA ILLUCENS* ТА КОМПОСТУ З СУБСТРАТУ ПІСЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ НА ПОСІВАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

Бурикіна С. І. *– к.с.-г.н., ст. досл.,*
завідувач відділу агрохімії, ґрунтознавства та органічного виробництва,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-5197-6586
Сергєєв Л. А. *– к.с.-г.н., ст. досл.,*
в. о. директора,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-4169-8938
Когут І. М. *– к.с.- г.н., доцент,*
заступник директора з наукової роботи – учений секретар,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-4418-5954
Жук М. М. *– к.с.-г.н., ст. досл.,*
ст. наук. співробітник відділу агрохімії, ґрунтознавства та органічного виробництва,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0007-6651-6949

Зростаючий попит на альтернативні джерела удобрення на фоні екологічних та кліматичних проблем роблять актуальним пошук інноваційних рішень в сфері живлення рослин. Розробка та дослідження нових видів органічних добрив і способів їх використання сприяє розширенню можливостей зменшення негативного впливу аграрного виробництва на довкілля та біоконверсії побутових та інших відходів.

Мета роботи *– дослідити вплив продуктів переробки органічних речовин личинками мухи Hermetia illucens, утилізованого субстрату після вирощування грибів та перегною великої рогатої худоби на врожай ячменю ярого.*

Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на чорноземі південному дослідного поля Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції ІКОСГ НААН. Схема досліду включала два фактори: А – сорти (Адапт, Еней, Вакула), В – органічні добрива: зоогумус № 1 (ЗГ1) продукт переробки відходів зерна ячменю мухою чорна львинка Hermetia illucens; зоогумус № 2 (ЗГ2) – продукт переробки цією мухою суміші відходів зерна ячменю

© Бурикіна С. І., Сергєєв Л. А., Когут І. М., Жук М. М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

та овочів; перегній з субстрату після вирощування грибів (ВВГ) та перегній великої рогатої худоби (ВРХ). В досліді використовується водні витяжки із вказаних органічних добрив для передпосівної обробки насіння та внесенню по вегетації. Передпосівний обробіток насіння проводили витяжками, які готували із розрахунку 1:20 (на одну частину оргдобрива приходилося 20 частин води), а обробіток по вегетації у фази кущіння, виходу в трубку, прапорцевого листка, початку наливу зерна – витяжками 1:50.

В середньому за два роки досліджень комплексне використання водних витяжок забезпечило наступні урожаї зерна ячменю ярого: ЗГ1 – 4,6 т/га (+18,4 %); ЗГ2–4,47т/га (+15,0 %); ВВГ – 4,41 т/га (+13,5 %) та ВРХ– 4,39 т/га (+12,9 %).

Препарати позитивно впливали на структурні елементи колосу, зокрема, підвищували його індивідуальну продуктивність в залежності від сорту від 10,6 % до 44,5 %; встановлені високі позитивні коефіцієнти кореляції між урожаєм та елементами структури колосу (r = 0,92–0,97).

Сумарна дія передпосівного обробітку та внесення по вегетації суттєво від 13,7 % до 29,6 % підвищували вміст азоту в вегетативній масі рослин (фази кущення та виходу в трубку) та прапорцевому листі (налив зерна). Визначено, що коефіцієнти кореляції між урожаєм та вмістом азоту в вегетативній масі ячменю ярого дорівнювали 0,86–0,70, але максимально вміст азоту у вказаних фазах впливав на його концентрацію в зерні r =0,97–0,90.

Ключові слова: *водні екстракти, органічні добрива, ячмінь ярий.*

Burykina S. P.; Serhieiev L. A, Kohut I. M., Zhuk M. M. Use of products of organic matter by Hermetia illucens fly larvae and compost from substrate after growing mushrooms on spring barley croppings

The growing demand for alternative sources of fertilizer against the background of environmental and climate problems makes the search for innovative solutions in the field of plant nutrition relevant. The development and research of new types of organic fertilizers and methods of their use contributes to expanding opportunities for reducing the negative impact of agricultural production on the environment and bioconversion of household and other waste.

The purpose of the work *is to investigate the effect of organic matter processing products by the larvae of the fly Hermetia illucens, utilized substrate after mushroom cultivation, and cattle humus on the yield of spring barley.*

The research was conducted in 2024–2025 on the southern black soil of the experimental field of the Odessa State Agricultural Research Station ICSA of NAAS. The experimental scheme included two factors: A – varieties (Adapt, Aeneas, Vakula), B – organic fertilizers: zoohumus 1(ZH1) – a product of processing barley grain waste by the black lionfly Hermetia illucens; zoohumus 2(ZH2)is a product of processing by this fly of mixture of barley grain and vegetable waste; humus from substrate after mushroom cultivation(HSM) and humus from cattle (HC). The experiment uses aqueous extracts from specified organic fertilizers for pre-sowing seed treatment and application during the growing season. Pre-sowing seed treatment was carried out with extracts prepared at ratio of 1:20 (one part of organic fertilizer was 20 parts of water), vegetative treatment in the tillering, tube formation, flag leaf and beginning of grain filling phases – with 1:50 extracts.

On average, over two years of research, the integrated use of water extracts provided the following yields of spring barley grain: ZH1 – 4,40t/ha (+18,4 %); ZH2 – 4,47t/ha (+15,0 %); HSM – 4,41 t/ha (+13,5 %) and HC – 4,39 t/ha (+12,9 %).

The preparations had a positive effect on the structural elements of the ear, in particular, they increased its individual productivity, depending on the variety, from 10,6 % to 44,5 %; high positive correlation coefficients were established between the yield and structural elements of the ear (r = 0,92–0,97).

The total effect of pre-sowing cultivation and application during the growing season significantly increased the nitrogen content in the vegetative mass of plants (tillering and tube formation phases) and flag leaf (grain filling) by 13,7 % to 29,6 %. It was determined that the correlation coefficients between yield and nitrogen content in the vegetative mass of spring barley were 0,86–0,70, but the maximum nitrogen content in the specified phases affected its concentration in the grain r = 0,97–0,90.

Key words: *water extracts, organic fertilizers, spring barley.*

Постановка проблеми. Сучасні виклики екологічної стабільності, зростаючого попиту на альтернативні джерела удобрення актуалізують необхідність пошуку інноваційних рішень у сфері агропромислового виробництва. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є використання личинок *Hermetia illucens* завдяки їх здатності переробляти широкий спектр органічних відходів: рослинні, овочеві, зернові залишки, гній – у біомасу (зоогумус), на що звертається увага дослідниками різних країн [1–3]. В деяких країнах, прикладом компанія Ynsect (Франція), вже на промисловій основі займаються *Hermetia illucens* для виробництва органічних добрив [4]. Таке добриво є екологічно чистим і може використовуватися для живлення сільськогосподарських рослин та збагачення ґрунту поживними речовинами. При цьому можна знизити потребу в хімічних добривах, що сприятиме збереженню навколишнього середовища.

Другим, не менш цікавим, джерелом органічної речовини можуть бути утилізовані субстрати після культивування грибів, які здебільшого зберігаються у звалищах поблизу виробництва і це може призвести до негативного впливу на довкілля при заселенні субстратів патогенними організмами. Одним із способів утилізації грибних субстратів у біогумус є використання біопрепаратів, як пропонують Т. В. Іванова з колегами [5, 6], або ґрунтовий спосіб з їх інокуляцією біопрепаратом ЕМ Біоактив у поєднанні з мінеральними добривами в технології М. М. Ковальова [7]. Інший спосіб, яким користуються деякі фермери Одещини, – обробіток відходів паром, додавання і використання після 2-х років компостування.

Обмеженість наукової інформації та результатів досліджень ефективності вказаних зоо – чи біогумусів стримує як розвиток біоконверсії відходів грибного виробництва, так і використання побічного продукту вирощування мухи чорна львинка (*Hermetia illucens*). Тому й постає потреба не тільки у систематизації наявних знань про сучасні технології виробництва органічних добрив, оцінки перспектив впровадження таких удобрювальних речовин для зменшення впливу сільського господарства на навколишнє середовище та розширення можливостей у боротьбі зі зміною клімату, але й у вивченні способів, доз внесення, визначенні ефективності при вирощуванні різних культур конкретного ґрунтово-кліматичного регіону з метою оптимального їх використання. Наукові дослідження мають сприяти інтеграції цих біоресурсів в технології вирощування сільськогосподарських культур та посиленню екологізації аграрної галузі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Щороку в Україні накопичується близько 10 млн. тонн побутових відходів, з яких на переробку йде лише 6–7 %. Всі відходи здебільшого, підлягають захороненню на переповнених звалищах, а харчові та рослинницькі часто спалюють або залишають без переробки, створюючи екологічні проблеми, особливо в аграрному регіоні. За прогнозами закордонних і вітчизняних фахівців, екологічна ситуація в Україні наближається до критичної [8].

Обсяг сміття, що вивозиться з території міста Одеса та прилеглих містечок і населених пунктів Одеської області більше 3 млн. м^3 на рік. Харчові та інші органічні відходи складають 25 % (іноді до 50 %) [9, 10], а вони могли б слугувати сировиною в разі промислового розведення мухи чорна львинка (*Hermetia illucens*). Результати досліджень науковців ІТІ «Біотехніка» НААН свідчать, що *Hermetia Illucens* розвивається на найрізноманітніших середовищах: обрізки, очистки та суміші зіпсованих овочів; хлібні злаки недоброякісного походження, висівки; стебла, листки та кошики соняшнику, відходи ентомологічного виробництва [3, 11, 12]. Аналогічні результати та висновки отримані вченими інших країн [13, 14] і, що важливо, вони знайшли практичне

використання та досить широке впровадження, прикладом, в Італії [15] та Китаї [16].

При вирощуванні грибів утворюється багато відходів, оскільки на кожен їх кілограм приходиться близько трьох кілограмів ґрунтоподібного матеріалу, що містить солому, гній і торф. В країнах ЄС виробництво грибів призводить до більш як три мільярди кілограмів відходів на рік [17]. Дослідження показують, що після використання субстрат містить до 2,5 % азоту, 1,8 % фосфору та 2,0 % калію, а також мікроелементи, необхідні для рослин, що робить його перспективним органічним добривом. Але використаний субстрат для грибів містить багато води, тому його транспортування стає невигідним і лише невелика частка використовується в якості органічного добрива на розташованих поблизу сільськогосподарських угіддях.

В той же час, «грибний компост» представляє значний інтерес для сільського господарства, оскільки дослідження свідчать, що його застосування покращує структуру ґрунту, збільшує вміст поживних речовин і пригнічує розвиток бур'янів. Крім того, інноваційні підходи, такі як переробка компосту за допомогою біопрепаратів [18, 19], чи тією ж мухою чорна львинка, або переробка на біогаз та органічні гранули, відкривають нові можливості для технологій замкнутого циклу, для біоконверсії відходів, економічної вигідної та екологічно стійкої їх утилізації [20, 21].

Таким чином, в Україні є наукові розробки, впровадження яких сприятиме покращенню екологічної ситуації, дозволить отримати ефективні органічні добрива, для збереження здоров'я ґрунтів і нації в цілому. Про це свідчать і дослідження науковців Харківського політехнічного інституту, які показали ефективність компостів з харчових відходів, що дозволить зменшити обсяги твердих побутових відходів і сприятиме відновленню ґрунтів, зокрема, на деокупованих територіях [22]. Але на жаль, навіть «Національною стратегією управління відходами в Україні до 2030 року» не заплановано подібні напрями утилізації органічних відходів, хоча завданням на 2025–2030 рр. передбачається «Запровадження … низки пілотних проєктів з біологічної стабілізації змішаних побутових відходів» [23]. Будемо сподіватися.

І все-таки аграрна наука розвивається, відкриває та вивчає нові можливості стабілізації ґрунтової родючості, рівня продуктивності та якості сільськогосподарської продукції. З цією метою ми дослідили ефективність використання продуктів переробки органічної речовини личинками мухи *Hermetia illucens* та перегною з відходів вирощування грибів. І вже перші результати показали, що передпосівна обробка насіння сільськогосподарських культур водними витяжками на основі цих речовин підвищує його схожість, сприяє зростанню маси проростків та їх висоти [24, 25]. Враховуючи це, ми висунули гіпотезу, що використання продуктів утилізації органічних відходів мухою чорна львинка та перегною, де основою є відпрацьований субстрат вирощування грибів, для позакореневих підживлень, матиме позитивний вплив на продуктивність ячменю ярого.

Очікуємо, що результати будуть актуальні не тільки для вирощування ярової злакової культури, але й інших польових культур і при підживленні городини та рослин закритого ґрунту приватними господарями, особливо з огляду відсутності в Україні відомостей про можливості використання продуктів переробки органіки *H. illucens* в ланках аграрних технологій та обмеженості інформації щодо біокомпосту з грибного субстрату.

Методика та умови проведення досліджень. Експериментальні дослідження у 2023–2024 рр. проводилися на базі відділу агрохімії, ґрунтознавства та

органічного виробництва Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства (Одеська ДСДС ІКОСГ) (с. Хлібодарське, Одеський район, Одеська область, 46°29′5″ пн. ш. 30°35′31″ сх. д.).

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем південний малогумусний (гумус 3,2 %, pH 7,1), важко суглинковий на лесоподібних відкладах.

Дослідна ділянка розташована у південно-західній частині Причорноморського ґрунтово – кліматичного району з помірно континентальним кліматом, що характеризується м'якою, малосніжною зимою (середня січнева близько –2 °С) та спекотним, сухим літом (середня липнева +21–23 °С, максимальні до +39 °С). Характерні посухи, суховії та курні бурі, а також значна кількість сонячних днів. Оцінку погодних умов здійснювали за даними метеопункту Одеської ДСДС ІКОСГ. Роки досліджень відрізнялися за кількістю і динамікою випадання опадів та температурним режимом в період вегетації рослин ячменю ярого (рис. 1).

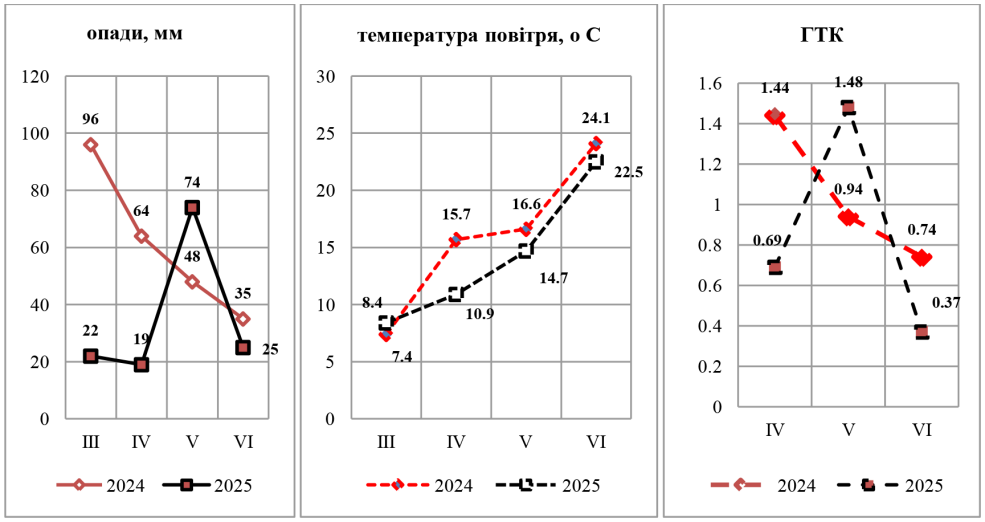


Рис. 1. Гідротермічні умови років досліджень

Польові дослідження проводилося у відповідності до стандартних методик. Дослід двофакторний : фактор А – сорти ячменю ярого: *Адапт* – (*Hordeum vulgare L.*), різновидність *medicum*; колос дворядний; *Еней* – (*Hordeum vulgare L.*), різновидність *nutans*, колос дворядний; *Вакула* – (*Hordeum vulgare L.*), різновидність *pallidum*, колос шестирядний.

Фактор Б – органічні добрива: зоогумус № 1 (ЗГ1) продукт переробки відходів зерна ячменю мухою чорна львинка *Hermetia illucens*; зоогумус № 2 (ЗГ2) – продукт переробки цією мухою суміші відходів зерна ячменю та овочів; перегній з субстрату після вирощування грибів (ВВГ) та перегній великої рогатої худоби (ВРХ). В досліді використовується водні витяжки із вказаних органічних добрив (ВОД) для передпосівної обробки насіння та внесенню по вегетації. Передпосівний обробіток насіння проводили витяжками, які готували із розрахунку 1:20 (на одну частину оргдобрива приходилося 20 частин води), а обробіток по вегетації у фази кущіння, виходу в трубку, прапорцевого листка, початку наливу зерна – витяжками 1:50.

Розмір елементарної ділянки – 15 м^2, облікової –13,5 м^2; повторність трикратна; розміщення ділянок – систематичне.

Агротехніка у досліді загальноприйнята для зони Південного Степу України, за виключенням досліджуваних факторів. Попередником ячменю ярого було просо.

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

Вміст азоту у фазу кущення та вихід в трубку в вегетативній масі, у фазу наливу зерна – у прапорцевому листі, у повній стиглості – в зерні визначали методом інфрачервоної спектроскопії на приборі Спектран-119М (ДСТУ 4117:2007); масу 1000 насінин (ДСТУ 4138-2002) та натурну масу (ДСТУ 10840:2019).

Статистична обробка результатів досліджень проводилася з використанням загальноприйнятих в рослинництві методик з використанням комп'ютерного забезпечення Excell в пакеті Statistica та програми «Agrostat» [26,27]. Відмінності середніх показників вважали суттєвими за рівня значимості $P_{0,95}$.

Характеристика сировини, з якої готували розчини для обприскування посівів ячменю докладно описана в іншій публікації [28], а результати аналізування водних витяжок з органічних добрив надано в таблиці 1. Водні витяжки з органічних добрив мали лужний характер, максимальне значення pH відмічено у витяжці ВРХ (8,7). Витяжки різнилися за концентрацією мінерального азоту та співвідношення між азотом амонійним та нітратним. Найвищий вміст мінерального азоту визначено у ЗГ1, де частка нітратного азоту складала всього 6,2 %; у витяжці з ЗГ2 відмічено лише сліди нітратного азоту, а мінеральний від ЗГ1 складав 47,5 %. У витяжці з ВВГ та ВРХ вміст мінерального азоту від ЗГ1 складав 31,1 % та 66,8 %, а від ЗГ2 – 65,6 % та 140,7 %, відповідно. Частка нітратного азоту у витяжці з ВВГ та ВРХ від суми мінерального азоту дорівнювала 94,0 % та 82,6 %, відповідно.

З огляду на велику різницю за вмістом мінерального азоту, ми скорегували дози одноразового позакореневого внесення водних екстрактів органічних добрив: за одиницю внесення прийнята мінімальна концентрація мінерального азоту у витяжці з ВВГ. Використовували на три повторності: ВВГ –1,0л; ЗГ1 – 315мл; ЗГ2 – 650 мл та ВРХ – 450 мл доводили водою до 3 літрів, рослини варіанту без добрив обприскували такою ж кількістю води.

Результати досліджень. Висота рослин є прямою реакцією на умови вирощування, у тому числі й на умови живлення, оскільки поживні речовини активують фізіологічні процеси та сприяють вегетативному росту, інтенсивність якого визначається властивостями удобрювальних препаратів. На ділянках застосування водних екстрактів з органічних добрив спостерігали стимулюючі властивості цих речовин, що проявилося в зростанні лінійних розмірів рослин (табл. 2).

Але за фазами росту підвищення було нестабільним і коливалося в межах суттєвості; тільки при повній стиглості висота рослин на дослідних варіантах всіх сортів та в середньому за сортами достовірно перевищувала контроль (рис. 2).

Нагромадження сухої речовини – також результат життєдіяльності рослинного організму на кожному етапі його росту і розвитку. Результати досліджень, отримані на період молочної стиглості ячменю ярого показали, що суха маса рослин визначалася сортом та видом органічного добрива (табл. 3).

Суха маса рослин з дослідних ділянок сорту Адапт поступово суттєво зростала по відношенню до контролю від фази кущення до наливу зерна; на сортах Еней та Вакула цей процес відбувався в основному з фази виходу в трубку. У фазу кущення при обприскуванні рослин витяжкою з ферментованих відходів

Таблиця 1

Хімічний склад водних витяжок з органічних добрив

Показник	Органічне добриво			
	ЗГ1	ЗГ2	ВВГ	ВРХ
pH	7,9	8,2	8,2	8,7
Сухий залишок, г/л	2,3	1,3	5,7	4,7
Органічна речовина, г/л	708,4	500,4	527,8	500,0
Масова частка (г/л):				
азоту	0,3	0,2	0,2	0,2
P_2O_5	0,4	0,4	0,1	0,1
K_2O	0,6	0,2	1,1	1,3
Мінеральний азот, мг/л				
всього	181,2	86,0	56,4	121,0
у тому числі, $N—NH_4$	170,0	86,0	3,4	21,0
$N—NO_3$	11,2	-	53,0	100,0
Мезо- та мікроелементи, мг/л				
кальцій	196,3	238,8	254,8	298,6
магній	26,6	11,5	101,4	39,0
марганець	0,21	0,45	1,57	1,19
цинк	1,30	1,01	1,69	0,80
залізо	2,94	2,15	20,69	33,74
мідь	0,21	0,39	0,18	0,21
кобальт	0,37	0,11	0,10	0,42
нікель	0,07	0,02	0,06	0,35

Таблиця 2

Висота рослин за варіантами та етапами розвитку

Варіант	Еней				Адапт				Вакула			
	К	ВТ	НЗ	ПС	К	ВТ	НЗ	ПС	К	ВТ	НЗ	ПС
контроль	39,3	61,9	73,4	75,5	36,4	60,9	70,6	72,9	35,2	49,7	66,2	68,1
ЗГ 1	38,6	63,1	75,1*	78,6*	37,5	61,4	72,1	74,7*	34,2	43,8	65,5	70,8*
ЗГ 2	39,4	63,1	76,4*	79,1*	38,1	69,7*	74,9*	77,0*	33,5	45,9	68,6	72,5*
ВВГ	36,8*	58,3*	75,6*	78,4*	36,6	69,4*	77,2*	79,6*	27,5*	45,9	65,6	72,8*
ВРХ	38,6	63,2	74,8	78,7*	37,9	65,1*	76,8*	79,8*	34,7	43,7	69,7*	72,0*
HCP_{05}	2,3	1,6	1,7	1,9	1,8	4,0	2,8	1,8	2,2	2,4	2,7	2,5

Примітка: К – кущення; ВТ – вихід в трубку; НЗ – налив зерна; ПЗ – повна стиглість; * – різниця суттєва

вирощування грибів цей показник менший за контроль на сортах Еней та Вакула на 14,3 %, використання ж ЗГ1 та ВРХ сприяло зростанню сухої маси рослин Енею на 12,5 % та 8,9 %, відповідно.

Результати візуальних спостережень та аналітичних досліджень показали, що витяжки з органічних добрив мали вплив на вміст азоту в надземній масі рослин ячменю ярого, який змінювався за фазами росту (рис. 3).

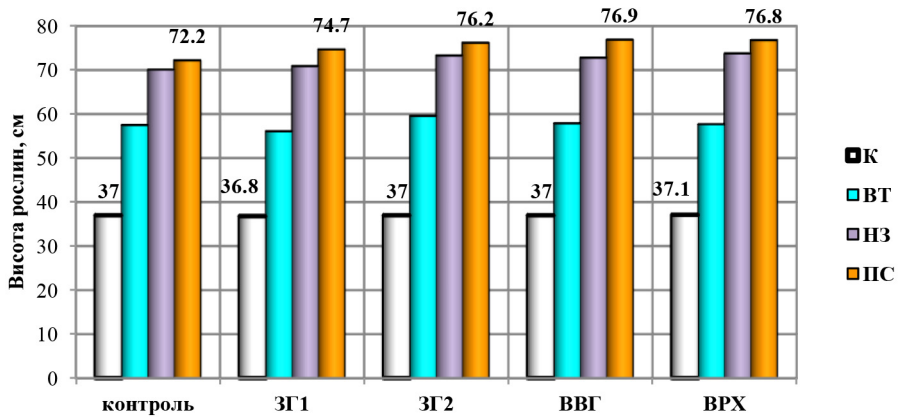


Рис. 2. Висота рослин (середнє за сортами)

Примітка: К – кущення; ВТ – вихід в трубку; НЗ – налив зерна; ПЗ – повна стиглість; $НСР_{05}$ = 2,4

Таблиця 3

Динаміка сухої маси рослин ячменю ярого

Варіант	Еней			Адапт			Вакула			Середнє за сортами		
	К	ВТ	НЗ	К	ВТ	НЗ	К	ВТ	НЗ	К	ВТ	НЗ
контроль	0,56	1,26	2,25	0,40	0,67	1,90	0,35	0,63	1,58	0,44	0,85	1,91
ЗГ 1	0,63	1,35	3,19	0,41	0,79	2,28	0,35	0,70	1,78	0,46	0,92	2,42
ЗГ 2	0,54	1,45	3,55	0,53	0,96	2,35	0,34	0,77	1,84	0,47	1,06	2,58
ВВГ	0,48	1,36	2,96	0,55	1,02	2,65	0,30	0,65	1,62	0,44	1,01	2,41
ВРХ	0,61	1,79	3,05	0,51	1,14	2,45	0,35	0,71	1,80	0,49	1,21	2,43
$НСР_{05}$	0,06	0,15	0,42	0,07	0,11	0,37	0,04	0,10	0,18	0,10	0,11	0,43

Примітка: К – кущення; ВТ – вихід в трубку; НЗ – налив зерна

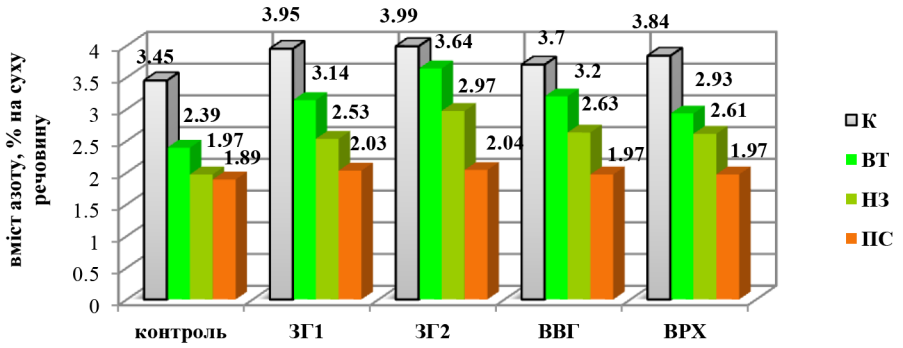


Рис. 3. Динаміка вмісту азоту за фазами росту

Примітка: К – кущення; ВТ – вихід в трубку; НЗ – налив зерна; ПЗ – повна стиглість; $НСР_{05}$: для фази кущення – 0,43; вихід в трубку – 0,36; налив зерна – 0,29; повна стиглість – 0,11

Вміст азоту в рослинах контрольного варіанту у фазу кущення коливався в межах 3,30–3,48 % залежно від сорту, при використанні витяжок з органічних добрив – 3,35–4,51 %: причому на дворядних сортах (Адапт та Еней) передпосівний обробіток насіння та одноразове обприскування на початку фази кущення витяжкою з ЗГ2 підвищувало вміст азоту в надземній масі рослин до 3,81 % та 4,51 %, що на 13,7 % та на 29,6 % перевищувало відповідні неудобрені варіанти; використана таким же чином витяжка з ЗГ1 на шестирядному сорті Вакула підвищила вміст азоту на 16,7 %. В середньому за сортами, практично на одному рівні спрацювали препарати ЗГ1, ЗГ2, де вміст азоту коливався в межах 3,95–3,99 %.

До фази вихід в трубку було здійснено дві обробки по вегетації і мінімальний влив на вміст азоту у вегетативній масі чинив екстракт з перегною ВРХ (+22,6 % до контролю), максимальний – ЗГ2 (+52,3 %).

У фазу налив зерна – молочна стиглість концентрація азоту в сухій масі прапорцевого листа рослин ділянки з використанням ЗГ2 перевищувала контроль на 50,8 % на інших варіантах підвищення складало від 28,4 % (ЗГ1) до 32,5 % (ВРХ) та 33,5 % (ВВГ).

Поліпшення умов життєдіяльності рослин дозволило отримати підвищення врожаїв зерна ячменю ярого, яке в середньому за сортами склало від 12,9 % (ЗГ2) до 18,4 % (ЗГ1), але реакція на види органічних добрив за сортами була різна (рис. 4).

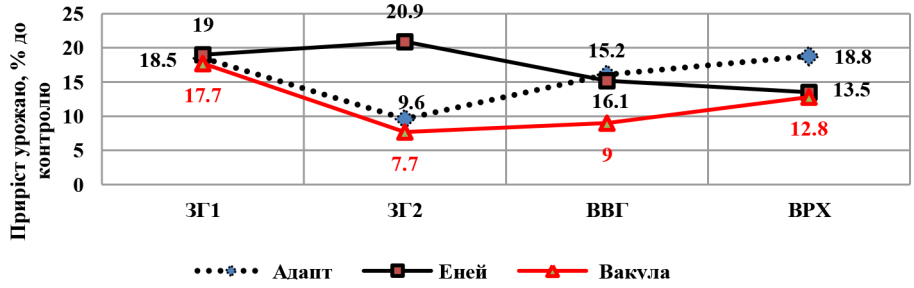


Рис. 4. Реакція сортів на види органічних добрив приростами врожаю

Дворядні сорти Адапт та Еней на кожному варіанті використання водних екстрактів забезпечили більші прирости відносно шестирядного сорту Вакула і за цією ознакою сорти розташовуються в наступний ряд : Еней > Адапт > Вакула.

Як ми вже відмічали, в науковій літературі відсутні відомості як щодо ефективності продуктів переробки органічного матеріалу *Hermetia illucens*, так і способу внесення органічних добрив, які ми вивчали. Але результати дворічних досліджень показують, що водні екстракти відходів виробництва грибів (ВВГ), перегною великої рогатої худоби (ВРХ) та відходів життєдіяльності *Hermetia illucens* можуть успішно використовуватися в системі органічного землеробства.

Для встановлення закономірностей формування врожаю ячменю ярого за варіантами досліду, ми визначали елементи структури, до яких відносяться довжина колоса, кількість зерен у колосі, індивідуальна продуктивність колосу та маса 1000 зерен. Підвищити урожайність ячменю ярого можна шляхом збільшення продуктивності колоса через регулювання етапів органогенезу конуса наростання за допомогою удобрювальних речовин. Абсолютні показники рівня врожаю та його елементів в середньому за сортами та роками досліджень характеризує рис. 5.

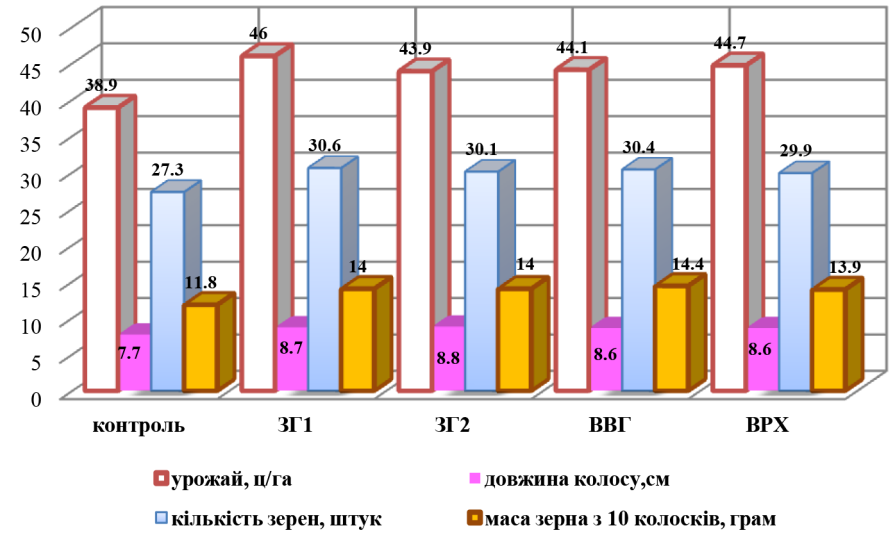


Рис. 5. Урожай та елементи його структури (середнє за сортами)

Обробіток посівів ячменю водними витяжками з органічних добрив сприяли збільшенню довжини колосу всіх сортів на величину, що перевищувала величину найменшої суттєвої різниці (рис. 6).

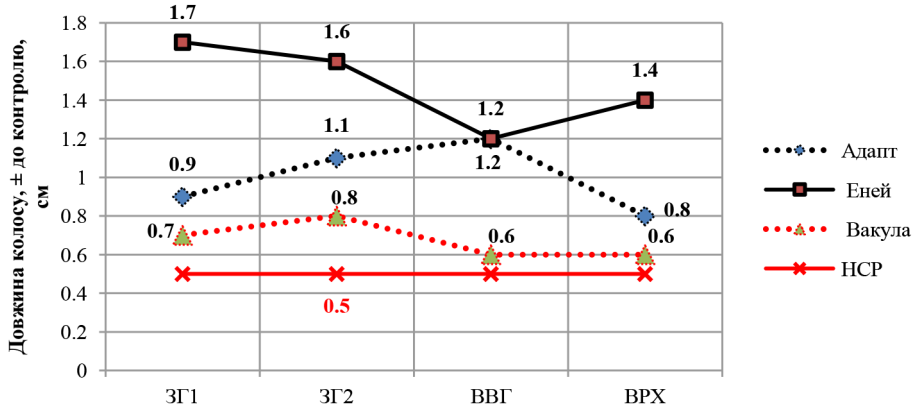


Рис. 6. Довжина колосу, відносно контрольного варіанту

Вплив препаратів на озерненість колосу був досить різноплановий за сортами (рис. 7).

Так, на сорті Адапт кількість зерен в колосі не суттєво перевищувала контрольний варіант (за виключенням водної витяжки з ВВГ); озерненість колосу сортів Еней та Вакула суттєво зростала на всіх варіантах.

Маса зерна з колосу за варіантами використання водних витяжок коливалася в інтервалах 1,23–1,30 г (Адапт); 1,20–1,40 г (Еней) та 1,56–1,73 г (Вакула). Абсолютна величина продуктивності колосу на сорті Вакула перевищує інші два сорти, але її зростання по відношенню до контрольного варіанту було максимальним на сорті Еней і складало від 27,9 % до 44,5 %, в той час як на сорті Вакула – від

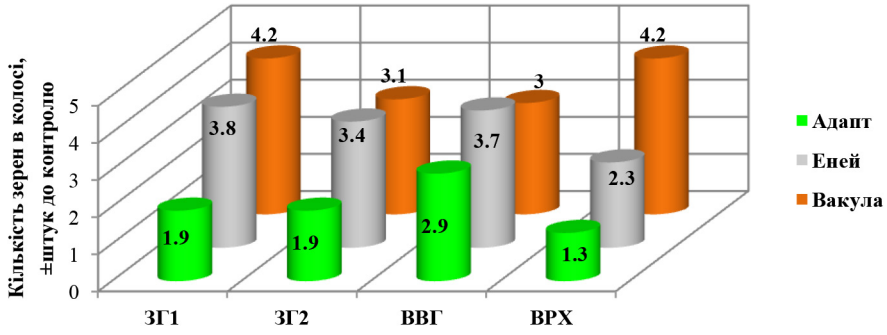


Рис. 7. Різниця в озерненості колосу за сортами та варіантами досліду

6,4 % до 16,0 %, на сорті Адапт прирости цього показника коливалися в інтервалі 10,6–15,9 % (рис. 7).

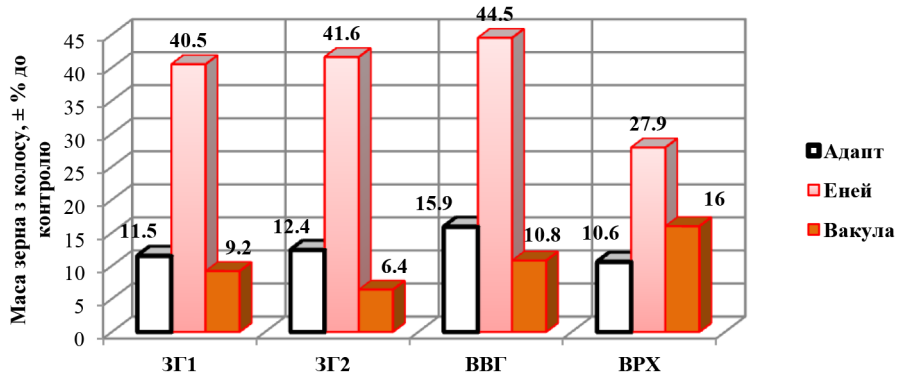


Рис. 7. Індивідуальна продуктивність колосу дослідних варіантів відносно контролю

В середньому за два роки мінливість показника індивідуальної продуктивності колосу за варіантами живлення коливалася від 23,6 % до 35,3 %, а з врахуванням сортових відмінностей: на сорті Адапт – від 7,9 % до 21,0 %, Еней – 2,9–19,7 %, Вакула – 20,7–38,6 %. В посушливий 2025 рік варіабельність цього показника коливалася в більш широкому інтервалі проти 2024 року. Аналогічні відмінності в ступені варіабельності спостерігали в параметрах довжини колосу та його озерненості. В середньому за два роки мінімальна мінливість за варіантами досліду відмічена за ознакою висоти рослин : 6,9–10,9 %.

Накопичення інформації про істотність внеску окремих ознак у формування врожаю дає змогу розробити прийоми ефективного впливу на процеси вирощування, що є особливо важливим в сучасних умовах кліматичних змін та погодних катаклізмів. Результати кореляційного аналізу вказують на наявність високої прямої залежності між рівнем урожаю та структурними елементами колосу, коефіцієнти кореляції та регресії коливалися практично в одному інтервалі: $r = 0,92–0,93$; $R = 0,92–0,97$. Передбачені за результатами регресійного аналізу величини врожайності не суттєво відрізнялися від фактичних: стандартна помилка складала від 8,3 % до 10,9 %. Кореляційний зв'язок продуктивності посіву з масою 1000 зерен в середньому за сортами мав середній ступінь ($r = 0,72$), і між дворядними

сортами коливався від 0,54 (Еней) та 0,65 (Адапт) до високого – для шестирядного сорту Вакула (r = 0,97).

Також встановлені високі позитивні коефіцієнти кореляції між урожаєм та вмістом азоту в структурних елементах рослин ячменю ярого за фазами росту та концентрацією азоту в зерні з цими ж ознаками (табл. 4).

Таблиця 4

Коефіцієнти кореляції

Вміст азоту за фазами:	Урожай	Концентрація азоту в зерні
кущення	0,86	0,97
вихід в трубку	0,70	0,90
налив зерна	0,74	0,86

Помилка прогнозованого вмісту концентрації азоту в зерні дуже невелика і дорівнювала 0,10–0,14 абсолютних відсотка, а рівняння регресії мали наступний вигляд:

$$N_{пс} = -0{,}026x^2 + 0{,}164x + 1{,}77; \quad (1)$$

$$N_{пс} = 0{,}0167x^3 - 0{,}176x^2 + 0{,}558x + 1{,}49, \quad (2)$$

де $N_{пс}$ – вміст азоту в зерні ячменю ярого, % на суху речовину; X – вміст азоту в вегетативній масі ячменю ярого у фазу кущення або виходу в трубку, % на суху речовину.

Для першого рівняння R^2 = 0,712, для другого, яке є більш точним – 0,99.

Висновки. Впродовж досліджень 2024–2025 рр. була показана можливість використання традиційного органічного добрива (перегній ВРХ), ферментованого субстрату після культивування грибів (ВВГ) та продуктів переробки органічної речовини личинками мухи *Hermetia illucens* у вигляді водних екстрактів на посівах ячменю ярого трьох сортів.

Препарати підвищували індивідуальну продуктивність колосу в залежності від сорту від 10,6 % до 44,5 %. Встановлені високі позитивні коефіцієнти кореляції між урожаєм і таким елементами структури колосу, як його довжина, кількість зерен та маса зерна r = 0,92–0,97.

Сумарна дія передпосівного обробітку та внесення по вегетації суттєво від 13,7 % до 29,6 % підвищували вміст азоту в структурних елементах рослин за фазами вегетації. Визначено, що коефіцієнти кореляції між урожаєм та вмістом азоту в вегетативній масі ячменю ярого на ранніх фаза розвитку (кущення, вихід в трубку) дорівнювали 0,86–0,70, але максимально вміст азоту у вказаних фазах впливав на його концентрацію в зерні r = 0,97–0,90.

Дія препаратів за роками не стабільна, погодні умови визначають велику варіабельність показників, але в середньому за два роки на дослідних варіантах отримали урожай зерна ячменю ярого ЗГ1 – 4,6 т/га (+18,4 %); ЗГ2 – 4,47 т/га (+15,0 %); ВВГ – 4,41 т/га (+13,5 %) та ВРХ – 4,39 т/га (+12,9 %).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Dzhus V. M., Bondarenko L. V. *Hermetia illucens* in industrial production: technologies, strategies and prospects. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. т 27. № 103. С. 113–120. doi: org/ 10.32718/nvlvet-a10313

2. Кость Н. Р., Швед О. В., Василюк С. В. Тестування можливості переробки личинками *Hermetia illucens* забруднених мікотоксинами відходів агропромислового комплексу. *Chemistry, Technology and Application of Substances*. 2024.Vol. 7. No. 1. P. 165–170. doi.org/10.23939/ctas2024.01.165

3. Молчанова О. Д., Маркіна Т. Ю., Баркар В. П., Трібунцова О.Б. Переробка відходів рослинного походження личинками мухи чорна львинка (*Hermetia illucens*). *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 3. С. 66 – 74. doi.org/10.31521/2313-092X/2021-3(111)

4. Роботи у Франції вирощуватимуть жуків для виробництва добрив URL: https://kurkul.com/news/14666-roboti-u-frantsiyi-viroschuvatimut-jukiv-dlya-virobnitstva-dobriv (дата звернення 06.01.2026 р.)

5. Іванова Т. В., Підмаркова К. А., Патика М. В. Біоконверсія органічних речовин печеричних субстратів у біогумус за допомогою біопрепарату Екстракон. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 12 (801). С. 30–34. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201912-04

6. Спосіб трансформації органічних речовин печеричних субстратів в біогумус: пат.134560 Україна: МПК (2019. 01); заявл. 21.12.18; опубл. 27.05.2019. 9 с./Т. В. Іванова, М. В. Патика, К. О. Підмаркова.

7. Ковальов М. М. Ґрунтовий спосіб утилізації відпрацьованих грибних блоків за попередньою обробкою ЕМ препаратами. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 51–59. doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.8

8. Жмур Н. В., Брусило О. О. Сучасний стан утилізації побутових відходів. Юридичний вісник. 2024. 2 (71). С. 170–178. doi.org/10.18372/2307-9061.71.18806

9. Каспшак С. О., Михайлюк О. Л. Проблеми утилізації відходів Одеської області. *Минуле, Сучасне, Майбутнє*: матеріали студ. дистанційної наук.-практ. конф.: Одеський національний економічний університет, 2024. Вип. 14. С. 68–70.

10. Утилізація, вивезення, переробка відходів в Одесі, Одеській області від «ЕКОВДМ». URL: https://ekovdm.com.ua/utilizatsiya-otkhodov-vodesskoy-oblasti (дата звернення 14.01.2026).

11. Крутякова В. І., Маркіна Т. Ю., Молчанова О. Д., Ольшевська Л. В. Вирощування мухи чорна львинка на відходах рослинного походження. «*Перспективи розвитку регіонального виробництва і застосування біологічних засобів захисту рослин від шкідників і хвороб*»: матеріали міжн. семінару (онлайн) з нагоди міжн. року здоров'я рослин, 10–11 вер. 2020 р. Одеса, 2020. С. 111–113.

12. Баркар В. П., Трібунцова О. Б. Використання відходів ентомологічного виробництва для вирощування мухи чорна львинка. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 12 (837). С. 48–53. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202212-07

13. Meneguz M., Schiavone A., Dama A., Lussiana C., Renna M., Gasco L. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. Available to http://hdl.handle.net/2318/1669138. doi.org/10.1002/jsfa.9127

14. Rehman K. U., Hollah C., Wiesotzki K., Rehman R. U., Rehman A. U., Zhang J., Zheng L., Nienaber T., Heinz V., Aganovic K. Black soldier fly, Hermetia illucens as a potential innovative and environmentally friendly tool for organic waste management: A mini-review. *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*. 2023. Vol. 41(1). 81–97. https://doi.org/10.1177/0734242X221105441

15. Salomone R., Saija G., Mondello G., Giannetto A. Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production XXX*. 2016. P. 1–16. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.154

16. Liu C., Wang C., Yao H. Comprehensive Resource Utilization of Waste Using the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens (L.)* (Diptera: Stratiomyidae). *Animals*.

2019. 9 (6). https://doi.org/10.3390/ani9060349 URL: https://www.researchgate.net/publication/333763722 (дата звернення 15.01.2026).

17. Вирощування грибів виробляє втричі більшу вагу відходів. URL: https://mushroommatter.com/uk/global-news/item/699-mushroom-cultivation-produces-three-times-its-weight-in-waste-it-s-now-being-turned-into-burgers-and-fertiliser (дата звернення 15.01.2026).

18. Ковальов М. М., Михайлова Д. Ферментація відпрацьованих грибних блоків ЕМ-препаратами для отримання компосту. Матеріали міжн. наук. інтернет-конф. «*Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика*». Тернопіль, 2019. С. 110–113.

19. Ковальов М. М, Резніченко В. П., Звєздун О. М. Отримання біокомпосту за використання ЕМ препаратів. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика*. (20 листопада 2020 р.) С. 78–80. URL: https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/a0a8fcfc-bee5-4e75-ae14-4e20b38a757c/content (дата звернення 10.01.2026).

20. Ковальов М. Розробка енергозберігаючої технології замкненого циклу виробництва при інтенсивному вирощуванні грибів. С. 372–404. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-355-2-14 URL:http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download/371/10218/21302-1?inline=1(дата звернення: 15.01.2026).

21. Голуб Г., Гайденко О. Диверсифікація виробництва: біоконверсія, енергетика та вирощування грибів. URL:https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8379-dyversyfikatsiia-vyrobnytstva-biokonversiia-enerhetyka-ta-vyroshchuvannia-hrybiv.html (дата звернення:15.01.2026).

22. Тихомирова Т. С., Шестопалов О. В., Разно М. Р., Кочетов М. С. Дослідження впливу складу компосту на його здатність покращувати якість ґрунтів. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 72–78. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.12

23. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2021. URL: https://mepr.gov.ua/ (дата звернення: 15.01.2026).

24. Бурикіна С. І., Ходорчук В. Я. Посівні якості насіння пшениці та ячменю озимих при використанні витяжок з органічних добрив. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 4 (853). С. 16–21. doi.org/10.31073/agrovisnyk202404-02

25. Сергєєв Л. А., Бурикіна С. І. Якість насіння салату посівного за передпосівної обробки витяжками з органічних добрив. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 146–150. doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.22

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

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

28. Ходорчук В. Я., Бурикіна С. І., Скрильник Є. В. Властивості біогумусу, отриманого за допомогою пупарій *HERMETIA ILLUCENS. Аграрна наука: стан та перспективи розвитку*: зб. матеріалів ІІІ Всеукраїнської наук.-практ. конф. Одеса, 2023. С. 18–21. http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4446/1/20.pdf

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 631.527:633.361
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.10

ВИЗНАЧЕННЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТІВ ЕСПАРЦЕТУ

Вінюков О. О. *– д.с.-г.н., професор,*
директор,
Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-2957-5487
Бондарева О. Б. *– к.т.н., с.н.с.,*
учений секретар,
Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-8128-8485
Ліхушин С. Є. *– м.н.с.,*
Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0009-0462-8990

У статті наведено результати досліджень щодо встановлення адаптивного потенціалу продуктивності та економічної ефективності вирощування сортів еспарцету в умовах Північного Степу України. Дослідження проводилися на сортах еспарцету Резонанс та Красень (Onobrychis vicifolia Scop.) у 2018–2023 рр. на дослідному полі ДДСДС НААН України. Розроблена методика визначення адаптивного потенціалу через величину інтегрального коефіцієнту негативної дії посухи ($І_{НДП}$) прямо пропорційної коефіцієнтам негативної дії посухи ($К_{НДП}$) стосовно кожної господарсько-цінної ознаки. Адаптивний потенціал знаходиться в кореляційних зв'язках з об'ємом кореневої системи на початкових етапах органогенезу: чим менше величина $К_{НДП}$ на об'єм кореневої системи, тим вищий адаптивний потенціал сорту. Досліди закладали в умовах з різною вологозабезпеченістю: оптимальних – в строк 15.04.2018, за дефіцит вологи – 10.08.2018. Встановлено, що у сортів Резонанс та Красень $К_{НДП}$ за всіма ознаками був нижчий, а їх адаптивний потенціал вищий за контроль (сорт Аметист донецький). Визначено, що за весняного строку сівби об'єм кореневої системи сорту Резонанс перевищував на 0,73 см^3 сорт Красень, за сівби влітку – на 0,70 см^3. $К_{НДП}$ за ознакою виживання сходів для сорту Резонанс склав 1,54, для сорту Красень – 1,57. За отриманими даними сорт Резонанс перевищує за пластичністю та стійкістю до критичних умов вегетації порівняно з сортом Красень. Урожайність нових сортів перевищували контроль. За строк сівби 15.04 сорт Резонанс дав прибавку врожаю насіння 0,09 т/га до контролю, сорт Красень –0,06 т/га. За строк сівби 10.08 прибавки врожайності були 0,12 т/га та 0,08 т/га відповідно. За строк сівби 15.04 сорт Резонанс дав прибавку врожаю зеленої маси 2,93 т/га до контролю, сорт Красень – 0,78 т/га. За строк сівби 10.08 прибавки врожайності були 2,58 т/га та 0,66 т/га відповідно. Найбільший економічний ефект при виробництві продукції забезпечував строк сівби 15 квітня: рівень рентабельності зеленої маси коливався від 378,9 % до 425,8 %, насіння – від 356,4 % до 392,0 %. Слід зазначити, що сівба культури у літні строки дозволяє товаровиробникам не втрачати рік на вирощування еспарцету без отримання прибутку. Добори вихідного матеріалу еспарцету за новими критеріями дозволили скоротити терміни створення нових адаптивних сортів.

Ключові слова: *еспарцет, сорт, строк сівби, біометричні показники, коефіцієнт негативної дії посухи, урожайність, економічний ефект.*

© Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Ліхушин С. Є., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Vinyukov O. O., Bondareva O. B., Likhushyn S. Ye. Determination of the adaptive productivity potential of sainfoin varieties

The article presents the results of research on establishing the adaptive potential of productivity and economic efficiency of growing sainfoin varieties in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. The research was conducted on sainfoin varieties Resonance and Krasen (Onobrychis vicifolia Scop.) in 2018–2023 at the experimental field of the DSARS NAAS of Ukraine. A methodology has been developed for determining adaptive potential through the value of the integral coefficient of negative drought action (I_{NED}) directly proportional to the coefficients of negative drought action (K_{NED}) for each economically valuable trait. Adaptive potential is correlated with the volume of the root system at the initial stages of organogenesis: the smaller the value of K_{NED} per volume of the root system, the higher the adaptive potential of the variety. The experiments were carried out in conditions with different moisture availability: optimal – on April 15, 2018, for moisture deficiency – on August 10, 2018. It was found that the Resonance and Krasen varieties had lower K_{NED} in all respects, and their adaptive potential was higher than the control (Amethyst Donetsk variety). It was determined that during the spring sowing period, the volume of the root system of the Resonance variety exceeded the Krasen variety by 0.73 cm^3, and during summer sowing – by 0.70 cm^3. CNP in terms of seedling survival for the Resonance variety was 1.54, for the Krasen variety – 1.57. According to the data obtained, the Resonance variety is superior in plasticity and resistance to critical vegetation conditions compared to the Krasen variety. The yield of the new varieties exceeded the control. During the sowing period of 15.04, the Resonance variety gave an increase in seed yield of 0.09 t/ha compared to the control, the Krasen variety – 0.06 t/ha. For the sowing date of 10.08, the yield increases were 0.12 t/ha and 0.08 t/ha, respectively. For the sowing date of 15.04, the Resonance variety gave an increase in the yield of green mass of 2.93 t/ha compared to the control, the Krasen variety – 0.78 t/ha. For the sowing date of 10.08, the yield increases were 2.58 t/ha and 0.66 t/ha, respectively. The greatest economic effect in the production of products was provided by the sowing date of April 15: the level of profitability of green mass ranged from 378.9 % to 425.8 %, seeds – from 356.4 % to 392.0 %. It should be noted that sowing the crop in the summer allows commodity producers not to lose a year on growing sainfoin without making a profit. Selection of sainfoin starting material according to new criteria allowed to reduce the time for creating new adaptive varieties.

Key words: *sainfoin, variety, sowing date, biometric indicators, coefficient of negative impact of drought, yield, economic effect.*

Постановка проблеми. В умовах недостатнього зволоження існує проблема ефективного ведення польового кормовиробництва. Еспарцет, як найменш енерговитратна та найстійкіша до несприятливих погодних умов культура, постає найбільш перспективною кормовою сировиною для повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин [1–4]. Зважаючи на значення бобових трав для кормовиробництва, одночасно із селекційною роботою важливе наукове й практичне значення мають дослідження, спрямовані на підвищення його продуктивності та економічної ефективності. Успішне вирощування культури значною мірою залежить від виявлення агробіологічних особливостей сортової реакції рослин та технологічних заходів вирощування в умовах навколишнього середовища [5–9].

Для збереження та покращення господарсько-цінних ознак цієї культури важливо вести адаптивну селекцію, спрямовану на підвищення як урожайності та якості продукції, так і стійкості до екстремальних температур повітря і ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз інформаційних джерел результатів іноземних та вітчизняних досліджень свідчить, що нові методи вдосконалення селекційного процесу сприяють підвищенню продуктивності. Ефективність цієї роботи покращується за допомогою методу прискорення селекційного процесу шляхом застосування літніх посівів свіжозібраним насінням [10, 11].

Отримати насіння еспарцету через біологічні особливості можливе тільки на другий рік життя [12]. Метод прискорення одержання насіння еспарцету базується на застосуванні літньої сівби свіжозібраним обрушеним насінням, що скорочує термін репродукції насіння [13]. В гостропосушливих умовах Степу України

необхідно мінімізувати нераціональне використання ґрунтової вологи. Сівба обрушеним насінням зменшує потребу вологи, необхідної для його проростання, на 30 %. Спільне використання регуляторів росту, мікродобрив та бактеріальних препаратів для обробки насіння підвищує енергію проростання, лабораторну і польову схожість [14].

Розроблений науковцями Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції Національної академії аграрних наук України (ДДСДС НААН) метод добору вихідного матеріалу еспарцету за адаптивним потенціалом спирається на визначення інтегрального коефіцієнту негативної дії посухи ($I_{НДП}$) на ступінь прояву господарсько-цінних ознак, який дозволяє ефективно проводити селекційний процес еспарцету. За методикою визначення адаптивного потенціалу величина $I_{НДП}$ прямо пропорційна коефіцієнтам негативної дії посухи ($K_{НДП}$) окремих ознак [15–17], насамперед об'єму кореневої системи на початкових етапах органогенезу: чим менше величина коефіцієнту негативної дії посухи об'єму кореневої системи популяції, тим вищий її адаптивний потенціал.

Постановка завдання. Застосування в селекційному процесі результатів досліджень дозволяє вже в перший рік життя з високою ефективністю проводити відбір посухостійких, високопродуктивних популяцій еспарцету, буде сприяти створенню нових адаптивних до екстремальних температур повітря і ґрунту сортів.

Строки сівби грають важливу роль у формуванні біометричних показників і, як наслідок, продуктивності культур. Особливо це помітно на ранніх етапах органогенезу еспарцету, які найбільше впливають на закладення ознак та розвиток рослин. Тому завдання дослідження спрямовані також на визначення економічно доцільних строків сівби еспарцету.

Метою досліджень було встановлення адаптивного потенціалу продуктивності та економічної ефективності вирощування сортів еспарцету в умовах Північного Степу України.

Дослідження проводилися у 2018–2023 рр. на дослідному полі ДДСДС НААН на нових сортах еспарцету виду виколистий (*Onobrychis vicifolia Scop*.) Резонанс [18] та Красень [19], контролем виступав сорт Аметист донецький [20].

Ґрунтовий покрив – чорнозем звичайний малогумусний важко суглинковий. Вміст гумусу в орному шарі становить 4,5 %. Валовий вміст основних поживних речовин: N – 0,28–0,31 %, P_2O_5 – 0,16–0,18 %, K_2O – 1,8–2,0 %. Реакція ґрунтового розчину гумусового горизонту чорнозему слабо лужна, близька до нейтральної.

Досліди закладали в умовах з різною вологозабезпеченістю: в оптимальний строк 15.04.2018 та дефіциту вологи в ґрунті – 10.08.2018. Технологія вирощування – загальноприйнята для східної частини Північного Степу. Норма висіву – 4,5 млн. схожих насінин на 1 га.

Лабораторні досліди для визначення лабораторної схожості насіння проводили згідно з ДСТУ 2140-93. Об'єм кореневої системи виміряли за методом Д. А. Сабініна та І. І. Колосова.

Облік урожаю зеленої маси проводили у фазу початок цвітіння еспарцету шляхом скошування частини площі ділянок з подальшим зважуванням.

Врожай насіння підраховували після обмолоту рослин, які залишились не зібраними після проведення обліку урожаю зеленої маси. Облікова площа кожної ділянки 0,50 га.

Основний метод досліджень – польовий, який доповнювався аналітичними дослідженнями, вимірами, підрахунками і спостереженнями відповідно до

загальноприйнятих методик [21, 22]. Статистична обробка результатів виконана із застосуванням ППП «ОСГЕ».

Виклад основного матеріалу дослідження. Перед припиненням вегетації були визначені біометричні показники (об'єм кореневої системи, % виживання сходів, кількість пагонів на одній рослині, висота рослин) та розраховані коефіцієнти негативної дії посухи за кожним показником для кожного сорту (табл. 1).

При використанні літнього способу сівби еспарцету об'єму кореневої системи сорту Резонанс був менший на 2,86 см^3 за весняний строк сівби. Несприятливі погодні умови при сівбі влітку також вплинули на відсоток виживання сходів, він був меншим на 31,25 % порівняно з весняною сівбою, проте відсоток сходів, що збереглися, у сорту Аметист донецький (контроль) був на 12,69 % меншим, що демонструє істотну перевагу сорту Резонанс.

Таблиця 1

Біометричні показники сортів еспарцету перед припиненням вегетації, 2018 р.

Ознака	Строк сівби	Сорт Аметист донецький (контроль)	Сорт Резонанс	Сорт Красень
Об'єм кореневої системи, см^3	15.04.2018	7,96	9,84	9,11
	10.08.2018	5,10	6,98	6,28
	$K_{НДП}$	**1,56**	**1,41**	**1,45**
Виживання сходів, %	15.04.2018	71,17	89,14	84,93
	10.08.2018	43,19	57,87	54,10
	$K_{НДП}$	**1,65**	**1,54**	**1,57**
Кількість пагонів на одній рослині, шт.	15.04.2018	23,68	28,16	26,84
	10.08.2018	15,46	19,15	18,14
	$K_{НДП}$	**1,53**	**1,47**	**1,48**
Висота рослин, см	15.04.2018	24,50	28,53	27,02
	10.08.2018	16,28	19,54	18,38
	$K_{НДП}$	**1,50**	**1,46**	**1,47**

Визначені коефіцієнти негативної дії посухи за ознаками для сорту Резонанс мали менше значення, ніж у сорта Аметист донецький, що свідчить про кращу здатність адаптуватися до впливу високих температур літа на розвиток рослин.

Аналогічна закономірність зміни ступеня прояву основних господарсько-цінних ознак спостерігалась і у сорту Красень. Коефіцієнти негативної дії посухи за ознаками для сорту Красень також мали менше значення, ніж у контрольного сорту.

Порівняння сортів за біометричними показниками показує, що об'єм кореневої системи Резонансу весняного строку сівби перевищив Красень на 0,73 см^3, а літнього строку сівби – на 0,70 см^3. Виживання сходів у несприятливий для рослин строк сівби (літній) було вищим на 3,78 % у сорту Резонанс стосовно Красеня.

Однозначно, у нових сортів $K_{НДП}$ за всіма ознаками був нижчий порівняно з контрольним сортом. Це дозволяє припустити, що проведені у попередні роки добори вихідного матеріалу за новими критеріями дозволили значно покращити їх адаптивний потенціал до несприятливих погодних умов.

Встановлення адаптивного потенціалу сортів до несприятливих гідротермічних умов за роки досліджень досягали шляхом визначення інтегрального коефіцієнта негативної дії посухи ($I_{НДП}$) через прояву таких господарсько-цінних ознак як зимостійкість, насіннєву і кормову продуктивність (табл. 2).

Таблиця 2

Продуктивність нових сортів еспарцету, 2018–2023 рр.

Ознака	Строк сівби	Аметист донецький (контроль)	Резонанс	Красень
Зимостійкість, %	15.04.2018	75,36	92,16	89,98
	10.08.2018	54,24	66,30	63,82
	***К**$_{НДП}$*	**1,43**	**1, 39**	**1,41**
Урожайність насіння, т/га	15.04.2018	1,14	1,23	1,20
	10.08.2018	0,81	0,92	0,89
	***К**$_{НДП}$*	**1,38**	**1,33**	**1,35**
Урожайність зеленої маси, т/га	15.04.2018	29,93	32,86	30,71
	10.08.2018	21,76	24,34	22,42
	***К**$_{НДП}$*	**1,39**	**1,35**	**1,37**
***I**$_{НДП}$*		**1,50**	**1,42**	**1,44**

Перевагу за зимостійкістю серед сортів продемонстрував сорт Резонанс незалежно від строку сівби. Так, за весняного строку зимостійкість Резонансу була вища, чим у сорту Красень на 2,18 % і на 16,8 у сорту Аметист донецький, а за літнього – на 2,48 % і 12,06 відповідно.

За врожайністю насіння обидва нові сорти перевищили контрольний сорт еспарцету. За весняного строку сівби Резонанс дав прибавку врожаю 0,09 т/га, а Красень – 0,06 т/га, за літнього строку сівби – 0,12 т/га та 0,08 т/га відповідно.

За врожайністю зеленої маси нові сорти також перевищували контроль: Резонанс – на 2,93 т/га (сівба 15.04) та на 2,58 т/га (сівба 10.08); Красень – на 0,78 т/га (сівба 15.04) та на 0,66 т/га (сівба 10.08).

Інтегральний коефіцієнт негативної дії посухи склав для сортів Аметист донецький, Резонанс та Красень значення 1,5; 1,42 та 1,44 відповідно.

Можна зробити висновок, що нові сорти еспарцету виявились стійкими до посушливих умов вегетації Північного Степу України.

Вивчення економічної ефективності вирощування нових сортів за різних строків сівби дозволяє виділити найбільш ефективні для конкретних ґрунтово-кліматичних умов (табл. 3).

Найбільший економічний ефект при виробництві зеленої маси та насіння забезпечував весняний строк сівби 15 квітня. Собівартість 1 тони зеленої маси залежно від сорту змінювалась від 152 грн до 167 грн, а насіння – від 4065 грн до 4382 грн. Рівень рентабельності зеленої маси за цього строку сівби був від 378,9 % до 425,8 %, а насіння – від 356,4 % до 392,0 %.

Впровадження у виробництво літнього строку сівби істотно знижує економічні показники вирощування еспарцету. Проте, порівнюючи сорти між собою можна виділити Резонанс, як найбільш економічно доцільний. За умов сівби влітку цей сорт забезпечив зниження собівартості отриманої продукції і підвищення рівня

Таблиця 3

Економічна ефективність вирощування сортів еспарцету, середнє за 2018–2023 рр.

Сорт	Строк сівби	Урожайність зеленої маси, т/га	Собівартість 1 т, грн	Рентабельність, %	Урожайність насіння, т/га	Собівартість 1 т, грн	Рентабельність, %
Аметист донецький (контроль)	15.04.2018	29,93	167	378,9	1,14	4382	356,4
	10.08.2018	21,76	230	248,2	0,81	6158	224,8
Резонанс	15.04.2018	32,86	152	425,8	1,23	4065	392,0
	10.08.2018	24,34	205	289,4	0,92	5411	269,6
Красень	15.04.2018	30,71	163	391,4	1,20	4163	380,4
	10.08.2018	22,42	223	258,7	0,89	5624	255,6

рентабельності виробництва зеленої маси на 41,2 %, а насіння – на 44,8 % порівняно з контролем.

Впровадження у виробництво нових сортів еспарцету, які характеризуються більшою адаптивністю до несприятливих умов вегетації, дозволяє істотно підвищити економічну доцільність вирощування цієї культури. Сівба у літні строки робить еспарцет більш привабливим для товаровиробників, дозволяючи не втрачати рік на вирощування без отримання прибутку.

Висновки і пропозиції. Встановлено, що найкращі біометричні показники у перший рік життя були у сорту Резонанс, які забезпечили найменші коефіцієнти негативної дії посухи за окремими господарсько-цінної ознаками: інтенсивності розвитку кореневої системи на початкових етапах органогенезу – 1,41, виживання сходів у літньо-осінній період – 1,54, кількості пагонів на одній рослині та висоти рослин перед припиненням осінньої вегетації – 1,47 та 1,46. Це свідчить про кращу здатність сорту адаптуватися до дії високих температур.

Несприятливі гідротермічні умови негативно вплинули на виживання сходів. Коефіцієнт негативної дії посухи на цю ознаку для сорту Резонанс дорівнював 1,54, для сорту Красень – 1,57, то б то сорт Резонанс виявився більш стійким до посушливих умов вегетації.

За врожайністю насіння обидва нові сорти перевищували контрольний сорт Аметист донецький. Резонанс забезпечив прибавку врожаю за весняного строку сівби – 0,09 т/га, Красень – 0,06 т/га. За сівби влітку прибавки врожайності були 0,12 т/га та 0,08 т/га відповідно. Урожайність зеленої маси нових сортів також перевищувала контроль: Резонанс – на 2,93 т/га (сівба 15.04) та на 2,58 т/га (сівба 10.08); Красень – на 0,78 т/га (сівба 15.04) та на 0,66 т/га (сівба 10.08) відповідно.

Значення інтегрального коефіцієнта негативної дії посухи через прояву таких господарсько-цінних ознак як зимостійкість, насіннєву і кормову продуктивність підтвердило стійкість нових сортів еспарцету до посушливих умов вегетації Північного Степу України.

Найбільший економічний ефект при виробництві зеленої маси та насіння забезпечував строк сівби 15 квітня, проте літні строки сівби дозволяють товаровиробникам не втрачати рік без отримання прибутку.

Порівнюючи сорти між собою, можна виділити Резонанс як найбільш економічно доцільний. За умови сівби у серпні сорт еспарцету Резонанс забезпечив найбільше зниження собівартості продукції та підвищення рівня рентабельності виробництва зеленої маси на 41,2 %, а насіння – на 44,8 % порівняно з контролем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Барабаш М. Б., Корж Т. В. Кліматична посушливість на території України у період глобального потепління. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ : ВГЛ «Обрії», 2008. Т. 14. С. 250 – 256.
2. Гладкий М. Ф., Корнилов А. А., Яценко Я. Л. Эспарцет: монография / под ред. А. А. Корнилова. М. : Колос, 1971. 128 с.
3. Петриченко В. Ф., Квітко Г. П., Царенко М. К. Наукові основи інтенсифікації польового кормовиробництва в Україні. Вінниця: ФОП Данилюк В. Г., 2008. 240 с.
4. Маткевич В. Т., Резніченко В. П., Нікіфоров Д. О. Продуктивність і якість кормових культур залежно від умов вирощування в Північному Степу України. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 32–35.
5. Гавриш С. Л. Ефективність інокуляції обрушеного насіння еспарцету. *Вісник Сумського НАУ. Сер. Агрономія і біологія*. 2016. Вип. 2 (31). С. 120–124.
6. Гавриш С. Л. Ефективність біологічного захисту і стимуляції обрушеного насіння еспарцету. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер. Агрономія*. 2017. № 21. С. 166–174.
7. Гавриш С. Л., Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Чугрій Г. А. Вплив припосівного внесення гранульованого біогумусу на продуктивність еспарцету в літніх посівах. *Зернові культури*. 2018. Т. 2, № 1. С. 74–81. DOI: 10.31867/2523-4544/0010 (дата звернення: 19.01.2026).
8. Коваленко В. П. Особливості формування врожаю еспарцету посівного залежно від дії агротехнічних факторів. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 94. С. 32–37.
9. Черенков А. В., Краснєнков С. В., Тарасенко О. А. та ін. Технології вирощування кормових культур. *Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України*. Київ: Аграрна наука, 2004. С. 360–366.
10. Гавриш С. Л., Бондарева О. Б. Метод добору популяцій еспарцету з високим адаптивним потенціалом в посушливих умовах Степу України. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: зб. мат. VII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів, 19 квітня 2019 р. Миронівка : Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла, 2019. С. 31.
11. Гавриш С. Л., Вінюков О. О., Бондарева О. Б. Застосування нових критеріїв добору селекційного матеріалу еспарцету. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 104–109. DOI:10.32848/agrar.innov.2022.16.16 (дата звернення: 19.01.2026).
12. Тарасенко О. А. Ріст і розвиток рослин еспарцету в перший рік життя. *Корми і кормовиробництво*. 2003. № 51. С. 161–162.
13. Гавриш С. Л., Ващенко В. В. Строки літньої сівби еспарцету в умовах високих температур повітря та ґрунту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2016. Вип. 89. С. 176–185.
14. Гавриш С. Л. Ефективність біологічного захисту і стимуляції обрушеного насіння еспарцету. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер. Агрономія*. 2017. № 21. С. 166–174.
15. Bondareva O., Havrysh S., Vinyukov O., Likhushyn S. Method for selecting sainfoin biotypes. *Scientific Collection «InterConf+»*. 2024. 46(205). 454–464. DOI: 10.51582/interconf.19-20.06.2024.042 (дата звернення: 19.01.2026).
16. Гавриш С. Л., Вінюков О. О., Бондарева О. Б. Принцип добору біотипів за інтенсивністю росту кореневої системи в ювенільний період розвитку рослин еспарцету. *Грааль науки*. 2021. № 8. С. 145–148.

17. DOI: 10.36074/grail-of-science.24.09.2021.28 (дата звернення: 19.01.2026).
18. Спосіб вирощування рослин еспарцету для визначення інтенсивності розвитку кореневої системи: пат. 147945 Україна: МПК A01G 9/00, A01 H 1/04. заявл. 06.01.2021 р.; опубл. 23.06.2021 р., Бюл. № 25.
19. Гавриш С. Л., Вінюков О. О., Бондарева О. Б. Оцінювання еспарцету (*Onobrychis*) в розсаднику вихідного матеріалу за новими критеріями добору на початкових етапах органогенезу. *Зернові культури*. 2022. Т. 6. № 2. С. 61–68. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0233
20. Еспарцет Резонанс: пат. 170305 Україна: № 15234001; заявл. 18.11.2015; опубл. 03.10.2017, Бюл. № 2.
21. Еспарцет Красень: пат. 220343 Україна: № 21234001; заявл. 06.01.2021; опубл. 14.03.2022 р. Бюл. № 1.
22. Еспарцет Аметист донецький: пат. 08365 Україна: № 99050001; заявл. 11.03.2004; опубл. 01.07.2008, Бюл. № 1.
23. Методика проведення дослідів по кормовиробництву / за ред. А. О. Бабича. Вінниця, 1994. 96 с.
24. Бабич А. О., Кулик М. Ф., Макаренко П. С. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин. Київ: Аграрна наука, 1998. 78 с.

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 630*26:551.583
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.11

PECULARITIES OF FUNCTIONING OF FIELD SHELTERBELTS IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEP

Viter N. G. *– Doctor of Philosophy in Agronomy,*
Senior Lecturer at the Department of Ecology and Environmental Protection,
Vinnytsia National Agrarian University
orcid.org/0000-0003-1436-9055

In today's conditions, one of the most pressing problems in the agricultural sector, which occupies 70 % of Ukraine's territory and determines its agricultural potential, is the stability and increased sustainability of agroecosystems. The creation and restoration of a system of field-protecting forest plantations is one of the most radical ways to maintain the sustainability of agroecosystems and increase their buffering capacity through the partial restoration of forest biogeocenoses, which are an integral part of natural landscapes. In order to determine the species composition of field shelter belts, it is necessary to conduct a comparative analysis of the phytocenotic structure and diversity of plantings, as well as to identify the main features of the formation of forest biocenosis in field shelter belts that ensure their biological stability.

Cultural biogeocenoses (field shelterbelts) are characterised by uniform spatial distribution and have four main layers in their vertical structure: the canopy layer, the shrub layer (undergrowth), the herb layer, and the ground layer (mosses and lichens). The horizontal structure of the biocenosis (mosaic) includes transitional zones from one phytocenosis to another, i.e. ecotones. In the vertical structure of the biogeocenosis of forest shelter belts, the greatest attention is paid to the study of the living above-ground cover of the herbaceous layer. The canopy layer of field-protecting forest belts, expressed by the composition of the stand, is determined by the forest culture project and, along with age, is decisive in the selection of sites in massive stands.

The stability and durability of field shelterbelts in agricultural landscapes with a mosaic horizontal structure is determined by the formation of forest biocenosis and enables succession processes and the formation of ecological niches. Therefore, a systematic approach and long-term observation are necessary to study the biocenosis of field protective forest strips (forest areas). The boundaries of the territory of the biocenosis of field shelterbelts are determined by an artificially formed tree layer of the phytocenosis.

Key words: *field shelter belts, biogeocenosis, biodiversity, functioning, stability, climate change.*

Вітер Н. Г.Особливості функціонування полезахисних лісостїмуг в умовах зміни клімату Лісостепу Правобережного

У сучасних умовах однією з найактуальніших проблем в аграрному секторі, який займає 70 % території України та визначає її сільськогосподарський потенціал, є стабільність та підвищення стійкості агроекосистем. Створення та відновлення системи полезахисних лісових насаджень є одним із найрадикальніших способів підтримки стійкості агроекосистем та підвищення їх буферної здатності шляхом часткового відновлення лісових біогеоценозів, які є невід'ємною частиною природних ландшафтів. Для визначення видового складу полезахисних смуг необхідно провести порівняльний аналіз фітоценотичної структури та різноманітності насаджень, а також виявити основні особливості формування лісового біоценозу в полезахисних смугах, що забезпечують їх біологічну стійкість.

Культурні біогеоценози (польові захисні смуги) характеризуються рівномірним просторовим розподілом і мають у своїй вертикальній структурі чотири основні яруси: ярус пологу, чагарниковий ярус (підлісок), трав'янистий ярус і наземний ярус (мохи та лишайники). Горизонтальна структура біоценозу (мозаїка) включає перехідні зони від

© Viter N. G., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

одного фітоценозу до іншого, тобто екотони. У вертикальній структурі біогеоценозу лісових захисних смуг найбільша увага приділяється вивченню живого надземного покриву трав'янистого ярусу. Ярус пологу полезахисних лісових смуг, виражений складом деревостану, визначається проектом лісової культури і, поряд з віком, є визначальним при виборі місць у масивних насадженнях.

Стабільність та довговічність польових захисних смуг у сільськогосподарських ландшафтах з мозаїчною горизонтальною структурою визначається формуванням лісового біоценозу та уможливлює процеси сукцесії та формування екологічних ніш. Тому для вивчення біоценозу польових захисних лісових смуг (лісових ділянок) необхідний системний підхід та тривалі спостереження. Межі території біоценозу польових захисних смуг визначаються штучно сформованим деревним ярусом фітоценозу.

Ключові слова: *полезахисні лісосмуги, біогеоценоз, біорізноманіття, функціонування, стійкість, зміна клімату.*

Formulation of the problem. Interest in determining the biological functions of field shelterbelts is associated not only with the deterioration of their general condition in Ukraine over the past 15–20 years, but also with the aggravation of the problem of biodiversity loss. Having outlined the biological features of the functioning of field shelterbelts as a forest biogeocenosis, it is possible to determine the signs of its stability. Having considered the vertical structure of the phytocenosis of field shelterbelts – woody, understory, herbaceous and underground tiers, it is possible to analyze changes in the conditions of existence of the number of biota under climate change.

Analysis of recent research. The ideas of biocenology are laid down in the works of V. V. Dokuchaev, who proved the need to study all natural factors (soil, climate, moisture, organisms), which are comprehensive and mutually dependent. Biocenology and the doctrine of phytocenosis are the basis of one of the directions of science about forest types – biogeophytocenotic, the founder of which is V. M. Sukachev. In particular, his biogeocenotic approach considered the type of forest belts from the position of the systemic approach – the unity of the forest (biocenosis – the totality of phytocenosis and zoocenosis) and the environment (ecotype) [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Artificially created phytocenoses are called cultural phytocenoses, in particular, forest shelterbelts are called stripocenoses, and the process of creating cultures of phytocenoses is called cultural anthropogenic successions. V. M. Sukachev in his scientific ideas gave impetus to the study of agrophytocenoses. Cultural biogeocenoses (forest shelterbelts) are characterized by uniformity of spatial distribution and in the vertical structure include 4 main tiers: crown tier, shrub tier (understory), grass tier, ground tier (mosses and lichens). In the horizontal structure of the biocenose (mosaicity) there are transitional strips from one phytocenose to another, i.e. ecotones) [2].

Forest ameliorator-topologist Professor V. D. Vorobyov (1952) highly appreciated the importance of typology for field shelterbelt afforestation work, since it opens up the opportunity to differentiate silvicultural techniques in accordance with the forest-vegetation conditions of the Forest-Steppe [2, 5]. The prolongation of natural forest types for steppes in accordance with Alekseev's typological grid, practiced by G. M. Vysotskyi, is an example of using the method of comparative ecology. The success of the growth of artificial forest-steppe plantations is determined by the successful selection of tree and shrub species, which can be facilitated by forest typology [3].

Therefore, an urgent task is to clarify the modern biological principles of the functioning of field shelterbelt forest agroecosystems in modern conditions of climate change.

The purpose of the study: The aim of the article is to study the species composition of forest shelterbelts, conduct a comparative analysis of the phytocenotic structure

of the diversity of stands, and determine the main features of the formation of forest biocenosis in forest shelterbelts as a means of determining their biological stability.

Problem statement. The methodological task in the study of ecosystems (biogeocenoses) of forest shelterbelts is a systemic approach, because all parts in the hierarchical structure of ecological systems, while uniting, give them new features and qualities, since the system is characterized by emergence [2]. Having considered the biological aspects of the functioning of forest shelterbelts, we identified signs of forest biogeocenosis in them. The vertical structure of the phytocenosis of forest shelterbelts – woody, understory, herbaceous and underground tiers are been studied.

Presentation of the main material. Field shelterbelts are narrow linear plantations that are characterized by stability, productivity and durability in the formation of a forest biocenosis in a certain territorially located biotope and under the conditions of the planned tree layer of the phytocenosis.Field shelterbelts are laid out in four, occasionally five rows up to 14 m wide, with two-row forest belts laid out in the middle of the fields. Forest belts are pure and mixed. Pure field shelterbelts mainly consist of one main plant species. When using slow-growing species (pine, oak), a fast-growing plant is introduced into the field shelterbelts to accelerate the functional effect. On chestnut soils, 20–30 % of shrubs are planted and alternated with trees of the main species. The distance between rows on gray forest soils is 3–4 m, and in a row – 1.5–2 m.Cultural biogeocenoses (field shelterbelts) are characterized by uniform spatial distribution and in the vertical structure include 4 main tiers: crown tier, shrub tier (understory), herb tier, ground tier (mosses and lichens). In the horizontal structure of the biocenosis (mosaicity) there are transitional strips from one phytocenosis to another, i.e. ecotones [2]. In the vertical structure of the biogeocenosis of forest shelterbelts, the greatest attention is paid to the study of the living aboveground cover of the herbaceous layer. The crown layer of field shelterbelts, expressed as an indicator of the composition of the stand, is determined by the design of forest crops and is decisive, along with age, when selecting plots in massive stands.

The aboveground cover is a vivid reflection of the changes occurring in the biogeocenosis and is an indicator of trophic conditions and moisture supply. In young and middle-aged field shelterbelts of various species composition, the process of anthropogenic succession of the cultural biocenosis from the agro-landscape to the agro-forest landscape is accompanied by qualitative changes that reflect the living aboveground cover with most of the sylvans, undergrowth, the presence of habitats for forest animals, avifauna, mushrooms, and forest litter. Accordingly, the ecosystem of field shelterbelts contains all components of the trophic chain – producers, consumers, and reducers, which ensure the circulation of substances, energy, and the development of the forest biocenosis. Evidence of favorable environmental conditions and the emergence of ecosystem relationships in field shelterbelts is the high productivity of the forest component of the forest belts.

As producers, field shelterbelts are the first link in various complex trophic chains, a center for biodiversity conservation, and therefore can serve as corridors, connecting fragmented areas of forest plantations. The works of modern scientists talk about forest biogeocenosis as a sign of a stable self-regulating plantation, therefore a forest shelterbelt can provide a complex of economic, environmental and social needs of society [22].

The biocenosis of natural forests and shelterbelts differs in species diversity at different times of the year. In summer, forests have a greater diversity of species than forest belts, and in winter – vice versa. A good example is «nomadic» birds, which fly to forest belts in large flocks to feed. In shelterbelts, there are three trophic groups of plant

producers: trees, shrubs and grasses. These are autotrophic organisms that form organic substances from inorganic substances during photosynthesis. Heterotrophs consume ready-made organic substances and are represented by herbivores (phytophages), predators (zoophages), detritophages. It is the decomposers that decompose organic substances into minerals and complete the cycle of substances. In shelterbelts, they are represented by microorganisms (bacteria, fungi), fly larvae, earthworms, beetles, microphages. In the forest shelterbelts, various types of mushrooms prevail. In the birch forest belt, there are russula, boletus, fly agaric, and milk mushrooms; in the pine forest belt, there are fly agarics and butter mushrooms; in the poplar forest belt, there are poplar rowan. This is explained by the fact that certain types of mushrooms grow under certain types of plants, forming mycorrhiza. In the forest belts, there are parasitic fungi – tinder fungi, which feed on living plants and destroy dead wood.

Field shelterbelts form a stable vegetation cover, shape the climate. They are an ecological factor that have a significant impact on the environment, and are a refuge and habitat for plants, animals, fungi, and viruses. An important feature of a natural ecosystem is species diversity, which forms populations. Species diversity is a manifestation of ecological contrast: the greater the number of species is, the more ecological niches are formed. The poorest in terms of the number of species is the poplar forest belt – 104 species. The species diversity of forest belts is closely related to the long-term vital activity of plant groups that prevail there. The younger the forest belts are, the more diverse and intensive is life in them. Populations of different species that exist in forest belts are not separated, but are interconnected by various relationships. As a result of these relationships between species that inhabit forest belts and are characterized by homogeneous living conditions, biocenoses are formed.

A sharp increase in the number of cenopopulations is observed in the ecotones of forest belts, which confirms the general ecological principle of the diversity of life on the border of the distribution of phases or environments according to V. I. Vernadskyi [1, 8]. In order to perform the functions of ecological corridors in ecological networks, it is important to assess the floristic similarity of natural nuclei and forest belts, and the process of plant migration is determined by favorable conditions for settlement [17]. The loss of shade forest stands and their division is accompanied by the spread of forest-steppe and synanthropic florocoenotypes in them. According to observations and estimates, field shelterbelts contribute to an increase in the species diversity of flora and fauna, including agroecosystems, by 18–20 %, entomofauna by 25–60 %, and zoofauna by 1–3 times [3]. Scientists have proven that forest stands up to 15 m wide in xerophytic conditions, due to the water regime, have positive growth, productivity and life cycle indicators compared to massifs. In the Forest-Steppe, the highest productivity on black soil is characteristic of poplar forest belts, and the longest life cycle is with common oak and its classic companions – maple, linden, pear [10]. Supplementing oak stands with common birch and sweet cherry increases productivity and accelerates the entry of stands into operation due to intensive current growth at a young age [3, 18–19].

Another direction in typology is edaphic (ecological), for which the expression of the gradient approach in comparative ecology is a simple graphic diagram of the Alekseev-Pogrebnyak edaphic grid, in which the horizontal axis reflects fertility, the vertical axis – soil moisture. The edaphic grid was supplemented with a climatic axis by D. I. Vorobyov [2, 5]. In the Right-bank Forest-Steppe zone, the basis of the phytocenosis of the field shelterbelts is made up of poplar, pine, birch, and hornbeam. The main species composition of the forest shelterbelts is supplemented by trees such as Siberian apple, prickly plum, and shrubs such as golden currant, and prickly rosehip [12].

The introduction of artificial coenoses of "phytocoenoses cultures" into agrolandscapes is accompanied by the changes in the composition of vascular plants that have zonal characteristics. In the Forest-Steppe, phanerophytes in the shelterbelts are mostly autochthonous, while for the plakor conditions of the Forest-Steppe, they are anthropophytes [1]. The recommended composition of species of shelterbelts for Polissya includes 16 species of tree species and shrubs (of which 75 % are autochthonous), 46 species (70 % autochthonous), and 25 species (30 % autochthonous) for the Northern Steppe [15]. Forest phytocoenoses in the Forest-Steppe include over 80 taxa, mostly introduced, among which some become adventitious, for example, the ash-leaved maple [13]. Most of the areas of forest shelterbelts in the southern steppe zone are occupied by robinia, gledicia, and ash stands. Only 8.1 % of the area is covered by oak stands [10, 14].

The approximation of the typological diversity of vascular plants in anthropocenoses to their zonal spectra is an important condition for the formation of heterogeneous agroecosystems [1]. Field shelterbelts, based on the typological diversity of vascular plants, approach to semi-natural ecosystems. Ecosystems are formed according to forest criteria with the participation of the main, accompanying and shrub species of autochthonous species [15, 16]. The introduction of introduced species (black walnut, Japanese sophora, northern oak, gledichia, robinia) into forest phytocenoses increases productivity, stability, and longevity in certain ecotypes, but the typological diversity of biota decreases [17].

Insects in field shelterbelts account for 53–75 % of biota species and their biomass exceeds the biomass of the other animal species. Insects play a dominant role in the circulation of substances, energy and information in terrestrial ecosystems. In the Forest-Steppe, against the background of a general decrease in the diversity of entomofauna in agrolandscapes by 40 % over the past decades, phytophagous life forms of dendrobionts account for about 300 species. The largest share among the perennial families that provide them with food is Fagaceae, Betulaceae, Calicaceae, Rosaceae. Many insect species are connected by trophic chains with plants belonging to several perennial families. Representatives of about 40 taxa of 8 orders of insects of the hortobiont order have been found. When approaching forest belts, their number increases by 4 times [18, 19, 20].

Forest litter, as a structural component of the forest biogeocenosis, forms trophic and topical connections of most components of forest autotrophs.Since the second half of the 20th century in artificial forest biogeocenoses of forest-steppe agrolandscapes, a significant increase in the number of individual species of avifauna (roak, magpie, gray crow, starling, great cormorant, yellow-billed martin, mallard, white-fronted goose) can be observed. Middle- and old-age forest-steppe shelterbelts are populated by new species – wolf, badger, raven, gray crow, magpie, owl, common turtledove, blackbird. Shrub-covered forest belts contributed to the appearance and settlement of warblers (gray, garden, and motley), nightingales and black-fronted magpies, and the stocking of artificial ponds led to the expansion of the ranges of piscivorous bird species (great cormorant, quack, gray heron, great and little grebes [21].

Conclusions and suggestions. The constancy and durability of field shelterbelts in agro-landscapes, which have a mosaic horizontal structure, are due to the formation of forest biocenosis and make it possible for succession processes and the formation of ecological niches to take place. Therefore, a systematic approach and long-term observation are necessary to study the biocenosis of field shelterbelts (forests). The boundaries of the biocenosis of forest shelterbelts are determined by an artificially created tree layer of the phytocenosis.

REFERENCES:

1. Краснов В. В, Шелест З. М, Давидова І. В. Фітоекологія з основами лісівництва: навч. посібн. Херсон : «Олді-плюс». 2014. С. 478.
2. Кучерявий В. П. Екологія. Львів : Вид-во «Світ», 2001. 500 с.
3. Tkachuk O., Viter N., Pankova S., Titarenko O., Yakovets L. The current environmental state of the field protective forest belts of the Forest Steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2023. Vol. 13 (2). P. 1–8.
4. Шанда Л. В. Аспекти степового лісознавства: біогеоценотичні парцели та їх періодична ектопічна система. *Ґрунтознавство*. 2006. № 3 (4). С. 84–91 http://www.ussj.cv.ua/2006_t7_3-4/Shanda.pdf (дата звернення 13.01.2026 р.).
5. Васенков Г. І., Іванюк І. Д. ю, Макарчук Я. І., Орлов О. О. Типологія лісу. навч. посіб. Житомир : Вид-во «Полісся», 2013. С. 244.
6. Лукіша В. В. Проблеми полезахисних лісосмуг у агроландшафтах України в контексті змін клімату. *Екологічні науки*. 2013. № 2 (25). С. 56–64.
7. Бурда Р. І., Трач С. Д. Антропогенні екотопи агроланшафтів та їх фітобіота. *Агроекологічний журнал*. 2004. № 1. С. 3–9.
8. Tkachuk O., Pantsyreva H., Mazur K., Chabanuk Y., Zabarna T., Pelekh L., Bronnicova L., Kozak Y., Viter N. Ecological problems of the functioning of field protective forest belts of Ukrainian Forest Steppe. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, Issue 1. P. 149–161.
9. Приходько С. А., Чіркова О. В. Ефективність функціонування лісосмуг як екологічних коридорів екомережі. *Промислова ботаніка*. 2009. Вип. 9. С. 25–31.
10. Гладун Г. Б. Значення захисних лісових насаджень для забезпечення сталого розвитку агроланшафтів. *Науковий вісник Укр ДЛТУ*. 2005. Вип. 15. С. 113–118.
11. Стадник А. П. Ландшафтно-екологічна оптимізація систем захисних лісових насаджень України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.г. наук. К. : Інст. агроекології, 2008. С. 46.
12. Лукіш В. В. Екологічні функції полезахисних лісових насаджень. *Екологічні науки*. 2013. № 1. С. 56–64.
13. Коломійчук В. П. Захисні лісосмуги як елемент екомережі степової зони України. *Екологічний вісник*. 2010. № 6. С. 55–62.
14. Фурдичко О. І., Стаднік А. П. Лісові меліорації як основний фактор стабілізації степових екосистем. *Екологія та ноосферологія*. 2008. Т. 19, № 3 (4). С. 84–91.
15. Пилипенко О. І., Юхновский В. Ю., Ведмідь М. М. Система захисту грунтів від ерозії. К. : Златояр. 2004. С. 435.
16. Юхновський В. Ю., Малюга В. М., Штофель М. О., Дударець С. М. Шляхи вирішення проблеми полезахисного лісорозведення в Україні. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2009. Вип. 7. С. 62–65
17. Шестопалов М. В. Шкідники агролісомеліоративних насаджень передгірного Криму і заходи, що обмежують шкідливість найбільш небезпечних видів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с-г. наук. 2005. С. 25.
18. Лісовий М. М., Чайка М. М., Екологічні заходи з удосконалення агроландшафтів для збереження і функціонування ентомологічного біорізноманіття в Лісостепу. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 4. С. 18–24.
19. Лісовий М. М., Чайка М. М., Ентомологічне різноманіття та його еколого-економічне значення. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 4. С. 31–37.
20. Лісовий М. М., Чайка М. М. Ентомологічне різноманіття та його еколого-економічне значення. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 4. С. 31–37.
21. Чегодаєва Н. Д., Каргін І. Ф., Астрадамов В. І. Влив полезахисних лісосмуг на водно-фізичні властивості грунту і склад населення жужелиць прилеглих полів. *Екологічні науки*. 2012. № 1. С. 25–28.

22. Чіркова О. В. Структура лісосмуг як складових елементів екологічної мережі. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. 2010. № 1 (10). С. 97–104.

23. Правила КМУ «Про затвердження Правил утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення» від 22 липня 2020 року № 650. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/650-2020-%D0%BF#Text (дата звернення 13.01. 2026 р.).

Дата першого надходження статті до видання: 14.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 631.575
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.12

АГРОБІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Галицький В. О. *– аспірант кафедри біотехнології та хімії,*
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0000-3153-4740

Соя (Glycine max (L.) Merr.) є однією з найважливіших зернобобових культур сучасного світового та вітчизняного землеробства, що відіграє ключову роль у формуванні продовольчої, кормової та білкової безпеки. В умовах глобальних кліматичних змін, що супроводжуються підвищенням температурного режиму, нерівномірним розподілом опадів та зростанням частоти посушливих періодів, особливої актуальності набуває вивчення агробіологічних аспектів вирощування сої з урахуванням регіональних ґрунтово-кліматичних особливостей.

Північно-східний Лісостеп України характеризується нестійким зволоженням, контрастними температурними умовами в період вегетації та значною мінливістю погодних факторів, що суттєво впливає на ріст, розвиток і продуктивність посівів сої. За таких умов ефективність вирощування культури значною мірою визначається поєднанням біологічних особливостей сорту та елементів технології вирощування, які забезпечують оптимізацію ростових процесів, формування симбіотичного апарату та реалізацію продуктивного потенціалу.

Метою досліджень було узагальнення та аналіз агробіологічних чинників, що визначають ріст, розвиток і формування врожаю сої в умовах Північно-східного Лісостепу України, а також обґрунтування науково обґрунтованих підходів до підвищення стабільності продуктивності культури. У роботі проаналізовано вплив температурного режиму, водного забезпечення, особливостей онтогенезу, формування листкової поверхні, симбіотичної азотфіксації та інших агробіологічних показників на продуктивність сої.

Узагальнено дані вітчизняних і зарубіжних досліджень щодо ролі агробіологічних чинників у формуванні врожаю сої та показано, що ефективність культури в умовах Північно-східного Лісостепу визначається рівнем адаптації сортів до абіотичних стресів, здатністю формувати потужний фотосинтетичний апарат і ефективний симбіотичний комплекс. Отримані результати мають практичне значення для оптимізації технологій вирощування сої та можуть бути використані у селекційній і виробничій практиці.

Ключові слова: *соя, агробіологічні аспекти, продуктивність, симбіотична азотфіксація, фотосинтетична діяльність, Північно-східний Лісостеп України.*

Halytskyi V. O. Agrobiological aspects of soybean cultivation in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine

Soy (Glycine max (L.) Merr.) is one of the most important leguminous crops in modern global and domestic agriculture, playing a key role in food, feed and protein security. In the context of global climate change, accompanied by rising temperatures, uneven distribution of precipitation and an increase in the frequency of droughts, it is particularly important to study the agrobiological aspects of soybean cultivation, taking into account regional soil and climatic characteristics.

The north-eastern forest-steppe of Ukraine is characterised by unstable moisture conditions, contrasting temperature conditions during the growing season and significant variability in weather factors, which significantly affect the growth, development and productivity of soybean crops. Under such conditions, the effectiveness of crop cultivation is largely determined by a combination of the biological characteristics of the variety and elements of cultivation technology that ensure the optimisation of growth processes, the formation of a symbiotic apparatus and the realisation of productive potential.

© Галицький В. О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The aim of the research was to summarise and analyse the agrobiological factors that determine the growth, development and formation of soybean yield in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine, as well as to substantiate scientifically sound approaches to increasing the stability of crop productivity. The paper analyses the influence of temperature regime, water supply, ontogenesis characteristics, leaf surface formation, symbiotic nitrogen fixation and other agrobiological indicators on soybean productivity.

The data of domestic and foreign studies on the role of agrobiological factors in soybean yield formation are summarised, and it is shown that the efficiency of the crop in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe is determined by the level of adaptation of varieties to abiotic stresses, the ability to form a powerful photosynthetic apparatus and an effective symbiotic complex. The results obtained are of practical importance for optimising soybean cultivation technologies and can be used in breeding and production practice.

Key words: *soybean, agrobiological aspects, productivity, symbiotic nitrogen fixation, photosynthetic activity, North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine.*

Соя належить до стратегічно важливих сільськогосподарських культур, що поєднує високу продуктивність із цінними якісними показниками зерна, зокрема значним вмістом білка та олії [1, 4]. В умовах інтенсифікації землеробства і зростаючого попиту на рослинний білок соя набуває дедалі більшого значення у структурі посівних площ України [15].

Разом із тим, культура характеризується високою чутливістю до умов зовнішнього середовища, особливо до температурного режиму та забезпеченості вологою[2]. В умовах Північно-східного Лісостепу України ці фактори мають вирішальне значення для формування врожаю, оскільки погодні умови в період вегетації сої часто є контрастними та нестабільними [14,16].

Агробіологічні аспекти вирощування сої охоплюють комплекс взаємопов'язаних процесів, серед яких особливу роль відіграють ріст і розвиток рослин, формування листкової поверхні, ефективність фотосинтезу, розвиток симбіотичного апарату та адаптація до абіотичних стресів. Їх вивчення є необхідною передумовою для підвищення продуктивності культури та стабільності її вирощування [5–6].

Наукові дослідження свідчать, що продуктивність сої значною мірою залежить від поєднання біологічних особливостей сорту та умов вирощування. Встановлено, що формування врожаю сої тісно пов'язане з інтенсивністю фотосинтетичної діяльності, тривалістю функціонування листкового апарату та ефективністю симбіотичної азотфіксації [11].

Вітчизняні та зарубіжні автори відзначають, що соя є культурою з високими вимогами до тепла, особливо у фазах цвітіння та наливу насіння. Водночас дефіцит вологи в критичні періоди онтогенезу призводить до зниження кількості бобів, маси насіння та загальної врожайності [9, 10, 12].

Дослідженнями доведено, що оптимізація густоти стояння рослин, строків сівби та забезпечення ефективної інокуляції насіння сприяють формуванню потужного симбіотичного апарату та підвищенню азотного живлення рослин [14]. Особливу увагу сучасні дослідники приділяють адаптації сої до абіотичних стресів, що є ключовим фактором стабільності врожаю в умовах змін клімату [13].

Мета досліджень обґрунтування агробіологічних аспектів вирощування сої в умовах Північно-східного Лісостепу України та визначення їх ролі у формуванні продуктивності культури.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили в умовах Північно-східного Лісостепу України у 2024–2025 роках на полях ТОВ «БІЛОПІЛЛЯ АГРОСВІТ» Сумської області. Ґрунт дослідної ділянки – типовий

середньосуглинистий чорнозем з нейтральною реакцією ґрунтового розчину, високим вмістом гумусу та сприятливими фізико-механічними характеристиками.

Кліматичні умови експериментального поля в Білопільському районі характеризуються помірно-континентальним кліматом з середньою температурою липня +19…+20 °С та річною сумою опадів приблизно 500–650 мм, що відповідає типовим умовам Північно-Східного Лісостепу України. У 2024 р. літні температури часто перевищували +27 °С, а опади випадали нерівномірно, що спричиняло водний стрес у посівах сої. Серед літа 2024 р. зафіксовано періоди спекотної погоди з температурою вдень понад +27…+30 °С. Наприклад, у липні 2024 р. у Сумській області денні температури часто перевищували +26…+31 °С, супроводжуючись мінливою хмарністю і місцевими короткочасними дощами. Це відповідає типовому літньому тепловому стресу, що впливає на фотосинтетичну активність, водний баланс рослин, інтенсивність транспірації, реакцію на вододефіцит.

Узимку 2024–2025 р. (кінець грудня – початок січня) в регіоні фіксували коливання температур близько 0…+6 °С вдень, без значних опадів у деякі дні.

Такі перепади є типовими для помірно-континентального клімату і можуть впливати на накопичення зимових запасів тепла та вологи у ґрунті перед сезоном вегетації. впливає на сою саме температура і вологість. Теплові ресурси вегетації визначають саме (рис. 1).

Рис. 1. Теплові ресурси вегетації

Літнє тепло понад +26…+30 °С у період бутонізації–цвітіння істотно підсилює транспірацію і може призводити до стресу за нестачі вологи. Цей ефект впливав на продуктивність у 2024 р., особливо без додаткового зрошення. Кількість опадів у літні місяці (червень–серпень) отримують найбільшу частину річної суми опадів, що корелює з періодом активної вегетації сої; нерівномірні опади посилюють ризики водного стресу в окремі роки, що відображається у варіації продуктивності.

Для сої в Північно-Східному Лісостепу типові коливання ГТК через нерівномірність опадів у 2024 р. посилювали водний стрес у деяких фазах розвитку рослин, тоді як 2025 р. за прогнозованого стабільнішого волого-теплового режиму сприяв кращому забезпеченню вологи в ґрунті.

У якості об’єкта дослідження використовувалися сучасні сорти сої іноземної селекції, зокрема: Ментор, Кіото, Ніагара, Аріса, Лісабон та інші. Використовували загальноприйняті методики агробіологічних досліджень, що включали

фенологічні спостереження, визначення морфометричних показників, облік листкової поверхні, аналіз формування симбіотичного апарату та оцінку продуктивності рослин. Агрометеорологічні умови оцінювали за даними метеоспостережень. Урожайність визначали за результатами облікових ділянок із подальшою статистичною обробкою даних.

Основний матеріал досліджень. Встановлено, що в умовах Північно-східного Лісостепу України агробіологічні показники сої істотно змінюються залежно від погодних умов року. Оптимальний температурний режим сприяє інтенсивному росту рослин і формуванню потужного листкового апарату, тоді як дефіцит вологи в період бутонізації–цвітіння обмежує розвиток бобів. Важливу роль у формуванні врожаю відіграє симбіотична азотфіксація, ефективність якої залежить від температури ґрунту, вологості та агротехнічних заходів. Формування розвиненої листкової поверхні забезпечує високу фотосинтетичну активність і накопичення асимілянтів, що сприяє підвищенню врожайності (табл. 1, табл. 2).

Таблиця 1

Агробіологічна характеристика ранніх і ранньостиглих сортів сої іноземної селекції

Сорт	Країна походження	Група стиглості	Тривалість вегетації, діб	Висота рослин, см	Тип росту
Ніагара	Канада	ранній	95–100	70–80	детермінантний
Кіото	Японія	ранній	90–95	65–75	детермінантний
Ментор	Франція	ранньостиглий	100–105	80–90	напівдетермінантний
Ліссабон	Німеччина	ранньостиглий	100–110	85–95	напівдетермінантний

Сорти характеризуються скороченим вегетаційним періодом, що є важливим для умов нестійкого зволоження.

Таблиця 2

Формування листкового апарату та фотосинтетичного потенціалу сортів сої

Сорт	Площа листкової поверхні, тис. м^2/га	Індекс листкової поверхні (LAI)	Тривалість активного фотосинтезу, діб
Ніагара	31,8	4,0	44–46
Кіото	29,6	3,7	42–44
Ментор	34,5	4,3	48–50
Ліссабон	35,2	4,4	49–52

Ранньостиглі сорти Ментор та Ліссабон формували більшу листкову поверхню та довший період активного фотосинтезу.

Сорти Ментор і Ліссабон відзначались інтенсивнішим розвитком симбіотичного апарату (табл. 3).

Результати досліджень свідчать, що серед ранніх і ранньостиглих сортів сої іноземної селекції найвищий рівень адаптивності до умов Північно-східного Лісостепу України продемонстрували сорти Ментор та Ліссабон, які поєднували підвищену врожайність із добре розвиненим листковим апаратом та ефективною симбіотичною азотфіксацією (табл. 4). Сорти Ніагра та Кіото характеризувалися

Таблиця 3

Показники симбіотичної азотфіксації сортів сої іноземної селекції

Сорт	Кількість бульбочок, шт./рослину	Маса бульбочок, г/рослину	Оцінка ефективності симбіозу
Ніагара	17–21	0,60	середня
Кіото	15–19	0,55	середня
Ментор	22–26	0,72	висока
Ліссабон	23–28	0,76	висока

Таблиця 4

Урожайність та адаптивність ранніх сортів сої в умовах Північно-східного Лісостепу України

Сорт	Урожайність, т/га	Вміст білка, %	Стійкість до посухи	Загальна адаптивна оцінка
Ніагара	2,7	39,2	середня	середня
Кіото	2,5	38,6	середня	середня
Ментор	3,0	40,1	висока	висока
Ліссабон	3,1	40,4	висока	дуже висока

стабільною, про те дещо нижчою продуктивністю, що дозволяє рекомендувати їх для вирощування за умов помірного водного забезпечення, або в системах інтенсивної технології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Gotfray H. C. J., Beddington J. R., Crute I. R.., Haddad L., Lawrnce D., Muir J. F., Pretty J., Robinson S., Thomas S. M., Toulmin C. Food security: The challenge of feedinbillion people. Science. 2010. № 327. P. 812–818.
2. Демиденко О. В., Величко В. А. Агрофізичні умови ґрунтоутворення чорноземів в агроценозах. Вісник аграрної науки. 2013. № 2. С. 14–19.
3. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
4. Попов С. І., Могомедов Р. Д. Вплив фонів живлення на врожайність сої. Корми і кормовиробництво. 2001. Вип. 47. С. 117–119.
5. Толкачов М. З. Використання симбіотрофного азоту при вирощуванні сої. 57с.
6. Косолап М. П., Кротінов О. П. Система землеробства No-till: навчальний посібник. Київ : К71 «Логос», 2011. 352 с
7. Удосконалена ресурсозберігаюча технологія вирощування сої в умовах центрального Лісостепу (науково-практичні рекомендації) – с. Холоднянське : ЧДСГДС «Інститут землеробства НААН», 2025. 28 с.
8. Галицький В. О., Кравченко Н. В., Гнітецький М. О. Екологічні чинники урожайності сої. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента, 18–22 листопада 2024 р., Сумський НАУ, м. Суми, 2024. с. 39–40.
9. Кравченко Н. В., Можарівська І. А., Гнітецький М. О., Галицький В. О., Швець Б. С. Реакція сортів сої на кліматичні виклики в умовах Північно- східного лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2025. Видавничий дім «Гельветика», м. Одеса. Том 33 с. 356–360. http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/issue/view/33

10. Garbach K., Milder J. C., DeClerck F. A. J., Gemmill Herren B. Examining multifunctionality for crop yield and ecosystem services in five systems of agroecological intensification. International Journal of Agricultural Sustainability. 2017. Vol. 15. Pp. 11–28. ISSN: 1473-5903

11. Gardiner M., Landis D., Gratton C., Heimpel G. Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the North-Central USA. Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America. 2009. Vol. 19. Pp. 143–54. DOI: 10.1890/07-1265.1

11. Godfray H. C. J., Beddington J. R., Crute I. R., Toulmin C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science. 2010. Vol. 327(5967). Pp. 812–818. DOI: 10.1126/science.1185383

12. Шевніков М. Я. Ефективність вирощування сої в умовах нестійкого зволоження Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 3. С. 19–23.

13. Шевніков М. Я. Соя – важливий компонент для ефективного використання біокліматичного потенціалу Лівобережної частини Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава. 2009. № 1. С. 9–12.

14. Шевніков М. Я., Міленко О. Г., Лотиш І. І. Урожайність сортів сої залежно від елементів технології вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 25–32.

15. Жолобецький Г. Соя: фаворитка чи інтриганка? *Пропозиція*. 2015. № 10. С. 50–52.

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.854.78:631.5:631.147(477.7)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.13

РОЗРОБКА РЕСУРСООЩАДНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Гамаюнова В. В. *– д.с.-г.н., професор,*
завідувач кафедри землеробства, геодезії та землеустрою,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-4151-0299
Касянов П. В. *– аспірант кафедри землеробства, геодезії та землеустрою,*
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0002-4806-804X

У статті наведено результати узагальнення сучасних наукових досліджень та практичних підходів до розроблення ресурсоощадних технологій вирощування соняшнику (Helianthus annuus L.) в умовах Південного Степу України. Проаналізовано основні тенденції розвитку виробництва олійних культур у регіоні, зокрема зростання посівних площ і стабільно високу економічну ефективність вирощування соняшнику. Визначено, що, незважаючи на складні кліматичні умови останніх років, ця культура зберігає провідні позиції в структурі посівів завдяки високій рентабельності, технологічній адаптивності та сталому попиту на продукцію переробної промисловості. Розглянуто вплив комплексу факторів – генетичного потенціалу гібридів, передпосівної обробки насіння біологічними препаратами та системи мінерального живлення – на формування продуктивності рослин. Встановлено, що використання біопрепаратів на основі азотфіксуючих і фосфатмобілізуючих мікроорганізмів сприяє підвищенню польової схожості насіння на 10–15 %, активізує розвиток кореневої системи та підвищує здатність рослин ефективно засвоювати поживні речовини. Поєднання біологічних препаратів із помірними дозами мінеральних добрив і позакореневими підживленнями забезпечує оптимальний баланс між урожайністю та екологічною безпекою. Відзначено, що у 2025 році головним лімітуючим фактором продуктивності стала тривала відсутність опадів упродовж вегетації, що призвело до істотного дефіциту ґрунтової вологи. Навіть за вирощування сучасних гібридів та впровадження ресурсозберігаючих технологій рівень вологозабезпечення був нижчим за біологічно необхідний для формування сталого врожаю. Це підтверджує необхідність поєднання добрив із вологозберігаючими елементами технології, такими як використання біостимуляторів, що підвищують адаптивність рослин до посушливих умов. Обґрунтовано, що комплексне застосування адаптованих гібридів, біопрепаратів і раціональної системи живлення є перспективним напрямом підвищення ефективності та стабільності виробництва соняшнику в умовах кліматичних змін. Такий підхід дозволяє не лише підвищити врожайність культури на 15–25 %, а й поліпшити агроекологічні показники, знизити негативний вплив на довкілля та забезпечити сталий розвиток аграрного виробництва у південних регіонах України.

Ключові слова: *соняшник, ресурсоощадні технології, гібриди, біопрепарати, стимулятори росту, система живлення, посуха, Південний Степ України.*

Hamayunova V. V., Kasianov P. V. Development of Resource-Saving Practices for Sunflower Cultivation under the Conditions of the Southern Steppe of Ukraine

The article presents the results of a synthesis of contemporary scientific research and practical approaches to developing resource-saving technologies for sunflower (Helianthus annuus L.) cultivation under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. The main trends in oilseed crop production in the region are analyzed, including the expansion of sown areas and the consistently high economic efficiency of sunflower cultivation. It is determined that, despite the challenging climatic conditions of recent years, sunflower maintains a leading

© Гамаюнова В. В., Касянов П. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

position in the cropping structure due to their high profitability, technological adaptability, and sustained demand from the processing industry. The influence of a set of factors – namely, the genetic potential of hybrids, pre-sowing seed treatment with biological preparations, and mineral nutrition systems – on plant productivity formation is examined. It was established that the use of biopreparations based on nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microorganisms increases field seed germination by 10–15 %, stimulates root system development, and enhances plants' ability to efficiently absorb nutrients. The combination of biological preparations with moderate rates of mineral fertilizers and foliar fertilization ensures an optimal balance between yield formation and environmental safety. It is noted that in 2025, the primary limiting factor for productivity was a prolonged absence of precipitation during the growing season, which resulted in a significant deficit of soil moisture. Even under the cultivation of modern hybrids and the implementation of resource-saving technologies, moisture availability remained below the biologically required level for stable yield formation. This confirms the necessity of integrating fertilization practices with moisture-conserving technological elements, such as the use of biostimulants that enhance plant adaptability to drought conditions. It is substantiated that the integrated application of adapted hybrids, biological preparations, and a rational nutrient management system is a promising direction for increasing the efficiency and stability of sunflower production under climate change. This approach not only allows for an increase in crop yield by 15–25 % but also improves agroecological indicators, reduces negative environmental impacts, and ensures sustainable agricultural development in the southern regions of Ukraine.

Key words: *sunflower, resource-saving technologies, hybrids, biological preparations, growth stimulants, nutrient management system, drought, Southern Steppe of Ukraine.*

Актуальність теми дослідження. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є однією з найбільш поширених олійних культур України, що має важливе економічне, продовольче та експортне значення. У сучасних умовах господарювання ця культура залишається стратегічною для аграрного сектору завдяки поєднанню високої врожайності, прибутковості та адаптивності до кліматичних чинників [1, 2].

Основними перевагами культури є висока рентабельність виробництва, постійний попит на насіння та олію як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Соняшник добре пристосований до умов Південного Степу України, характеризується посухостійкістю та здатністю формувати сталі врожаї навіть за обмеженого зволоження. Насіння культури має високий вміст жиру (до 52 % і більше), що забезпечує її значну технологічну цінність для переробної промисловості [3, 4].

Вирощування соняшнику сприяє ефективному використанню земельних ресурсів, оскільки рослина добре реагує на різні попередники (крім безпосередньо соняшнику), а післяжнивні рештки позитивно впливають на структуру ґрунту, збагачуючи його органічною речовиною. Таким чином, культура має не лише економічне, а й агроекологічне значення [5].

Подальший розвиток галузі пов'язаний із впровадженням інноваційних технологій, спрямованих на підвищення ефективності використання природних і матеріальних ресурсів. Одним із перспективних напрямів є застосування біопрепаратів для передпосівної обробки насіння, які сприяють покращенню стартового росту рослин, підвищують їх стійкість до абіотичних стресів і покращують засвоєння елементів живлення [6–8].

Постановка проблеми. Розробка та впровадження елементів ресурсоощадних технологій вирощування дозволяють оптимізувати витрати, стабілізувати врожайність за мінливих кліматичних умов та зменшити екологічне навантаження на агроекосистеми (рис. 1).

Розширення площ під соняшником у Південному Степу можливе завдяки створенню нових гібридів, стійких до посухи, високих температур і основних рас вовчка (*Orobanche cumana* Wallr.), а також толерантних до гербіцидів. Водночас

розвиток внутрішньої переробки, зокрема виробництва біопалива, шроту та комбікормів, сприятиме зміцненню експортного потенціалу [9, 10].

Рис. 1. Переваги впровадження ресурсозберігаючих технологій

Південний Степ України характеризується високим рівнем ризику у землеробстві внаслідок екстремально високих температур, недостатньої кількості опадів і тривалих періодів повітряної та ґрунтової посух. У 2025 році спостерігали тривалу відсутність опадів упродовж усього вегетаційного періоду, що призвело до критичного дефіциту ґрунтової вологи. Навіть за умови використання адаптованих, посухостійких гібридів і біопрепаратів рівень вологозабезпечення залишався нижчим за біологічно необхідний, унаслідок чого врожайність знизилася на 25–40 % порівняно з середньобагаторічними даними. Це підтверджує необхідність удосконалення системи живлення та передпосівної підготовки насіння для підвищення стійкості культури до стресових умов.

Попри наявні кліматичні ризики та загрози зниження врожайності, соняшник залишається однією з найбільш економічно привабливих культур аграрного сектору України. Його поширення пояснюється поєднанням кількох чинників: високим рівнем адаптивності сучасних гібридів до посушливих умов, відпрацьованими елементами технології вирощування, значним рівнем урожайності та сталим попитом на насіння і продукти його переробки. Завдяки цьому культура зберігає провідні позиції у структурі посівних площ практично в усіх природно-кліматичних зонах, особливо в умовах Південного Степу, де соняшник традиційно виступає однією з базових складових польових культур сівозмін (рис. 2, 3).

За результатами аналізу офіційних статистичних даних Державної служби статистики України, упродовж 2013–2023 років спостерігається стала тенденція до зростання площ, зайнятих під олійними культурами в Миколаївській області. Так, якщо у 2013 році посівна площа олійних становила близько 407,3 тис. га, то вже у 2018 році вона збільшилась до 438,0 тис. га, а у 2023 році досягла 476,2 тис. га, що свідчить про поступове розширення виробництва та зацікавленість аграріїв у цій групі культур.

Структурний аналіз свідчить, що соняшник посідає провідне місце серед олійних культур, забезпечуючи від 70,1 до 90,1 % загальної посівної площі. Така домінантна частка пояснюється високою рентабельністю його вирощування, сталим експортним попитом, а також наявністю розвиненої переробної інфраструктури. Крім того, збільшення площ під соняшником стимулюється економічною доцільністю у короткостроковій перспективі, оскільки культура забезпечує швидке

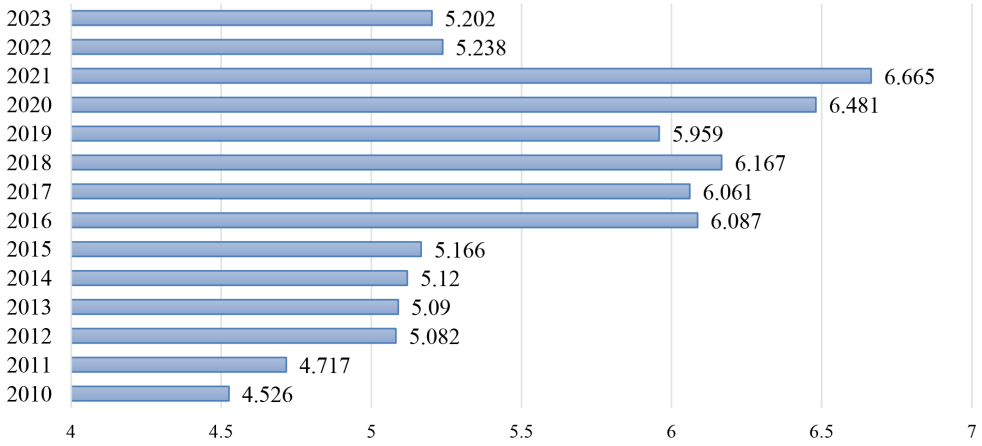


Рис. 2. Динаміка площ посівів соняшнику в Україні, млн га (Джерело: FAOSTAT, 2025)

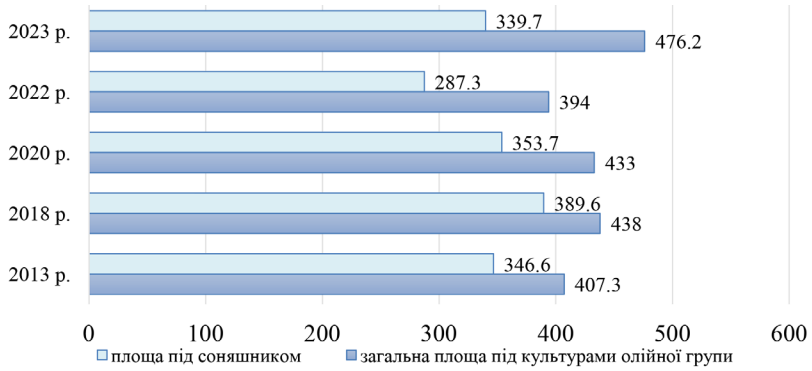


Рис. 3. Площа вирощування олійних культур та соняшнику у їх складі в Миколаївській області (за даними Держстандарту, 2023 р.), тис. га [11]

повернення інвестицій і є основним джерелом валютних надходжень у секторі рослинництва.

Разом із тим, зростання площ під соняшником потребує збалансованого підходу до впровадження ресурсоощадних технологій, спрямованих на підтримання родючості ґрунтів, раціональне використання добрив і вологи, що є особливо актуальним для посушливих умов Південного Степу України.

Добір адаптованих до умов посушливого Степу гібридів є необхідним елементом ресурсоощадних технологій. Сучасні гібриди відзначаються високим потенціалом продуктивності, жаро- та посухостійкістю, а також підвищеним вмістом жиру в насінні [13–15].

Одним із напрямів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику, є регулювання ростових процесів за допомогою спеціальних препаратів. У сучасному агровиробництві все більшого поширення набувають біологічно активні речовини природного походження, які забезпечують екологічний вплив на рослини. За даними світових розробок, до 20 % приросту врожайності польових культур отримують саме завдяки застосуванню стимуляторів росту. Їх використання є доцільним не лише з агрономічного, а й з економічного

та екологічного погляду, оскільки вони зменшують потребу у хімічних засобах захисту рослин і сприяють формуванню сталого землеробства [16, 17].

Стимулятори росту активізують фізіолого-біохімічні процеси у рослинному організмі, підвищують інтенсивність фотосинтезу, посилюють обмін речовин і регулюють формування репродуктивних органів. Найчастіше такі препарати містять фітогормони або їх синтетичні аналоги, що впливають на клітинний поділ, диференціацію тканин, розвиток кореневої системи та надземної біомаси. Їх застосування сприяє зниженню вмісту нітратів у продукції, підвищує біологічну ефективність агротехнологій, а також посилює стійкість рослин до ураження хворобами та пошкодження шкідниками.

Передпосівна обробка насіння стимуляторами росту є одним із найефективніших елементів технології вирощування соняшнику. Вона знижує токсичний вплив протруйників, не зменшуючи їхнього захисного ефекту, активізує розвиток кореневої системи та початковий ріст рослин. Крім того, такі препарати стимулюють діяльність корисних мікроорганізмів у ризосфері, що сприяє утворенню гумусових сполук і покращує структуру ґрунту [18, 19].

Результати багаторічних досліджень свідчать, що використання стимуляторів росту підвищує врожайність польових культур на 10–15 %, покращує посівні якості насіння (зокрема енергію проростання та схожість), а також сприяє формуванню більш стійких і продуктивних посівів [20, 21].

Аналіз сучасних досліджень показує, що соняшник добре реагує на застосування мінеральних добрив, особливо за умов достатнього вологозабезпечення. Їх внесення сприяє формуванню потужного фотосинтетичного апарату, підвищує врожайність і якість насіння.

За даними В.М. Тоцького та ін. [23], у дослідженнях, проведених у Лівобережному Лісостепу України, найвищий приріст урожаю трьох гібридів соняшнику та умовний збір олії з одиниці площі визначено за внесення $N_{32}P_{32}K_{32}$ у поєднанні з позакореневим підживленням карбамідом (10 кг/га у фазу 5–6 пар листків). Вищу олійність насіння забезпечили варіанти з використанням амофосу ($N_{12}P_{52}$), що засвідчує важливість фосфорного живлення для формування якісного врожаю.

В іншому польовому експерименті, проведеному в аналогічних ґрунтово-кліматичних умовах, встановлено, що найвищу врожайність гібридів високоолеїнового соняшнику забезпечувало застосування повного мінерального добрива у дозі $N_{94}P_{48}K_{48}$. Саме за цієї схеми живлення автор спостерігав інтенсивне формування генеративних органів, збільшення кількості насіння в кошику та його маси. Водночас найвищий вміст жиру в насінні забезпечило внесення добрив у дозі $N_{80}P_{80}K_{80}$, що свідчить про оптимальне співвідношення елементів живлення для забезпечення як кількісних, так і якісних складових урожаю. Автор зазначає, що збільшення дози азоту з N_{80} до N_{94} призводило до зниження олійності насіння приблизно на 1,3 %. Така тенденція пояснюється тим, що підвищене азотне живлення стимулює вегетативний ріст рослин, активізує синтез білків і хлорофілу, але водночас зменшує відносний вміст жирних кислот у сім'янках. Отже, для отримання врожаю з високою якістю олії доцільно обмежувати надмірне азотне навантаження, оптимізуючи баланс між елементами живлення [24].

Вагомим чинником формування врожайності є генетичний потенціал гібридів соняшнику. Здатність рослин засвоювати елементи живлення значною мірою залежить від морфологічних особливостей їхньої кореневої системи. Встановлено, що в умовах нестачі ґрунтової вологи соняшник формує потужніші стрижневі корені, які заглиблюються в більш глибокі шари ґрунту, тоді як розвиток бічних коренів

у верхньому шарі зменшується. Це, у свою чергу, обмежує доступ рослин до поживних речовин, зокрема зони внесення припосівного добрива [25].

В окремих дослідженнях, проведених у зоні Степу України, встановлено, що застосування мінеральних добрив не завжди забезпечує достовірне підвищення врожайності та рентабельності вирощування соняшнику [26]. Основними чинниками, які обмежували ефективність удобрення, були дефіцит вологи в роки проведення експериментів, а також поширення грибних хвороб – передусім білої та сірої гнилей. На думку дослідників, нестача ґрунтової вологи призводить до зниження рухомості елементів живлення у ґрунтовому розчині, внаслідок чого зменшується інтенсивність їх засвоєння кореневою системою рослин [27].

Крім того, недостатня ефективність використання мінеральних добрив у посушливі роки пов'язана з тим, що гранульовані їх форми слабко розчиняються у пересушеному верхньому шарі ґрунту, що обмежує доступність елементів живлення для рослин. Як зазначають інші автори [28], ефективність гранульованих добрив істотно зростає лише за умов середнього рівня зволоження (урожайність 2–3 т/га) та їх локального внесення у припосівну зону.

Раціональна система живлення з урахуванням макро- та мікроелементного складу ґрунту є важливим елементом ресурсоощадних технологій. Комбіноване внесення NPK у збалансованих нормах, а також поєднання з мікродобривами забезпечує синергетичний ефект: підвищується врожайність насіння, маса 1000 насінин і вміст у ньому жиру [29, 30]. Водночас надлишкове азотне живлення збільшує вегетативну масу та вміст білка в насінні, але знижує вміст жиру, тому важливою є оптимізація доз добрив.

Комплексне поєднання адаптованих гібридів соняшнику, біологічних препаратів і збалансованої системи живлення забезпечує не лише підвищення рівня продуктивності культури, але й покращення агроекологічних показників, зменшення антропогенного навантаження на довкілля та підвищення ефективності використання матеріальних і природних ресурсів. Застосування ресурсоощадних технологій розглядається як один з важливих напрямів підвищення ефективності виробництва соняшнику в умовах сучасного землеробства за кліматичних змін.

Результати аналізу літературних джерел свідчать, що ефективність удобрення соняшнику в південних регіонах України значною мірою залежить від гідротермічного режиму періоду вегетації. У посушливі роки навіть оптимальні норми мінерального живлення не здатні повністю компенсувати дефіцит вологи, тому доцільним є поєднання мінеральних добрив із вологозберігаючими елементами технології та застосуванням біологічних препаратів для передпосівної обробки насіння, які стимулюють розвиток кореневої системи і підвищують стійкість рослин до абіотичних стресів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Соняшник залишається стратегічною, високорентабельною та екологічно стійкою культурою, здатною забезпечувати сталий розвиток аграрного виробництва Південного Степу України. Для підвищення його продуктивності доцільним є впровадження ресурсоощадних технологій, що передбачають добір адаптованих гібридів, біологізовані елементи технології, зокрема передпосівної обробки насіння та раціональну систему живлення. Комплексне застосування зазначених заходів забезпечує приріст урожайності на 15–25 % без істотного збільшення витрат ресурсів. Подальші дослідження варто спрямувати на оцінку довготривалої ефективності біопрепаратів і їхнього впливу на родючість ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. Таврійський науковий вісник. № 131. 2023. С. 196–204. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.25
2. Тимчук Д., Харченко Л. Генетичне різноманіття основних олійних культур України за жирнокислотним складом олії. *Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions*. 2020. pp. 352–372. DOI: 10.30525/978-9934-26-025-4-17
3. Одинець С. І. Вплив варіювання кліматичних факторів на показники продуктивності гібридів соняшника. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2025. № 38. С. 48–58. DOI: 10.36710/ІОС-2025-38-05
4. Ткаліч І. Д., Гирка А. Д., Бочевар О. В., Ткаліч, Ю. І. Агротехнічні заходи підвищення урожайності насіння соняшника в умовах степу України. *Зернові культури*. 2018. Вип. 2. № 1. С. 44–52.
5. Мельник А. В., Троценко В. І., Говорун С. О. Вплив попередників та мінеральних добрив на якість насіння соняшнику в умовах північно-східного лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. № 11. 2013. С. 124–127.
6. Шакалій С. М., Кулик Є. І. Вплив способів обробки біостимуляторами на посівні якості насіння соняшника. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 343–351. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.40
7. Hadzalo Y. M., Vozhehova R. A., Likar Y. O. Ефективність впливу біопрепаратів на елементи продуктивності та якість гібридів соняшнику. *Scientific & Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*. 2025. № 38.
8. Гамаюнова В. В., Павлов В. О. Роль біодеструкторів, передпосівної обробки насіння та оптимізації мінерального живлення у формуванні врожайності соняшника. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 29–34. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.5
9. Соняшник: екологічні шляхи оптимізації його живлення : монографія / Є. О. Домарацький, А. В. Добровольський, В. В. Базалій, В. І. Пічура, Домарацький О. О. Херсон : Олді-плюс, 2020. 160 с.
10. Тимчишин О., Рудавська Н. Соняшник: сучасний стан виробництвата вимоги до умов вирощування. *Агронаука і практика*. 2022. № 1(2). С. 14–18. https://doi.org/10.32636/agroscience.2022-1-2-2
11. Hamayunova V., Khonenko L., Baklanova T. Diversification of oil crops in the Southern steppe of Ukraine: adaptation to climate changes and environmental conditions. *Technology Audit and Production Reserves*. 2025. Vol. 1(3(81). P. 69–74. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.323953
12. Жила П. А., Назаренко М. М. Особливості формування продуктивності сучасних гібридів соняшнику у зоні нестійкого зволоження. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 47–51. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.8
13. Nedealcov M., Duca, M., Dencicov, L. Sunflower's productivity in the context of climatic changes on Republic of Moldova's territory. *Helia*. 2017. Vol. 40. P. 115–132.
14. Sydiakina O., Ivaniv M. Sunflower hybrids productivity depending on the rates of mineral fertilizers in the south of Ukraine. *Helia*. 2023. Vol. 46(79). P. 245–259.
15. Ткаченко І. І., Швиденко М. В., Будьоний В. Ю. Урожайність сучасних гібридів соняшника в умовах нестабільного зволоження. *ЖУРНАЛ «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. 2024. Вип. 1. С. 23–33.
16. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. Львів: НВФ «Українські технології». 2020. 806 с.
17. Баган А. В., Юрченко С. О., Шакалій С. М. Формування посівних якостей насіння зернобобових культур залежно від стимулятора росту Foliar Concentrate. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 3–9. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.1

18. Шакалій С. М. Вплив бактеріальних препаратів та мікродобрива на посівні якості насіння соняшнику. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. Випуск 24. Харків. 2018. С. 127–135.

19. Буряк Ю. І., Бондаренко Л. В., Чернобаб О. В., Огурцов Ю. Є. Прискорене розмноження насіння нових сортів ярих зернових культур за допомогою сучасних регуляторів росту. *Вісник ХНАУ*. Харків, 2011. № 6. С. 139–152.

20. Маренич М. М., Юрченко С. О. Посівні властивості насіння сільськогосподарських культур залежно від застосування стимуляторів росту. *Вісник Полтавської ДАА*. 2016. № 1–2. С. 18–21.

21. Домарацький Є. О. Формування листової поверхні та фотосинтетична діяльність рослин соняшника залежно від добрив і рістрегулюючих препаратів. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 22–29. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.4

22. Кутіщева Н. М., Шугурова Н. О., Одинець С. І. Комплексний підхід до сучасних аспектів в селекції соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 30. С. 34–42.

23. Totskyi V., Hanhur V., Poliakova I. Yield and quality of seed of sunflower hybrids (*Helianthus annuus L.*) depending on the fertilizer system. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Vol. 27 (3), 5–11. DOI: https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.01

24. Hanhur V. V. Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. Vol. 1. P. 116–121. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.13

25. Loose L. H., Heldwein A. B., Silva J. R., Leonardi M., Bortoluzzi M. P., Lucas D. D. P. Sunflower root growth and distribution under varied water regimes in two edaphoclimatic conditions. Acta Scientiarum. *Agronomy*. 2024. Vol. 6 (1). P. e65692. DOI: https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.6569233

26. Nikitenko O. V., Polyakov O. I., Makhova T. V. Influence of methods of main tillage on growth, development and productivity of sunflower in the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*. 2023. Vol. 34. P. 84–96. DOI: https://doi.org/10.36710/ioc-2023-34-08

27. Ткачук О. П., Бондарук Н. В. Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. *Аграрні інновації*. 2023. No 18. С. 120–127. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.17

28. Jenaru F. M., Viorel I. Effects of different complex fertilizers and their application methods at sunflower. Scientific Papers. Series A. *Agronomy*. 2024. Vol. 67 (2). P. 263–268.

29. Crista F., Radulov I., Imbrea F., Manea D.N., Boldea M., Gergen I., Ienciu A. A., Bănățean Dunea I. The Study of the Impact of Complex Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Sunflower Seeds (*Helianthus annuus* L.) by Principal Component Analysis. *Agronomy*. 2023. Vol. 13(8). P. 2074. DOI: 10.3390/agronomy13082074

30. Kumar S., Mohapatra T. Interaction Between Macro- and Micro-Nutrients in Plants. *Front. Plant Sci*. 2021. Vol. 12. p. 665.

Дата першого надходження статті до видання: 09.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 632.938.1.
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.14

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ МІЛДЬЮ (*PLASMOPARA VITICOLA*) ТА ПОЛЬОВА СТІЙКІСТЬ СТОЛОВИХ СОРТІВ ВИНОГРАДУ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Гентош Д. Т. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри фітопатології імені академіка В. Ф. Пересипкіна,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0001-8647-7843
Гармаш С. П. *– аспірантка*
кафедри фітопатології імені академіка В. Ф. Пересипкіна,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-1174-9773

В умовах кліматичних змін Південного Степу України, що характеризуються зростанням активних температур та нестабільністю зволоження, спостерігається трансформація патогенного комплексу винограду. Мілдью (Plasmopara viticola) залишається найбільш деструктивною хворобою для столових сортів, здатною в епіфітотійні роки знищувати до 100 % врожаю. Особливості розвитку збудника Plasmopara viticola висвітлено на основі багаторічних даних. Експериментальна робота виконано на базі виробничих насаджень в Одеській області з використанням маршрутних фітосанітарних обстежень, візуальної діагностики за 9-бальною шкалою та методів математичної статистики. На основі аналізу метеорологічних даних встановлено визначальну роль гідротермічного режиму весняного періоду у формуванні епіфітотій. Доведено, що поєднання раннього накопичення суми активних температур із надмірною кількістю опадів провокує агресивний розвиток хвороби, тоді як посушливі умови призводять до стримування розвитку патогену. Експериментально підтверджено високу достовірність методики короткострокового прогнозування за правилом «трьох десяток», що дозволяє оптимізувати строки проведення перших фунгіцидних обробок. За результатами моніторингу проведено групування комерційних сортів винограду за рівнем польової стійкості. Виявлено, що сорти раннього терміну дозрівання (Black Magic, Regal Seedless, Viktorya) проявляють фенологічну толерантність, уникаючи інфекційного навантаження. Сорти пізньої групи дозрівання (Red Globe, Crimson Seedless, Muscat Hamburg) внаслідок тривалої вегетації та кумулятивного накопичення інфекції Отримані результати обґрунтовують необхідність диференційованого підходу до захисту насаджень залежно від сортових особливостей та поточних погодних умов. Впровадження методу прогнозування на основі аналізу погодних умов дозволяє оптимізувати строки проведення захисних заходів, що сприяє зменшенню пестицидного навантаження на агроценоз.

Ключові слова: *столовий виноград, мілдью, епіфітотія, стійкість сортів, кліматичні зміни, фітосанітарний моніторинг.*

Gentosh D. T., Harmash S. P. Features of downy mildew (Plasmopara viticola) development and field resistance of table grape cultivars under the conditions of Southern Ukraine

Under the conditions of climate change in the Southern Steppe of Ukraine, characterized by an increase in active temperatures and unstable moisture availability, a transformation of the grapevine pathogen complex is observed. Downy mildew (Plasmopara viticola) remains the most destructive disease for table grape varieties, capable of destroying up to 100 % of the yield in epiphytotic years. The characteristics of the development of the pathogen Plasmopara viticola are presented based on long-term data. The experimental work was conducted in commercial vineyards in Odesa Region using route-based phytosanitary surveys, visual diagnostics according

© Гентош Д. Т., Гармаш С. П., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

to a 9-point scale, and methods of mathematical statistics. Analysis of meteorological data revealed the decisive role of the hydrothermal regime of the spring period in the formation of epiphytotics. It was proven that the combination of early accumulation of the sum of active temperatures and excessive precipitation triggers aggressive disease development, whereas drought conditions lead to suppression of pathogen development. The high reliability of the short-term forecasting method based on the "rule of three tens" was experimentally confirmed, allowing optimization of the timing of the first fungicide treatments. Based on monitoring results, commercial grape varieties were grouped according to their level of field resistance. It was found that early-ripening varieties (Black Magic, Regal Seedless, Viktorya) exhibit phenological tolerance by avoiding peak infection pressure. Late-ripening varieties (Red Globe, Crimson Seedless, Muscat Hamburg), due to prolonged vegetation and cumulative infection buildup, are more vulnerable. The obtained results substantiate the need for a differentiated approach to vineyard protection depending on varietal characteristics and current weather conditions. Implementation of a forecasting method based on weather analysis makes it possible to optimize the timing of protective measures, thereby reducing the pesticide load on the agrocenosis.

Key words: *table grapes, downy mildew, epiphytotic, cultivar resistance, climate change, phytosanitary monitoring.*

Актуальність теми досліджень. В умовах Степу України мілдью (*Plasmopara viticola*) залишається найбільш деструктивною хворобою винограду, здатною знищити врожай за короткий період часу. Нестабільність гідротермічного режиму регіону, зокрема чергування посушливих періодів із зливами, створює сприятливі умови для раптових епіфітотій. Ситуація ускладнюється тим, що більшість комерційних сортів толового винограду (*Vitis vinifera*) не мають генетичного імунітету до патогену. У зв'язку з цим, оцінка польової стійкості сучасного асортименту та розробка адаптованих систем захисту є критично важливими завданнями для збереження рентабельності галузі та зменшення пестицидного навантаження.

Мета роботи полягала в удосконаленні методики короткострокового прогнозування сезонної динаміки розвитку (*Plasmopara viticola*) на винограді. Короткостроковий прогноз є необхідним інструментом для розрахунку інкубаційного періоду патогену та визначення оптимальних строків проведення превентивних фунгіцидних обробок.

Постанова проблеми. Виробництво столового винограду є високорентабельним та динамічним сектором аграрної економіки Півдня України [1, с. 15–18]. На відміну від технічних сортів, до столового винограду висуваються підвищені вимоги щодо якості продукції: не лише смакові властивості та цукристість, але й бездоганний зовнішній вигляд грон, транспортабельність та лежкість. Будь-яке пошкодження ягід фітопатогенами робить продукцію неконкурентоспроможною на ринку.

Основним лімітуючим фактором отримання стабільних врожаїв є грибні хвороби, серед яких домінуюче положення займає несправжня борошниста роса (мілдью). Збудник хвороби – облігатний ооміцет *Plasmopara viticola* (Berk.&Curk.) Berl. & de Toni – уражує всі зелені органи рослини: листя, пагони, вусики, суцвіття та ягоди [2, с. 3; 10]. Втрати врожаю за відсутності захисних заходів у сприятливі для патогенна роки можуть сягати 90–100 % [4].

Особливу загрозу мілдью становить для сучасних інтенсивних насаджень *Vitis vinifera*, оскільки більшість високоякісних європейських сортів не мають генетичної стійкості до цього патогену, завезеного з Північної Америки у XIX столітті [7, 16]. Епіфітотійні спалахи цієї хвороби здатні не лише знищити поточний врожай, але й призвести до загибелі насаджень внаслідок виснаження рослин [17].

Існуюча стратегія захисту, яка спирається на інтенсивне застосування фунгіцидів, стикається з проблемою виникнення резистентності у збудника та зростання екологічного навантаження на ампелоценози [10; 11, с. 340]. У зв'язку з цим,

актуальним науковим завданням є моніторинг імунологічного статусу комерційних сортів винограду та вдосконалення систем захисту на основі точного прогнозування розвитку хвороби [11, 17].

Методика досліджень. Польові досліди закладали на виноградних рослинах та на виробничих ділянках виноградників в Одеській області, Овідіопольського району, с. Барабой, ТОВ «Грін Технолоджі ЛТД». Клімат зони вирощування – помірно-континентальний, посушливий, з жарким літом та м'якою зимою. Грунти дослідної ділянки – чорноземи південні малогумусні, важкосуглинкові. Схеми насадження: 3 × 1,5 м та формування – Гюйо.

Об'єктами досліджень були сорти столового винограду: Black Magic, Michele Palieri, Cardinal, Muscat Hamburg, Regal Seedless, Viktorya, Red Globe, Crimson Seedless, Sublima Seedless, Italiya, Supernova Seedless. Всі виноградні кущі, які досліджувались, були плодоносні у виробничих насадженнях.

Моніторинг агрометеорологічних умов включав щоденну фіксацію середньодобової температури повітря, відносної вологості, кількості опадів і тривалості краплинного зволоження листя [15]. Метеорологічні дані для аналізу було проведено на основі локальної метеостанції господарства.

Облік розвитку хвороби проводили на контрольних ділянках (без застосування фунгіцидів) згідно із загальноприйнятими у фітопатології методикам [6, 8]. Ідентифікацію збудника *Plasmopara viticola* здійснювали за характерними діагностичними ознаками: на листі – поява жовтуватих прозорих «маслянистих» плям на верхньому боці пластинки та білого пухнастого спороношення гриба на нижньому боці за умов високої вологості; на гронах – побуріння та всихання суцвіть, або некрозів і муміфікація ягід [2, 10, 13].

Фітосанітарний моніторинг здійснювали маршрутним методом у критичні фази вегетації (розпускання бруньок, цвітіння, ріст ягід). Візуальні оцінку ступеня ураження вегетативних та генеративних органів, а також визначення групи польової стійкості сортів проводили за 9-бальною шкалою згідно з методичними рекомендаціями «Агротехнічні дослідження по створенню інтенсивних виноградних насаджень» та базовими методологічними вказівками із захисту рослин [5, 6]. Дослідження проводили на стаціонарних ділянках у чотириразовій повторності. Облікова ділянка складалась з 10 кущів. На кожній повторності оглядали 25 листків та 25 грон. Розміщення ділянок – рендомізоване.

Статистичну обробку експериментальних даних виконували методом дисперсійного аналізу з використанням пакету програми Microsoft Excel [12]. Оцінку достовірності різниці між середніми варіантами здійснювали за t-критерієм Стьюдента на рівні значущості $p \leq 0,05$. Для встановлення залежності між гідротермічними коефіцієнтами та динамікою спороношення патогену застосовували кореляційно-регресійний аналіз [12, 14]. Апроксимацію даних виконували методом найменших квадратів з розрахунком коефіцієнта детермінації (R^2) [3, 5, 14].

Результати досліджень. Визначальним фактором, що регулює швидкість проходження фенологічних фаз винограду та тривалість інкубаційних періодів патогенів, є температурний режим та період зволоження. Аналіз динаміки накопичення активних температур (понад +10 °С) в Одеській області за роки дослідження виявив стійкі тенденцію до потепління клімату.

Співставлення даних таблиць дозволяє встановити пряму залежність інтенсивності патогенезу від гідротермічного коефіцієнта. Поєднання раннього набору ефективних температур з рівномірним зволоженням є тригером для ранньої появи та агресивного поширення мілдью.

Таблиця 1

Сума активних температур повітря (>+10 °С) по місяцям, 2023–2025 рр.

Роки	Місяць					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
2023	321	700	1340	2095	2890	3525
2024	450	960	1670	2520	3295	3922
2025	420	980	1605	2365	3145	3725

Таблиця 2

Метеорологічні дані в період вегетації винограду, 2023–2025 рр.

Роки	Показники	Місяці							
		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Річна кількість
2023	Середньодобова температура, °С	7	10,2	16	22	25	26	22	18,3
	Кількість опадів, мм	22	120	6	35	49	16	0	248
2024	Середньодобова температура, °С	6	15	16	25	27	25	20	19,1
	Кількість опадів, мм	89	75	23	35	21	10	78	331
2025	Середньодобова температура, °С	8,5	9,8	20,5	25,2	28,5	27,8	22,0	20,3
	Кількість опадів, мм	25	11	15	18	12	5	39	116

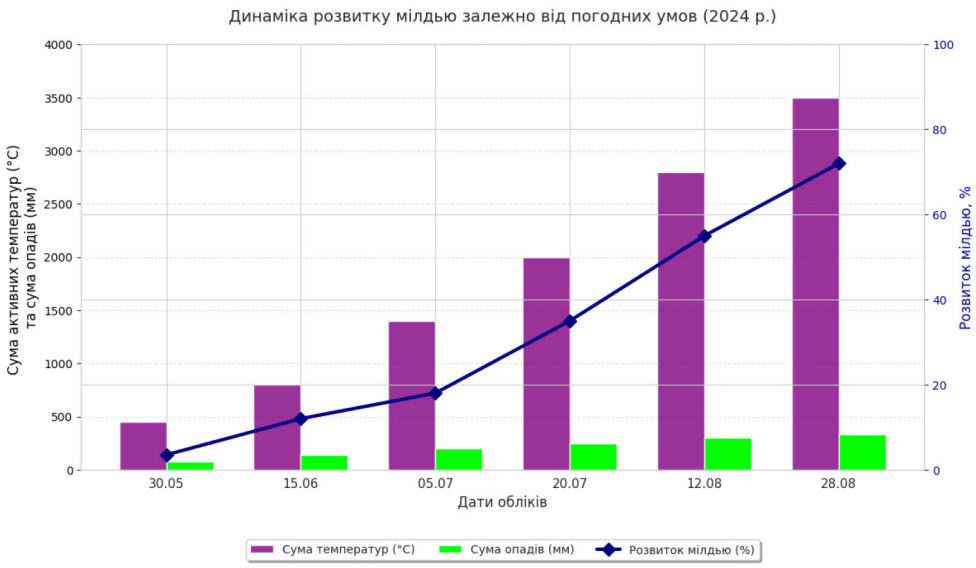


Рис. 1. Динаміка розвитку мілдью в залежності від гідротермічних умов, 2024 р. Результати маршрутних обстежень та обліків, демонструють тісний кореляційний зв'язок між випадінням опадів та інтенсивністю спороношення патогену

Первинна інфекція. Згідно з біологією збудника для проростання ооспор необхідне дотримання правила «трьох десяток»: температура >10 °С, довжина пагонів >10 см, опади >10 мм. У 2024 році ці умови склалися у другій декаді травня. На дату першого обліку 30.05, розвиток хвороби був мінімальним 3–4 %, що відповідає появі перших «маслянистих плям» від первинної інфекції. Цьому передувало накопичення опадів на фоні зростання температур.

Вторинна інфекція та епіфітотія. Критичний період розвитку припав на червень-липень. На дату обліку 20.07 зафіксовано різкий спалах розвитку хвороби – до 35 %. Це пояснюється тим, що опади забезпечили краплинно-рідку вологу, необхідну для руху зооспор. Подальше накопичення вологи та оптимальні температури +25–28 °С призвели до масового поширення інфекції. На момент збору врожаю 28.09 на контрольних ділянках (без фунгіцидного захисту) розвиток мілдью досяг 72–75 %, що кваліфікується як сильна епіфітотія.

Таблиця 3

Стійкість сортів винограду до мілдью, ознаки ураження на листках, 2023–2025 рр.

№	Сорт	Поширення хвороби,%								
		2023			2024			2025		
		30.05	05.07	28.08	30.05	05.07	28.08	30.05	05.07	28.08
1	Black Magic	0	0	1,2	3,9	8,5	12,0	0	0,5	2,5
2	Regal Seedless	0	0	1,4	3,1	7,2	10,5	0	0,5	3,0
3	Viktoriya	0	0	1,5	3,5	7,8	11,0	0	0,5	2,8
4	Michele Palieri	0	0	1,2	3,4	6,5	9,5	0	0,5	2,5
5	Cardinal	0	0	1,3	3,7	8	10,0	0	0,6	2,9
6	Sublima Seedless	0	0	4,0	3,9	9,2	15,0	0	0,8	4,5
7	Italiya	0	0	4,3	3,3	8,6	14,0	0	0,8	4,2
8	Super Nova	0	0	3,5	3,6	8,9	13,5	0	0,7	4,0
9	Red Globe	0	0	18,7	4,7	12,5	25,0	0,2	1,5	8,5
10	Crimson Seedless	0	0	16,8	3,3	10,4	22,0	0,1	1,2	7,0
11	Muscat Hamburg	0	0	17,6	3,1	11,2	24,0	0,1	1,5	9,0

Результати оцінювання стійкості сортів до мілдью дало змогу диференціювати досліджувані сорти на три групи: стійкі, чутливі та сприйнятливі до хвороби. До групи стійких сортів віднесено сорти з ранім терміном дозрівання – це Black Magic, Regal Seedless, Viktorya. Їхня толерантність зумовлена раннім фенологічним розвитком, що дозволило зберегти грона. До групи сприйнятливих сортів можна віднести сорти з пізнім строком дозрівання – це Red Globe, Crimson Seedless, Muscat Hamburg. Повільний період вегетації призводить до кумулятивного накопичення інфекції та свідчить про необхідність захисних заходів.

Функціональний зв’язок експериментальних даних дозволив встановити функціональних зв’язок між агрокліматичними показниками та динамікою патогенезу. Для підтвердження статистичної значущості впливу погодних умов на динаміку епіфітотійного процесу було проведено кореляційно-регресійний аналіз. В якості базової моделі було обрано вегетаційний період 2024 року, який характеризувався наявністю обох необхідних факторів: тепла та вологи.

Таблиця 4

Стійкість сортів винограду до мілдью, ознаки ураження на гронах, 2023–2025 рр.

№	Сорт	Поширення хвороби, %								
		2023			2024			2025		
		30.05	05.07	28.08	30.05	05.07	28.08	30.05	05.07	28.08
1	Black Magic	0	0	0	0	2,6	–	0	–	–
2	Regal Seedless	0	0	0	0	1,5	4,0	0	–	1,0
3	Viktoriya	0	0	0	0	2,1	–	0	–	–
4	Michele Palieri	0	0	0	0	4,3	6,0	0	–	1,5
5	Cardinal	0	0	0	0	4,2	–	0	–	–
6	Sublima Seedless	0	0	2	0	5,2	8,5	0	0,5	2,0
7	Italiya	0	0	2,1	0	4,6	7,5	0	0,5	1,8
8	Super Nova	0	0	2,2	0	4,9	7,0	0	–	–
9	Red Globe	0	0	16,8	0	15,1	18,0	0	0,5	3,5
10	Crimson Seedless	0	0	12,5	0	9,3	14,0	0	0,2	2,5
11	Muscat Hamburg	0	0	13,2	0	11,2	16,5	0	0,5	4,0

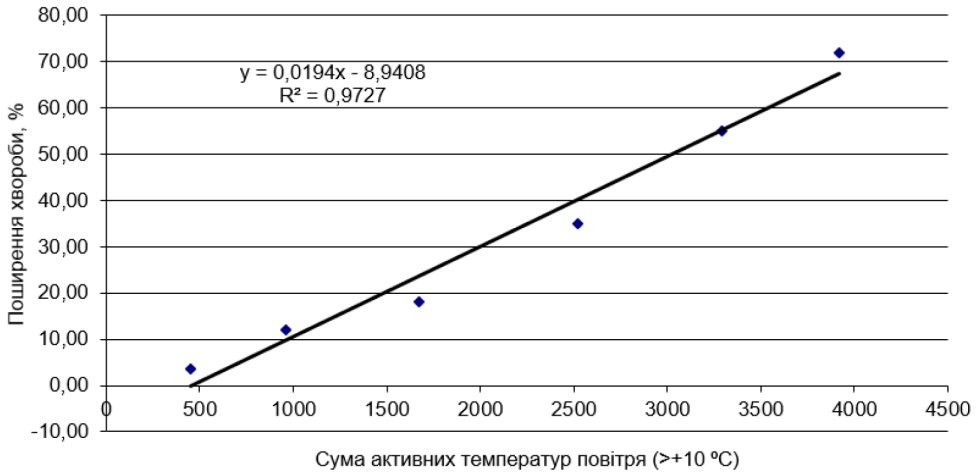


Рис. 2. Кореляційна залежність розвитку мілдью від суми активних температур, 2024 р.

Високе значення коефіцієнта детермінації R^2 = 0,9727 свідчить про надзвичайно сильну кореляцію. Варіабельність розвитку хвороби становить 97 % у 2024 році пояснюється саме динамікою накопичення тепла, оскільки за умови достатнього зволоження кожні додаткові 100 °С активних температур призводять до збільшення поширення хвороби в середньому на 1,9–2,0 %. Побудована регресійна модель підтверджує, що в умовах достатнього вологозабезпечення розвиток мілдью набуває лінійного характеру і безпосередньо залежить від теплових ресурсів регіону. Це дозволяє використовувати показник суми температур для короткострокового прогнозування інтенсивності епіфітотії.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Встановлено, що визначальним фактором розвитку *Plasmopara viticola* в умовах Південного Степу України є режим зволоження у першій половині вегетації. Поєднання раннього накопичення ефективних температур з опадами провокує епіфітотійний розвиток хвороби. Посушливі умови виступають лімітуючим фактором, що викликає депресію патогену навіть за сприятливих температур. Виявлено відсутність повної генетичної стійкості у досліджуваних комерційних сортів *Vitis vinifera*. Проте сорти надранньої та ранньої групи стиглості демонструють високу польову толерантність завдяки швидкому проходженню фаз онтогенезу, тоді як пізні сорти потребують посиленої системи захисту. Підтверджено високу кореляційну залежність між сумою активних температур та динамікою поширення хвороби за умов достатнього вологозабезпечення.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці диференційованих систем захисту для сортів різних груп стиглості з інтеграцією біологічних препаратів у період дозрівання врожаю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Robinson J., Harding J., Vouillamoz J. Wine Grapes: A complete guide to 1368 vine vartieties. Penguin Books, 2012.
2. Gessler C., Pertot I., Perazzolli M. Plasmopara viticola: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. Phytopathologia Mediterranea. 2011. Vol. 50. P. 3–44. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-9360
3. Bois B., Zito S., Callonec A. Climate vs grapevine pests and diseases worldwide: the first results of a global survey. OENO One. 2017. Vol. 51. No 2. https://doi.org/10.20870/oenoone.2017.51.2.1780
4. Puglese M., Gullino M., Garibaldi A. Effect of climate change on infection of grapevine by downy and powdery mildew under controlled environment. Comm. Appl. Biol. Sci. Ghent University. 2011. 76/2.
5. Salinari F., Giosue S., Rossi V., Tubiello F., Rozenzweig C., Gullino M. Downy mildew outbreaks on grapevine under climate change: Elaboration and application of an empirical-statistical model. Bulletin OEPP/EPPO, September 2007. https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2007.01126.x
6. Методичні рекомендації щодо складання прогнозу розвитку та обліку шкідників і хвороб картоплі, овочевих, плодових, винограду та ягідних культур. Шевчук І. В., Федоренко В. П., Сидорчук О. В. та ін. К., 2018.
7. Buonassisi D., Colombo M., Migliaro D. et al. Breeding for grapevine downy mildew resistance: a review of “omics” approaches. Euphytica. 2017. Vol. 213 (5) № 103. https://doi.org/10.1007/s10681-017-1882-8.
8. Агротехнічні дослідження по створенню інтенсивних виноградних насаджень на промисловій основі / за ред. В. П. Бондарева. Новочеркаськ : ВНДІВіВ, 1978. 173 с.
9. Методи визначення технологічної, господарської та економічної ефективності застосування пестицидів. С. О. Трибель, А. Г. Бабич, О. А. Бабич. – 3. 8 др. ар., – Київ – 2012.
10. Wilcox W.F. et al. Compendium of Grape Diseases, Disorders and Pests. APS Press, 2015. 232 p. https://doi.org/10.1094/9780890544815
11. Colcol J. F., Baudoni A.B. Sensitivity of Erysiphe necator and Plasmopara viticola in Virginia to Qol fungicides, boscalid, quinoxyfen, and thiophanate methyl. Plant Disease. 2016. Vol. 100, № 2. P. 337–344. URL: https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-01-15-0012-RE

12. Гентош Д. Т., Гаврилюк Л. В., Башта О. В. та ін. Прогнозування гнилей на рослинах Hordeum vulgare L. Карантин і захист рослиню 2025. № 2 (281). С. 11–16. https://doi.org/10.36495/2312-0614.2025.2.11-16

13. Kennelly M. M., Gadoury D. M., Wilcox W. F. et al. Primary infection, lesion productivity, and survival of sporangia in the grapevine downy mildew pathogen Plasmopara viticola. Phytopathology. 2007. Vol. 97. P. 1034–1040. https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-4-0512

14. Rossi V., Caffi T., Giosue S., Bugiani R. et al. A mechanistic model simulating primary infections of downy mildew in grapevine. Ecological Modelling. 2008. Vol. 212 (3). P. 480–491. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.10.046

15. Savina O., Hliudzyk-Shemota M., Sadovska N. et al. The impact of climate change of grape crops development in Western Ukraine. Scientific Horizons. 2023. Vol 26, № 2. P. 45–56. https://doi.org/10.46925//rdluz.42.03

16. Boso S., Alonso-Villaverde V., Gago P. et al. Susceptibility to downy mildew (Plasmopara viticola) of different Vitis varieties. Crop Protection 2014. Vol. 63. P. 26–35. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.04.018

17. Pertot I., Caffi T., Rossi V. et al. A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspective for the complementation of IPM in viticulture. Crop Protection. 2016. Vol. 97. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.025

Дата першого надходження статті до видання: 26.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 632.7:635.64
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.15

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ЗАХИСТУ ТОМАТІВ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ ВІД ТЕПЛИЧНОЇ БІЛОКРИЛКИ *TRIALEURODES VAPORARIORUM* (WESTWOOD, 1856)

Горяінов О. М. *– аспірант кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту і карантину рослин імені Б. М. Литвинова, Державний біотехнологічний університет*
orcid.org/0009-0009-1033-733X

Вирощування томатів у теплицях дає змогу забезпечити населення корисною продукцією впродовж року. Водночас у таких умовах збільшуються кількість поколінь шкідників та їх резистентність до інсектицидів. Зважаючи на необхідність вирощування безпечної для людини продукції, в теплицях широко застосовують біологічні методи захисту рослин. Метою досліджень було оцінити ефективність випуску хижого клопа Macrolophus pygmaeus та внесення препарату Боверин на основі гриба Beauveria bassiana для захисту томатів у теплиці від тепличної білокрилки Trialeurodes vaporariorum (Westwood, 1856). Дослідження проведено у 2023–2025 рр. у СТОВ «Довжик» Богодухівського району Харківської області у металевих аркових плівкових теплицях, де вирощували томати гібриду Мануса F1. Розсаду томатів висаджували в теплиці 2 травня. Цвітіння починалося у другій декаді травня, перші зав'язі виявлені у третій декаді травня, перші стиглі плоди – наприкінці другої декади червня. Хижого клопа Macrolophus pygmaeus випускали в теплиці 1, 15 і 29 червня рівномірно з розрахунку 2 особини на 1 м^2. Оброблення рослин Боверином здійснювали 10 липня, 31 липня та 21 серпня. Обліки білокрилки тепличної Trialeurodes vaporariorum здійснювали до випуску клопа та до внесення Боверину у відповідних повтореннях, а також на 7-й та 14 дні після оброблення. У досліді з випуском Macrolophus pygmaeus щільність популяції тепличної білокрилки на контролі сягала 15 червня, 29 червня і 13 липня в середньому 8,2; 12,2 і 15,6 екз./листок, а на ділянці випуску Macrolophus pygmaeus – 2; 0,8 і 0,3 екз. /листок. Ефективність першого, другого і третього випусків Macrolophus pygmaeus становила в середньому 75,6; 74,3 і 69,6 % відповідно. Ефективність першого, другого і третього оброблення рослин Боверином становила в середньому 75,1; 73,6 і 69,3 % відповідно.

Ключові слова: *Solanum lycopersicum; білокрилка теплична; Macrolophus pygmaeus; Beauveria bassiana.*

Horiainov O. M. Efficiency of biological control for protecting greenhouse tomatoes against the greenhouse whitefly Trialeurodes vaporariorum (Westwood, 1856)

Growing tomatoes in greenhouses provides useful products throughout the year. At the same time, under such conditions, the number of generations of native pests and their resistance to insecticides increases. Given the need to grow safe products for humans, biological methods of plant protection are widely used in greenhouses. The purpose of this research was to evaluate the effectiveness of releasing the predatory bug Macrolophus pygmaeus and the application of the preparation Boverin, based on the fungus Beauveria bassiana, in controlling greenhouse whitefly Trialeurodes vaporariorum (Westwood, 1856) on tomatoes in the greenhouse. The research was conducted in 2023–2025 at the Dovzhik Agricultural Cooperative (Bogodukhiv district of the Kharkiv region) in metal arched film greenhouses, where tomatoes of the Manusa F1 hybrid were grown. Tomato seedlings were planted in the greenhouse on May 2. Flowering began in the second decade of May, the first fruit ovaries appeared in the third decade of May, the first ripe fruits – at the end of the second decade of June. The predatory bug Macrolophus pygmaeus was released into the greenhouse on June 1, 15, and 29 evenly at the rate of 2 individuals per 1 m^2. Plants were treated with Boverin on July 10, July 31, and August 21. Greenhouse

© Горяінов О. М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

whitefly Trialeurodes vaporariorum was assessed before the bug was released and before the Boverin treatment in the corresponding replicates, as well as on the 7th and 14th days after treatment. In the experiment with the release of Macrolophus pygmaeus, the population density of Trialeurodes vaporariorum in the control reached an average of 8.2, 12.2, and 15.6 individuals/leaf on June 15, June 29, and July 13, and in the area where M. pygmaeus was released, it was 2, 0.8, and 0.3 individuals/leaf. The effectiveness of the first, second, and third releases of Macrolophus pygmaeus was, on average, 75.6, 74.3, and 69.6 %, respectively. The effectiveness of the first, second, and third treatments of plants with Boverin was, on average, 75.1 %, 73.6 %, and 69.3 %, respectively.

Key words: *Solanum lycopersicum; greenhouse whitefly; Macrolophus pygmaeus; Beauveria bassiana.*

Постановка проблеми. Вирощування овочів у теплицях дає змогу забезпечити населення корисною продукцією впродовж усього року. Водночас у теплицях створюються сприятливі умови для розмноження протягом усього року шкідливих організмів – кліщів, комах і збудників хвороб рослин, які вони переносять [1]. Оскільки в умовах високої температури ці шкідники мають декілька поколінь на рік, вони швидко збільшують чисельність і виробляють резистентність до застосовуваних інсектицидів, асортимент яких доводиться постійно змінювати. Зважаючи на необхідність вирощування продукції, яка є безпечною для здоров'я людини, в теплицях все ширше застосовують біологічний метод захисту рослин, зокрема випуск ентомофагів і внесення препаратів, основаних на ентомопатогенних грибах чи бактеріях [2–7]. Серед шкідників рослин захищеного ґрунту значне місце посідає білокрилка теплична *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (*Hemiptera*: *Aleyrodidae*) [8, 9]. Оцінювання ефективності біологічних методів захисту томатів у теплицях від цього шкідника є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Білокрилка теплична *Trialeurodes vaporariorum* поширена на різних континентах і живиться на сотнях видів рослин, завдаючи шкоду трьох типів: висмоктує соки з різних органів і тканин; виділяє медвяну росу, на якій розвиваються чорні сажисті гриби, що зменшує інтенсивність фотосинтезу; переносить фітопатогенні віруси [9, 10]. Біологічні особливості тепличної білокрилки вивчали у різних регіонах – в Індії [10], Єгипті [6], Уругваї [7], Чилі [9], Туреччині [11] та в Україні [1, 8]. Досліджено сезонну динаміку чисельності шкідника [11], оптимальні температури для виживання цього шкідника, темпи розвитку окремих стадій, плодючість і тривалість життя самок залежно від температури, пороги й суми ефективних температур [8, 12]. Експериментально доведено, що теплична білокрилка розпізнає рослини томатів, які вже пошкоджені комахами, та надає їм перевагу під час заселення [13]. Для захисту рослин від *Trialeurodes vaporariorum* застосовували різні види хижих клопів [7, 14], препарати на основі ентомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill (*Hypocreales*: *Cordycipitaceae*) [3–5]. Застосування суміш препаратів на основі *Beauveria bassiana* та *Bacillus subtilis* забезпечило захист томатів від білокрилки та борошнистої роси (*Oidium neolycopersici*) [6]. Одержані дані є підґрунтям для вчасного здійснення заходів захисту томатів від *Trialeurodes vaporariorum* з використанням ентомофагів і препаратів на основі ентомопатогенних грибів. Водночас зважаючи на варіювання кліматичних умов регіонів, сезонного розвитку рослин, фітофагів, ентомофагів і патогенів важливо було оцінити ефективність зазначених засобів біологічного захисту рослин у районі наших досліджень.

Матеріали та методика. Метою досліджень було оцінити ефективність випуску хижого клопа *Macrolophus pygmaeus* та внесення препарату Боверин на

основі ентомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* для захисту томатів закритого грунту від білокрилки тепличної. Дослідження проведено у 2023–2025 рр. у СТОВ «Довжик» Богодухівського району Харківської області у металевих аркових плівкових теплицях, де вирощували томати гібриду Мануса F1 (ранній, від нідерландської насіннєвої компанії Rijk Zwaan).

Температуру в теплиці підтримували автоматично, і хоча вона залежала від зовнішньої температури, різниці за період проведення дослідів у 2023–2025 роки не були значущими (F*факт.* = 2,2; $F_{0,05}$ = 3,3; P = 0,13) (рис. 1).

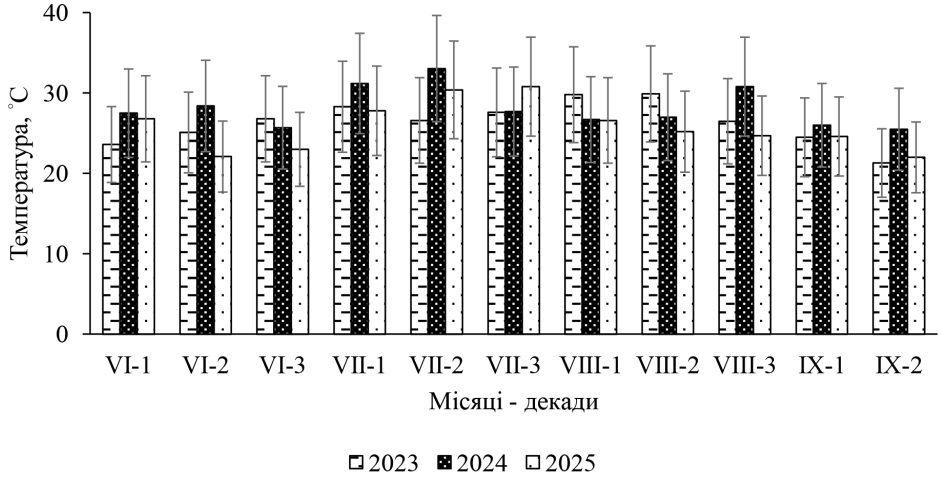


Рис. 1. Температура в теплиці в період проведення дослідів у 2023–2025 рр. (планки – межі коливань, °С)

Контролем у зазначених дослідах були посадки томату гібриду Мануса F1 в теплицях площею 10 м^2 заввишки 3 м, які знаходилися на відстані 100 м від основної. Розсаду томатів висаджували в теплиці 2 травня. Цвітіння починалося у другій декаді травня, перші зав'язі виявлені у третій декаді травня, перші стиглі плоди – наприкінці другої декади червня. Хижого клопа макролофуса випускали в теплиці 1, 15 і 29 червня рівномірно з розрахунку 2 особини на 1 м^2. З препарату Боверин з титром 3,0 × 10^9 КУО/см^3 готували робочу суспензію з розрахунку 500 мл/10 л води та проводили обприскування за допомогою розсіювача бензинового ранцевого Sadko. Обробку рослин здійснювали 10 липня, 31 липня та 21 серпня.

Обліки шкідника здійснювали до випуску клопа та до внесення Боверину у відповідних повтореннях, а також на 7-й та 14 дні після оброблення. Для цього з 25 рослин зрізали по одному листку і за допомогою бінокуляру підраховували кількість особин на нижньому боці листка, а потім розраховували середнє арифметичне та стандартну похибку обліку.

Ефективність кожного випуску хижого клопа та кожного внесення Боверину розраховували за формулою (1):

$$Ei = 100 - 100 \times \frac{Д_{K0}}{Д_{Ki}} \times \frac{Д_{Pi}}{Д_{P0}}, \quad (1)$$

де E_i – ефективність (%), визначена з поправкою на контроль на i-тий день після оброблення; $Д_{K0}$ – середня кількість особин білокрилки на листок до оброблення

на контрольній ділянці; P_0 – середня кількість особин білокрилки на листок до оброблення на обробленій ділянці; $Д_{Ki}$ і P_i – те ж саме на *i*-тий день після оброблення на контрольній та обробленій ділянках відповідно [15].

Виклад основного матеріалу досліджень. Щільність популяції білокрилки до першого випуску хижого клопа *Macrolophus pygmaeus* становила 3,5–3,8 екз./листок і не мала значущих відмінностей у різні роки та на ділянках контролю та випуску макролофуса ($HIP_{0,05}$ = 0,17) (табл. 1).

У подальші дати обліку щільність популяції білокрилки наростала на контролі та зменшувалася на ділянці випуску *Macrolophus pygmaeus*. Найбільш інтенсивне наростання щільності популяції білокрилки на контролі відмічене у період від 1 до 8 червня (у середньому в 1,8 разу), внаслідок чого цей показник перевищив економічний поріг шкідливості (5 екз./листок). Щільність популяції білокрилки на контролі продовжувала збільшуватися й сягала 15 червня, 29 червня і 13 липня в середньому за роками 8,2; 12,2 і 15,6 екз./листок.

Таблиця 1

Щільність популяції тепличної білокрилки (екз./ листок) після випуску хижого клопа *Macrolophus pygmaeus* у різні терміни

Роки	До випуску	Дні після 1-го випуску		Дні після 2-го випуску		Дні після 3-го випуску	
	0 (1.06)	7 (8.06)	14 (15.06)	7 (22.06)	14 (29.06)	7 (6.07)	14 (13.07)
Контроль							
2023	3,4 ± 0,21	6,2 ± 0,18	7,8 ± 0,37	9,1 ± 0,24	13,2 ± 0,34	15,2 ± 0,64	16,8±0,43
2024	3,8 ± 0,40	6,8 ± 0,28	8,5 ± 0,32	8,9 ± 0,33	11,3 ± 0,42	11,7 ± 0,44	15,3±0,35
2025	3,5 ± 0,44	6,3 ± 0,57	8,4 ± 0,38	8,5 ± 0,27	12,2 ± 0,40	12,6 ± 0,58	14,6± 0,54
2023–2025	3,6 ± 0,32	6,4 ± 0,34	8,2 ± 0,32	8,8 ± 0,25	12,2 ± 0,37	13,2 ± 0,57	15,6 ±0,43
Випуск *Macrolophus pygmaeus*							
2023	3,5 ± 0,32	2,5 ± 0,38	1,8 ± 0,18	1,5 ± 0,22	0,7 ± 0,21	0,5 ± 0,17	0,2 ± 0,08
2024	3,7 ± 0,19	3,1 ± 0,26	2,1 ± 0,38	1,6 ± 0,23	0,9 ± 0,15	0,7 ± 0,13	0,4 ± 0,14
2025	3,6 ± 0,62	3,3 ± 0,57	2,2 ± 0,51	1,7 ± 0,41	0,7 ± 0,19	0,5 ± 0,14	0,3 ± 0,10
2023–2025	3,6 ± 0,37	3,0 ± 0,38	2,0 ± 0,34	1,6 ± 0,27	0,8 ± 0,16	0,6 ± 0,13	0,3 ± 0,10
$HIP_{0,05}$	0,17	0,40	0,33	0,25	0,73	1,40	0,86
Різниця між контролем і	0,03	3,5	6,2	7,2	11,5	12,6	15,3

Примітка: * – між контролем і випуском *Macrolophus pygmaeus*

На ділянці випуску хижого клопа в усі дати обліку, починаючи з 8 червня, щільність популяції білокрилки значуще поступалася контролю. Цей показник поступово зменшувався, становлячи на 14 день після першого випуску *Macrolophus pygmaeus* 2 екз. білокрилки на один листок, а на 14 день після другого і третього випусків хижого клопа – 0,8 і 0,3 екз./листок (табл. 1).

Ефективність першого, другого і третього випусків хижого клопа *Macrolophus pygmaeus* становила в середньому 75,6; 74,3 і 69,6 % (табл. 2).

Різниці між значеннями ефективності випуску хижого клопа *Macrolophus pygmaeus* в окремі роки та в окремі випуски впродовж одного року статистично

Таблиця 2

Ефективність випуску хижого клопа *Macrolophus pygmaeus* у різні терміни для захисту томатів від тепличної білокрилки, %

Роки	Випуск 1 (1.06.)	Випуск 2 (15.06.)	Випуск 3 (29.06.)
2023	77,6	77,0	77,6
2024	74,6	67,8	67,2
2025	74,5	78,1	64,2
Середнє	75,6	74,3	69,6
$HIP_{0,05}$ = 7,0			

не є значущими ($HIP_{0,05}$ = 7,0). Водночас ефективність останнього випуску хижого клопа була найменшою у 2024 і 2025 рр. у порівнянні з першим і другим випусками. Це може бути пов'язано з дуже високою денною температурою в ці роки у період третього випуску хижого клопа (рис. 1), за якої гальмувалася його активність, що узгоджується з публікаціями [14].

Під час першого застосування препарату Боверин (10 липня) щільність популяції тепличної білокрилки становила 5,3–5,7 екз./листок (табл. 3), тобто дещо перевищувала економічний поріг шкідливості.

Станом на цю дату різниці щільності популяції шкідника на контролі та на ділянці внесення Боверину не були значущими ($HCP_{0,05}$ = 0,27).

У наступні тижні відбувалося збільшення щільності популяції білокрилки на контролі з вираженими максимумами 31 липня та 21 серпня, які пов'язані з масовим вилупленням личинок шкідника та їх швидким розвитком за оптимальної температури (рис. 1). За подальшого збільшення температури плодючість самок зменшувалася, а тривалість розвитку личинок збільшувалася. Це узгоджується з публікаціями [8, 9] стосовно зменшення плодючості білокрилки та життєздатності личинок IV віку у міру збільшення температури.

На ділянці із застосуванням Боверину щільність популяції шкідника зменшувалася впродовж усього періоду досліджень (табл. 3). Водночас у динаміці цього показника також відмічено періоди певного уповільнення цього процесу в такі самі дати, коли щільність популяції шкідника збільшувалася на контрольній ділянці. Так від 24 до 31 липня 2023 р. щільність популяції тепличної білокрилки збільшилася від 1,8 до 2,3 особини/листок, а у такі самі дати 2024 р. – від 2,8 до 3,1 особини/листок (табл. 3). Менш значне збільшення чисельності шкідника (від 1,2 до 1,3 особин/листок) визначено від 7 до 14 серпня 2025 р. на ділянці, де було проведено обприскування Боверином.

Ефективність останнього застосування Боверину у 2023 і 2025 рр. була меншою у порівнянні з першим і другим випусками, а у 2024 р. найменшою була ефективність першого внесення Боверину (табл. 4). Водночас різниці між значеннями ефективності внесення препарату Боверин в окремі роки та в окремі оброблення впродовж одного року статистично не є значущими ($HIP_{0,05}$ = 12,2). Певні відмінності у результатах застосування Боверину в різні терміни можуть бути пов'язані з варіюванням температури, які впливали на плодючість самок, тривалість розвитку яєць білокрилки, а також на життєздатність личинок. Як відомо [14], яйця не є уразливими до зараження грибом *Beauveria bassiana*, який проникає в тіло комах через кутикулу. Тому, якщо в день проведення обліку шкідник був представлений переважно на стадії яйця чи личинок I віку, зміни щільності популяції під впливом Боверину можуть бути недооцінені.

Таблиця 3

Щільність популяції тепличної білокрилки (екз./ листок) після обприскування Боверином у різні терміни

Роки	Перше обприскування			Друге обприскування			Третє обприскування			
	Дати									
	10.07	**17.07**	**24.07**	**31.07**	**7.08**	**14.08**	**21.08**	**28.08**	**4.09**	**11.09**
Контроль										
2023	6,1 ± 0,38	6,3 ± 0,30	6,6 ± 0,36	11,2 ± 0,51	5,7 ± 0,23	5,9 ± 0,35	13,8 ± 0,46	8,5 ± 0,32	7,8 ± 0,31	5,9 ± 0,35
2024	5,5 ± 0,37	5,7 ± 0,35	6,2 ± 0,37	9,9 ± 0,51	4,5 ± 0,40	5,6 ± 0,37	12,3 ± 0,38	9,5 ± 0,34	6,3 ± 0,33	5,5 ± 0,38
2025	5,6 ± 0,30	5,5 ± 0,24	6,1 ± 0,36	10,4 ± 0,33	5,5 ± 0,27	4,8 ± 0,16	13,4 ± 0,36	7,9 ± 0,27	7,6 ± 0,29	5,1 ± 0,22
2023–2025	5,7 ± 0,31	5,8 ± 0,27	6,3 ± 0,32	10,5 ± 0,42	5,2 ± 0,29	5,4 ± 0,28	13,2 ± 0,37	8,6 ± 0,30	7,2 ± 0,30	5,5 ± 0,29
Боверин										
2023	5,4 ± 0,32	1,5 ± 0,22	1,8 ± 0,31	2,3 ± 0,19	1,1 ± 0,26	0,9 ± 0,11	0,6 ± 0,14	0,5 ± 0,11	0,2 ± 0,08	0,1 ± 0,06
2024	5,7 ± 0,39	2,5 ± 0,32	2,8 ± 0,28	3,1 ± 0,33	1,5 ± 0,22	1,2 ± 0,28	1,1 ± 0,24	0,4 ± 0,19	0,5 ± 0,11	0,1 ± 0,06
2025	5,3 ± 0,23	3,1 ± 0,32	3,1 ± 0,33	2,1 ± 0,30	1,2 ± 0,25	1,3 ± 0,23	0,8 ± 0,08	0,8 ± 0,13	0,3 ± 0,13	0,1 ± 0,06
2023–2025	5,5 ± 0,28	2,4 ± 0,28	2,6 ± 0,29	2,5 ± 0,26	1,3 ± 0,21	1,1 ± 0,20	0,8 ± 0,15	0,6 ± 0,13	0,3 ± 0,10	0,1 ± 0,06
$HIP_{0,05}$	0,29	0,70	0,56	0,65	0,52	0,46	0,63	0,64	0,63	2,20
Різниця*	0,27	3,47	3,73	8,00	3,97	4,30	12,3	8,07	6,90	5,40

Примітка: * – між контролем і обробленням Боверином

Таблиця 4

Технічна ефективність застосування Боверину у різні терміни для захисту томатів від *T. vaporariorum*, %

Роки	10 липня	31 липня	21 серпня
2023	76,8	78,8	61,0
2024	69,8	71,4	79,7
2025	78,7	70,4	67,2
Середнє	75,1	73,6	69,3
$HIP_{0,05}$ = 12,2			

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Випуск у теплицю хижого клопа *Macrolophus pygmaeus* (2 особини на 1 м^2) в три прийоми з інтервалом 2 тижні мав результатом значуще зменшення популяції білокрилки на томатах. Щільність популяції *Trialeurodes vaporariorum* на контролі сягала 15 червня, 29 червня і 13 липня в середньому 8,2; 12,2 і 15,6 екз./листок, а на ділянці випуску макролофуса – 2,0; 0,8 і 0,3 екз. /листок. Ефективність першого, другого і третього випусків хижого клопа *M. pygmaeus* становила в середньому 75,6; 74,3 і 69,6 % відповідно. Триразове обприскування рослин суспензією препарату Боверин з титром 3,0 × 10^9 КУО/см^3 з інтервалом три тижні (10 липня, 31 липня та 21 серпня) призвело до значущого зменшення популяції тепличної білокрилки Ефективність першого, другого і третього оброблення Боверином становила в середньому за 3 роки 75,1; 73,6 і 69,3 % відповідно.

Одержані результати свідчать про доцільність застосування хижого клопа *Macrolophus pygmaeus* та препарату Боверин на основі ентомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* для захисту томатів у теплиці під час дозрівання плодів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ткаленко Г. М., Барабаш А. Д. Біологічне регулювання шкідливого ентомоакарокомплексу на посівах томатів у закритому ґрунті. Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи : матеріали ІІ міжнар. наук. конф. (Хліободарське, 24–25 вересня 2025 р.). *Інформаційний бюлетень ІТІ «Біотехніка» НААН*. Одеса, 2025. № 2. С. 169–172. https://biotekhnika.od.ua/docs/PUBLIC/Zbirnyk%20tez%20konferentsiyi%20Biotek hnika%20(2025r).pdf

2. Ткаленко Г. М., Борзих О. І., Ігнат В. В. Сучасний стан застосування біологічних засобів захисту рослин в агроценозах України. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 12(813). С. 18–25. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-03

3. Jang L., Park Y. G., Lim U. T. *Beauveria bassiana* ARP14 a potential entomopathogenic fungus against *Bemisia tabaci* (Gennadius) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 2023. Vol. 26(1), 102022. https://doi.org/10.1016/j.aspen.2022.102022

4. Gebremariam A., Chekol Y., Assefa F. Extracellular enzyme activity of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* and their pathogenicity potential as a bio-control agent against whitefly pests, *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *BMC research notes*. 2022. Vol. 15(1). 117. https://doi.org/10.1186/s13104-022-06004-4

5. Kashkouli M., Khajehali J. Effects of antibiotic treatments on symbiotic bacteria and life history traits of *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae): implications for pest control strategies. *Journal of Economic Entomology.* 2025. Vol. 118(6) P. 3190–3201. https://doi.org/10.1093/jee/toaf136

6. Komagata Y., Sekine T., Oe T., Kakui S., Yamanaka S. Simultaneous use of *Beauveria bassiana* and *Bacillus subtilis*-based biopesticides contributed to dual control of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) and tomato powdery mildew without antagonistic interactions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 2024. Vol. 34(1). 18.2.

7. Lorenzo M. E., Pardo G., Bao L. Advances in biological control of pests in protected tomato crops in Uruguay. *Agrociencia Uruguay*. 2025. Vol. 29. DOI: 10.31285/AGRO.29.1782

8. Горяінов О. М., Станкевич С. В. Білокрилка теплична (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) – небезпечний шкідник овочевих культур в умовах закритого ґрунту. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 77–84. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.13

9. Albornoz M. V., Flores M. F., Calderón E., Bahamondes S. A., Verdugo J. A. Reproductive behavior of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) relative to different host plants in an intensive tomato crop region of Chile. *Horticulturae*. 2023. Vol. 9(6), 697. https://doi.org/10.3390/horticulturae9060697

10. Patel C., Srivastava R. M., Samraj J. M. Comparative study of morphology and developmental biology of two agriculturally important whitefly species *Bemisia tabaci* (Asia II 5) and *Trialeurodes vaporariorum* from North-Western Himalayan region of India. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2022. Vol. 65. e22210034. https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210034

11. Apak F. K. Population dynamics of the greenhouse whitefly [*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) Aleyrodidae, Hemiptera] in broccoli greenhouse in Malatya, Turkey. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2023. Vol. 20(1). P. 25–31.

12. Greenberg S. M., Legaspi Jr. B. C., Jones W. A., Enkegaard A. Temperature-dependent life history of *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on two whitefly hosts (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology*. 2000. Vol. 29(4). P. 851–860. http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-29.4.851

13. Rodrigo F., Burgueño A. P., González A., Rossini C. Better together: volatile-mediated intraguild effects on the preference of *Tuta absoluta* and *Trialeurodes vaporariorum* for tomato plants. *Journal of Chemical Ecology*. 2023. Vol. 49(11). P. 725–741. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3204061/v1

14. Martínez-García H., Sáenz-Romo M. G., Aragón-Sánchez M., Román-Fernández L. R., Sáenz-de-Cabezón E., Marco-Mancebón V. S., Pérez-Moreno I. Temperature-dependent development of *Macrolophus pygmaeus* and its applicability to biological control. *BioControl*. 2017. Vol. *62*(4). P. 481–493. DOI 10.1007/s10526-017-9798-8

15. Henderson C. F., Tilton E. W. Tests with acaricides against the brow wheat mite. J. Econ. Entomol. 1955. Vol. 48. P. 157–161.

Дата першого надходження статті до видання: 26.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 634.11:632.7:632.951
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.16

ШКІДЛИВА ЕНТОМОФАУНА НАСАДЖЕНЬ ЯБЛУНІ

Деменко В. М. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-8264-2802
Ємець О. М. *– к.б.н.,*
доцент кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-1228-1439
Татаринова В. І. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5008-2276
Бакуменко О. М. *– к.с.-г. н.,*
доцент кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-1625-7401
Бурдуланюк А. О. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-9258-7456
Півторайко В. В. *– д.філос.,*
ст. викладач кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-0179-8646

Представлено комплексний аналіз сучасного стану галузі садівництва в Україні та результати досліджень ентомокомплексу яблуневих садів. Встановлено пріоритетну роль зерняткових культур, які формують основу виробничого потенціалу галузі, з яких яблуня займає 45 % усіх площ плодово-ягідних насаджень. Особливу увагу приділено формуванню специфічного біоценотичного середовища в агроценозах яблуні, що зумовлено відсутністю сівозміни та тривалим циклом життя культури.

На основі аналізу регіональних досліджень ідентифіковано видовий склад шкідників, який налічує від 25 до 57 видів комах та кліщів. Головну загрозу насадженням становлять види, що належать до рядів Lepidoptera, Coleoptera та Homoptera. Встановлено, що ключовими групами фітофагів є ксилофаги, філофаги та карпофаги. Визначено критичні фази розвитку яблуні, зокрема «рожевий бутон», коли спостерігається пік активності комплексу довгоносиків (сірий бруньковий, квіткоїд), сисних шкідників (попелиці, кліщі) та листогризучих лускокрилих.

У ННВК Сумського НАУ зафіксовано циклічні спалахи чисельності оленки волохатої у 2016 році, яблуневої зеленої попелиці у 2017–2018 та 2021 роках, а також сірого бруньковового довгоносика у 2022 році. Детально висвітлено результати моніторингу в умовах Сумського НАУ (2022–2024 рр.). Доведено, що головним дестабілізуючим фактором лишається яблунева плодожерка (Cydia pomonella L.), яка в умовах північного сходу України

© Деменко В. М., Ємець О. М., Татаринова В. І., Бакуменко О. М., Бурдуланюк А. О., Півторайко В. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

розвивається у двох поколіннях. Пік активності першого покоління припадає на першу декаду червня, другого – на третю декаду липня. Встановлено, що без належного захисту пошкодженість плодів сягає 32,4–36,5 %.

Проведено оцінку ефективності сучасних інсектицидів у системі захисних заходів. Експериментально підтверджено перевагу препарату Люфокс 105 ЕС, застосування якого дозволяє знизити рівень пошкодженості плодів до 4,9–5,8 %.

Ключові слова: *яблуня, ентомокомплекс, яблунева плодожерка, Cydia pomonella (Linnaeus, 1758), фітофаги, моніторинг, інсектициди.*

Demenko V. M., Yemets O. M., Tatarynova V. I., Bakumenko O. M., Burdulaniuk A. O., Pivtorayko V. V. The harmful entomofauna of apple plantations

A comprehensive analysis of the current state of the horticulture industry in Ukraine and the results of the research on the entomological complex of apple orchards are presented. The priority role of pome fruit crops, which form the basis of the production potential of the industry, of which apple trees occupy 45 % of all areas of fruit and berry plantations, is defined. Particular attention is paid to the formation of a specific biocenotic environment in apple agrocenoses, which is due to the lack of crop rotation and the long life cycle of the crop.

Based on the analysis of regional studies, the species composition of pests has been identified, which includes from 25 to 57 species of insects and mites. The main threat to plantations is posed by species belonging to the orders Lepidoptera, Coleoptera and Homoptera. It has been defined that the key groups of phytophagous are xylophagous, phyllophageous and carpophageous. Critical phases of apple tree development have been identified, in particular the "pink bud" phase, when there is a peak in the activity of a complex of weevils (gray budworm, flower eater), sucking pests (aphids, mites), and leaf-eating lepidopterans.

At Educational and Scientific Production Complex of Sumy National Agrarian University (SNAU), cyclical outbreaks of Deer Hair Beetle in 2016, Green Apple Aphid in 2017–2018 and 2021, and Gray Bud Weevil in 2022 were recorded. The results of monitoring in the conditions of SNAU (2022–2024) are highlighted in detail. It has been proven that the main destabilizing factor remains Codling moth (Cydia pomonella L.), which in the conditions of northeastern Ukraine develops in two generations. The peak of activity of the first generation falls on the first decade of June, and that of the second generation – on the third decade of July. It has been defined that without proper protection, fruit damage reaches 32.4–36.5 %.

The effectiveness of modern insecticides in the system of protective measures was assessed. The advantage of the drug Lyufox 105 EC was experimentally confirmed, the use of which allows reducing the level of fruit damage to 4.9–5.8 %.

Key words: *apple tree, entomocomplex, Codling moth, Cydia pomonella (Linnaeus, 1758), phytophagous, monitoring, insecticides.*

Постановка проблеми. Аналіз галузі садівництва України підтверджує курс на послідовне оновлення основних засобів виробництва та важливу роль зерняткових культур у загальній структурі насаджень. Станом на 2023 рік площа насаджень плодових і ягідних культур у плодоносному віці склала 167 тис. га, а загальне валове виробництво продукції сягнуло 1996 тис. тонн. Яблуневі сади займають 82,5 тис. га, з яких 75,6 тис. га – плодоносні. Це становить 45 % від загальної площі всіх плодово-ягідних культур та понад 87 % від площ зерняткових насаджень. Валове виробництво яблук за підсумками 2023 року продемонструвало позитивну динаміку, склавши 1173 тис. тонн, що забезпечує левову частку загального врожаю фруктів у країні. За останні два роки закладено майже 3,5 тис. га нових садів, що створює підґрунтя для подальшого зростання обсягів виробництва [1, 2].

Багаторічні плодові насадження характеризуються значно вищим рівнем екологічної ємності та стабільності умов існування. Тривале перебування культури на одному місці створює ідеальні умови для постійного відтворення та нагромадження популяцій шкідливих організмів. Домінують спеціалізовані групи шкідників, які класифікуються за характером пошкоджень: ксилофаги: шкідники

деревини та пагонів, філофаги: пошкоджують листовий апарат, знижуючи фотосинтетичний потенціал, карпофаги: безпосередньо пошкоджують плоди, що призводить до значних втрат товарної якості та обсягів урожаю. Шкідники пошкоджують насадження яблуні впродовж усього вегетаційного періоду – від критичної фази розпускання бруньок до завершальних етапів збору врожаю [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У промислових садах північно-східного Лісостепу України провідну роль відіграють плодові довгоносики (Curculionidae) та трубкокрути (Attelabidae). Найбільшу загрозу становлять сірий бруньковий довгоносик, яблуневий квіткоїд, казарка та букарка. Найбільш небезпечним шкідником залишається яблунева плодожерка (*Cydia pomonella*). Попри те, що рівень пошкодження плодів у господарствах не перевищував 8,2 %, встановлено критичну залежність між інтенсивністю хімічного захисту та збереженням урожаю ($r = –0,97$). Яблунева плодожерка демонструє високу екологічну пластичність та здатність до формування резистентності (зокрема до тебуфенозиду та дифлубензурону). Постійним об'єктом контролю є також зелена яблунева попелиця, яка суттєво впливає на стан вегетативної маси дерев [4].

Видовий склад та особливості шкідливості членистоногих у промислових садах яблуні Богодухівського району у 2018–2023 рр. представлений 19 видами шкідливих комах та 8 видами кліщів-фітофагів. Найвище господарське значення протягом усього періоду мала яблунева плодожерка, тоді як активність інших шкідників – зокрема довгоносиків, оленки волохатої, зеленої попелиці, каліфорнійської щитівки та листової галиці – мала переважно локальний характер, хоча й залишалася економічно значущою. Виявлено домінування глодового (2018–2019) та звичайного павутинного (2020–2022) кліщів. Серед галових кліщів з 2019 року переважав яблуневий галовий кліщ [5]. Протягом 2022–2024 рр. в садах Харківщини було виявлено 57 видів комах із 6 рядів та 6 видів кліщів (ряд Acariformes). Домінуюче положення за кількістю видів посідають: лускокрилі (Lepidoptera) – 25 видів; твердокрилі (Coleoptera) – 17 видів; рівнокрилі (Homoptera) – 10 видів. Найвищу шкодочинність продемонстрували яблуневий квіткоїд, сірий бруньковий довгоносик, яблунева міль, яблунева плодожерка, каліфорнійська щитівка та павутинний кліщ [6].

За результатами досліджень Навчально-наукового центру ЛНУП встановлено, що основу ентомокомплексу яблуневого саду становлять представники рядів Homoptera та Lepidoptera. Видовий склад та інтенсивність заселення змінювалися відповідно до фенологічних фаз дерева. У фазу розпускання бруньок домінували твердокрилі фітофаги, що пошкоджують бруньки. Найбільшу чисельність мав яблуневий квіткоїд (*A. pomorum*), суттєву шкоду також завдавали сірий бруньковий довгоносик (*S. squalidus*) та букарка (*N. pauxillus*). У фазу рожевого бутона відзначено пік активності довгоносиків. Розпочалося формування колоній попелиць та поява гнізд листовійок (*A. rosana, A. crataegana*). Зафіксовано поодиноку присутність яблуневої медяниці та несправжньої яблуневої щитівки. У період формування плодів виявлено пошкодження плодів личинками яблуневого плодового пильщика та гусеницями яблуневої плодожерки. Найбільш критичним періодом за кількісними показниками шкідників є фаза рожевого бутона, коли відбувається одночасний розвиток комплексу довгоносиків, сисних шкідників та листогризучих лускокрилих [7].

Встановлено, що фітосанітарний стан яблуневих садів Передкарпаття має специфічні особливості, зумовлені унікальними ґрунтово-кліматичними умовами Карпатської гірської зони. За період 2015–2020 рр. провідне місце в структурі

пошкоджень посідає яблунева плодожерка, частка якої становить 37,9 %. Суттєву загрозу агроценозу становлять попелиці (19,1 %), листовійки (11,0 %) та комплекс кліщів (9,1 %). Значну частку в загальній шкодочинності займають яблунева міль (8,7 %), яблуневий квіткоїд (7,9 %) та оленка волохата (5,4 %). Сірий бруньковий довгоносик, букарка, казарка, яблунева листоблішка та шовкопряди зустрічалися з низькою чисельністю, проте їхня сукупна діяльність посилювала загальний негативний вплив на насадження. Це вимагає розробки адаптованих систем захисту, орієнтованих на контроль насамперед яблуневої плодожерки та сисних шкідників (попелиць і кліщів), які сумарно забезпечують понад 65 % усіх пошкоджень [8].

У садах Закарпаття найвищу чисельність та загрозу в регіоні становлять: яблунева плодожерка, квіткоїд яблуневий, американський білий метелик, а також комплекс попелиць (кров'яна та зелена яблунева) і шовкопрядів (непарний та кільчастий). Листогризучі та сисні шкідники листків (13 видів) наймасовіша група, що включає американського білого метелика, яблуневу міль, попелиць, шовкопрядів та листову галицю. Карпофаги (7 видів) представлені яблуневою та східною плодожерками, пильщиками та каліфорнійською щитівкою. Шкідників квітів та бутонів виявлено 4 види, серед яких домінують квіткоїд яблуневий та оленка волохата. Найбільшої шкоди брунькам завдають брунькова листовійка, золотогуз та казарка. Стеблові шкідники (5 видів) представлені західним непарним короїдом, щитівками та попелицями [9, 10].

Постановка завдання. Метою дослідження було проаналізувати закономірності формування ентомокомплексу в агроценозах яблуні, ідентифікувати повний видовий склад шкідників та оцінити ефективність сучасних інсектицидів у системі контролю яблуневої плодожерки. Базою досліджень був сад Навчально-наукового виробничого комплексу Сумського НАУ в період 2022–2024 рр. Методика досліджень передбачала проведення регулярних фенологічних спостережень та обліку щільності популяцій фітофагів шляхом візуального огляду 10 модельних дерев з підрахунком особин. Для моніторингу динаміки льоту та визначення чисельності яблуневої плодожерки (*Cydia pomonella*) (Linnaeus, 1758) застосовували клейові феромонні пастки [11].

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз результатів досліджень у регіонах України свідчить про високе видове різноманіття шкідників (від 25 до 57 видів комах), де провідну роль відіграють представники рядів Lepidoptera, Coleoptera та Homoptera.

Яблуневий квіткоїд, сірий бруньковий довгоносик, букарка та казарка становлять найбільшу загрозу від зеленого конуса до рожевого бутона. Спостерігається стабільна шкодочинність зеленої яблуневої попелиці та кліщів-фітофагів (глодового, павутинного, галового). У південних регіонах та Закарпатті специфічну небезпеку становить кров'яна попелиця та каліфорнійська щитівка. Найвідповідальнішим етапом є фаза рожевого бутона, коли відбувається накладання піків активності комплексу довгоносиків, сисних шкідників та листогризучих лускокрилих.

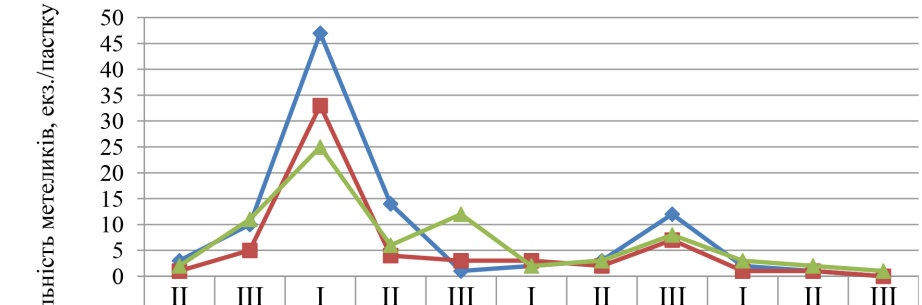
У сучасних технологіях вирощування плодових культур особлива увага приділяється екологізації захисту рослин. Традиційні системи захисту яблуні, що базувалися на 14–16 обробках за сезон із навантаженням до 75 кг/га, вичерпали свою ефективність. Незважаючи на значні обсяги використання інсектицидів і акарицидів (понад 1750 тис. кг/рік в Україні), втрати врожаю залишаються на рівні 10–15 % [12].

У ННВК Сумського НАУ захисні заходи в насадженнях яблуні базуються на принципах інтегрованого захисту. Це передбачає обмежене застосування

пестицидів – лише у випадках, коли чисельність фітофагів перевищує економічний поріг шкідливості (ЕПШ). Моніторинг ентомологічного стану саду протягом останніх років дозволив виявити періоди найбільшої активності ключових шкідників. Високий рівень чисельності та агресивності імаго оленки волохатої (*Epicometis hirta* Poda): відмічений у 2016 році. Шкідник становив суттєву загрозу в період цвітіння яблуні, пошкоджуючи генеративні органи дерев. Масовий розвиток попелиці яблуневої зеленої (*Aphis pomi* De Geer) фіксувався у 2017–2018 та 2021 роках. У ці періоди спостерігався середній ступінь заселення насаджень, що потребувало ретельного контролю за станом молодих пагонів та приросту. Сірий бруньковий довгоносик (*Sciaphobus squalidus* Gyll.) найбільшу шкодочинність проявив у 2022 році. Комахи активно пошкоджували бруньки на етапі їх розпускання, що могло призвести до зниження загальної врожайності [13]. Таким чином, вибірковий та обґрунтований підхід до проведення захисних заходів у саду ННВК Сумського НАУ дозволяє підтримувати баланс екосистеми, контролюючи спалахи чисельності шкідників.

Яблунева плодожерка (*Cydia pomonella* L.) залишається головним дестабілізуючим фактором у всіх природно-кліматичних зонах. Особливо висока інтенсивність льоту метеликів спостерігається на півдні України [14], де шкідник розвивається у трьох поколіннях [15].

У саду ННВК Сумського НАУ яблунева плодожерка має чітко виражені два покоління, які різняться за інтенсивністю та тривалістю льоту (рис. 1). Виліт метеликів починається у другій декаді травня за чисельності від 1 до 3 екз./пастку. Масовий літ припадає на першу декаду червня. Саме в цей період зафіксовано абсолютні максимуми: у 2022 р. – 47 екз./пастку, 2023 р. – 33 екз./пастку, 2024 р. – 25 екз./пастку. Після піку в першій декаді червня чисельність стрімко падає до другої-третьої декад червня. У першій-другій декаді липня літ метеликів становить 2–3 екз./пастку. Друге покоління розвивається у період дозрівання плодів. Максимум льоту метеликів другого покоління припадає на третю декаду липня. Чисельність імаго значно нижча за червневі показники: у 2022 р. – 12 екз./пастку; 2023 р. – 7 екз./пастку, 2024 р. – 8 екз./пастку. У серпні інтенсивність льоту поступово згасає. До третьої декади серпня кількість метеликів у пастках стає



	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	травень		червень			липень			серпень		
2022 р.	3	10	47	14	1	2	3	12	2	1	0
2023 р.	1	5	33	4	3	3	2	7	1	1	0
2024 р.	2	11	25	6	12	2	3	8	3	2	1

Рис. 1. Динаміка льоту імаго яблуневої плодожерки у ННВК Сумського НАУ

мінімальною. Кінець травня – перша половина червня є стратегічно важливим для контролю чисельності першої генерації. Для боротьби з другим поколінням основну увагу слід приділити третій декаді липня.

Для оцінки доцільності хімічного захисту та порівняння інсектицидів Люфокс 105 ЕС, 1,0 л/га та Колібріс, кс, 0,5 л/га було проведено моніторинг пошкодженості плодів протягом 2022–2024 років. Результати досліджень свідчать про надзвичайно високу активність шкідника на досліджуваних ділянках. На контролі пошкодженість плодів стабільно залишалася високою і коливалася в межах 32,4–36,5 %. Препарат Люфокс 105 ЕС демонстрував вищу ефективність ніж Колібріс, кс протягом років спостереження. При застосуванні Люфокс 105 ЕС рівень пошкодженості плодів вдалося утримати на мінімальному рівні – від 4,9 % до 5,8 % (рис. 2).

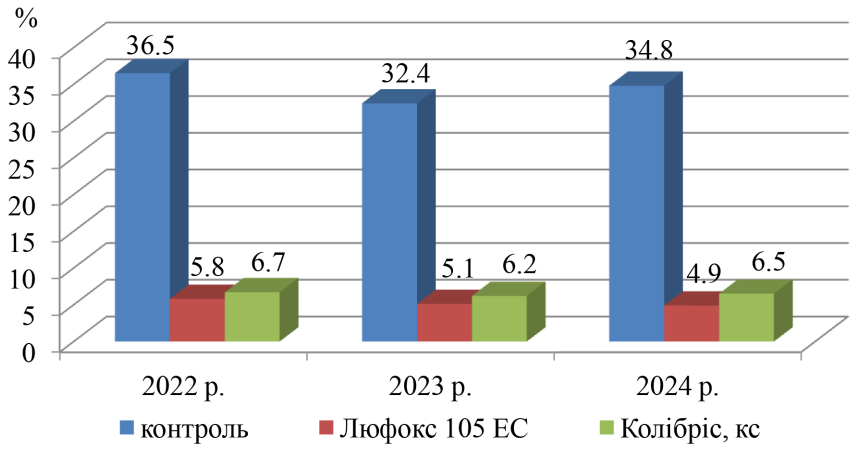


Рис. 2. Пошкодженість плодів гусеницями яблуневої плодожерки у ННВК Сумського НАУ

Висновки. На основі результатів моніторингу ентомологічного стану насаджень яблуні встановлена циклічність спалахів чисельності оленки волохатої у 2016 р., попелиці яблуневої зеленої (2017–2018, 2021 рр.) та сірого брунькового довгоносика у 2022 р. Вибірковий та науково обґрунтований підхід до захисних заходів забезпечує стабільність екосистеми саду. В умовах ННВК Сумського НАУ яблунева плодожерка розвивається у двох поколіннях, а на Півдні України – в трьох генераціях. Перше покоління є найбільш масовим: літ починається у другій декаді травня, а пік активності наступає в першій декаді червня. Друге покоління менш чисельне, з піком льоту у третій декаді липня. Висока природна шкідливість плодожерки підтверджується даними контролю, де пошкодженість плодів на рівні 32,4–36,5 %. Люфокс 105 ЕС забезпечив найнижчий рівень пошкодженості плодів – у межах 4,9–5,8 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бандура Л. П., Черних С. А., Яновський Ю. П. Захист інтенсивних яблуневих садів від комплексу фітофагів у степовій зоні України. *Agrology*, 4(3), 103–107. URL: http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/5465 (дата звернення: 28.12.2025). doi: 10.32819/021013.

2. Статистичний щорічник України за 2024 рік. Державна служба статистики України; за ред. І. Є. Вернера. Київ, 2025. 272 с.

3. Федоренко В. П., Мостов'як С. М., Мостов'як І. І. Екологічно безпечні методи контролю численності шкідників у сучасних агротехнологіях. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 4. С. 66–74. DOI:https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252957

4. Туренко В. П. Захист яблуневих насаджень від основних шкідників. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). С. 60–65. DOI:https://doi: 10.31210/spi2023.26.04.11

5. Васильєва Ю. В., Харченко Д. С. Основні шкідники яблуні у промислових насадженнях. *Захист і карантин рослин у XXI столітті: проблеми і перспективи*: матеріали ІІ Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. ювілейним датам від дня народження видатних вчених-ентомологів докторів біологічних наук, професорів О. О. Мігуліна та О. В. Захаренка 19–20 жовтня 2023 р. Харків, 2023. С. 29–31.

6. Поповічук А. В., Мухіна О. Ю. Комплекс членистоногих-шкідників яблуні (*Malus domestica* (Suckow) Borkh.) Богодухівського району Харківської області. *Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія*. 2024. Том 26. № 1. С. 33–41. https://doi.org/10.34142/2708-5848.2024.26.1.04

7. Голячук Ю., Косилович Г., Гулько Б. Шкідливий ентомокомплекс яблуневого саду. *Вісник Львівського національного екологічного університету. Серія «Агрономія»*. 2025. № 29. С. 161–166. DOI: https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.161

8. Гунчак М. В. Екотоксикологічне обґрунтування хімічних систем захисту яблуні (Malus) від шкідливих організмів в умовах Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 109–122. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283703

9. Салька О. Особливість формування ентомокомплексуагросистем садів яблуні червоном'ясих сортів. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Біологія»*. 2023. Випуск 55. С. 68–74. DOI: https://doi.org/10.32782/1998-6475.2023.55.68-74

10. Фельбаба-Клушина Л., Глюдзик-Шемота М. Оцінка плодових зерняткових культур на стійкість до шкідників в умовах низини Закарпаття. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Біологія»*. 2023. Випуск 54. С. 123–127. DOI: https://doi.org/10.32782/1998-6475.2023.54.123-127

11. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур: навч. посіб./ С. В. Станкевич та ін. Харків : Бровін О. В, 2020. 623 с.

12. Фоменко О. О. Оцінка хімічних препаратів для захисту яблуні від шкідників за екотоксикологічними показниками. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 3. С. 116–127. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287770

13. Деменко В. М., Ємець О. М. Заходи захисту яблуні від шкідників. *Проблеми екології та екологічно орієнтованого захисту рослин*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. факультету захисту рослин Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва (29–30 жовтня 2020 року). Харків : ХНАУ, 2020. С. 52–54.

14. Котелевич Н. В., Сілецька О. В. Аналіз формування врожаю яблук залежно від застосування пестицидів проти яблуневої плодожерки в умовах Півдня України. *Перспектива*: *збір. наук. праць ХДАЕУ*. Херсон: РВВ ХДАЕУ. 2021. Вип. 36. С. 36–41.

15. Розова Л. В. Яблунева плодожерка. Особливості розвитку в умовах південного Степу України. *Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду*: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Мелітополь, 22 квітня 2021 р.); Мелітополь : ТДАТУ, 2021. С. 41–43.

Дата першого надходження статті до видання: 12.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.358:631.53.04:631.582(292.486)(477)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.17

СУЧАСНИЙ СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНОКУЛЯНТІВ І ФУГІЦИДНИХ ПРОТРУЙНИКІВ ПРИ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ

Деревенець-Шевченко К. А. *– к.б.н., с.н.с.,*
провідний науковий співробітник лабораторії захисту рослин,
Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-0469-0972
Матюха В. Л. *– д.с.-г.н., с.н.с.,*
в. о. завідувача лабораторії захисту рослин,
Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України Дніпро
orcid.org/0000-0002-5657-3524
Шевченко С. М. *– д.с.-г.н., професор,*
професор кафедри загального землеробства та грунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-1666-3672
Мороз А. О. *– аспірант кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,*
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0001-3687-5752
Черних С. А. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри агрохімії,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-8106-9901

Мета огляду – узагальнити сучасні підходи, проблеми та перспективи поєднаного застосування інокулянтів і фунгіцидних протруйників у технології вирощування гороху (Pisum sativum L.) з позицій агрономічної, економічної та біоенергетичної ефективності. На основі критичного аналізу вітчизняних і зарубіжних публікацій систематизовано дані про вплив штамів Rhizobium leguminosarum bv. viciae, носіїв та способів внесення інокулянтів, а також діючих речовин насіннєвих фунгіцидів (за FRAC-класифікацією) на схожість, ранню нодуляцію, активність нітрогенази, продуктивність і економіку технології в умовах Степу України. Показано, що інокуляція стабільно підвищує ефективність симбіотичної азотфіксації та врожайність за умови технологічної сумісності з протруйниками, коректного часу обробок і вибору препаративної форми. Разом із тим, низка діючих речовин насіннєвих фунгіцидів (зокрема дитиокарбамати, окремі ДМІ-триазоли) може зменшувати життєздатність ризобій і відтерміновувати формування бульбочок. Відносно сприятливі до симбіозу комбінації описано для деяких фенілпіколамідів/феніламінів (наприклад, металаксил-вмісні формуляції), що потребує локального обґрунтування на конкретних штамах і сортах. Узагальнено практичні рішення щодо підготовки у часі протруйник – (висихання) – інокуляція в день сівби, інокуляція у борозну або по рядку з підвищеним титром, використання полімерних бар'єрів і ротація препаратів за FRAC-стратегією. Економічні та біоенергетичні оцінки свідчать, що додаткові витрати на інокуляцію окупаються завдяки приросту врожаю й коефіцієнта енергетичної ефективності за

© Деревенець-Шевченко К. А., Матюха В. Л., Шевченко С. М., Мороз А. О., Черних С. А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

умови сумісних схем. Запропоновано алгоритм прийняття рішень для господарств, а саме діагностика патогенного фону – добір протруйника – вибір штаму та носія і способу внесення – перевірка сумісності на ділянці – масштабування. Окреслено напрями, що потребують подальшого вивчення, це відсутність уніфікованих локальних протоколів штам × інокулянт × протруйник × сорт і потреба довгострокових досліджень впливу на якість зерна та баланс ґрунтового азоту.

Ключові слова: *горох, інокуляція, інкрустація, попередник, симбіотична азотфіксація, фунгіцидні протруйники, технологія вирощування, економічна ефективність, біоенергетична ефективність.*

Derevenets-Shevchenko K. A., Matiukha V. L., Shevchenko S. M., Moroz A. O., Chernykh S. A. Current status, problems and prospects of the use of inoculates and fugicidal antioquicids in pea growing

The aim of this review is to synthesise current approaches, challenges and prospects for the combined use of inoculants and fungicidal seed treatments in pea (Pisum sativum L.) production, assessed through agronomic, economic and bioenergetic lenses. Based on a critical appraisal of Ukrainian and international literature, we systematise evidence on the effects of Rhizobium leguminosarum bv. viciae strains, inoculant carriers and application methods, as well as seed-applied fungicide active ingredients (by FRAC mode-of-action groups) on seedling performance, early nodulation, nitrogenase activity, yield formation and overall techno-economic performance under Forest-Steppe and Steppe conditions of Ukraine. Inoculation consistently enhances symbiotic N_2 fixation and yield provided technological compatibility with fungicidal dressings, appropriate timing of operations and a suitable carrier (peat, liquid, polymer). Conversely, several seed fungicides – particularly dithiocarbamates (e.g., thiram) and some DMI triazoles – can reduce rhizobial viability on the seed and delay early nodulation; comparatively "softer" combinations have been reported for phenylamide (acylalanilide) fungicides (e.g., metalaxyl), though these require local validation for specific strains and cultivars. Practical solutions are summarised: temporal separation of operations treat – dry – inoculate on the day of sowing, in-furrow/seed-row inoculation at an elevated titre, use of polymer barriers, and FRAC-based rotation of modes of action. Economic and bioenergetic assessments indicate that the additional cost of inoculation is offset by yield gains and a higher energy efficiency coefficient when compatibility is ensured. We propose a decision algorithm for farms: pathogen diagnostics – selection of seed-treatment MoA – choice of strain/carrier and application method – small-plot compatibility test – scale-up. Key gaps remain: absence of standardised local protocols for the strain × inoculant × seed fungicide × cultivar matrix and a need for long-term studies on grain quality and soil-nitrogen balance.

Key words: *pea; inoculation, incrustation, preceding crop, symbiotic nitrogen fixation, fungicidal seed treatments, cultivation technology, economic efficiency, bioenergetic efficiency.*

Постановка проблеми. Горох є ключовою бобовою культурою для білкового та азотного балансу короткоротаційних сівозмін, оскільки завдяки симбіозу з *Rhizobium leguminosarum bv. viciae* здатний покривати значну частку власної потреби в азоті й залишати після себе азот для наступної культури. Проте фактична реалізація цього потенціалу часто обмежується двома взаємопов'язаними чинниками: високим фітопатогенним тиском насіннєвих і ґрунтових інфекцій (комплекс *Ascochyta, Fusarium, Pythium, Rhizoctonia*), що знижують енергію проростання насіння, густоту стояння рослин та продуктивність; нестабільністю нодуляції та ефективності азотфіксації під впливом абіотичних стресів і технологічних факторів [2, 9, 13].

Фунгіцидне протруювання насіння є базовим інструментом контролю ранніх інфекцій, однак дія низки діючих речовин і допоміжних компонентів формуляцій може пригнічувати життєздатність інокулянтів і колонізацію кореня. У виробничих умовах це породжує технологічну дилему: як одночасно забезпечити надійний захист насіння та зберегти ефективний симбіоз без втрати врожайності й білковості. Додатково проблему загострює варіабельність результатів залежно від типу

носія інокулянта (торф'яний, рідкий, полімерний), способу й часу нанесення (на насіння або у рядок; одразу перед сівбою чи з інтервалом), якості насіння, попередника, а також агрометеорологічних умов Степу і Лісостепу України. В умовах порушених логістичних ланцюгів та зміни фітосанітарного профілю полів (воєнний час) зростає потреба в простих, надійних і відтворюваних рішеннях [3, 7, 25].

Наразі бракує уніфікованих, прив'язаних до локальних продуктів і умов, протоколів сумісності протруйник – інокулянт, а також узагальнених оцінок їхнього впливу на нодуляцію, урожай та економіку і біоенергетику технології. Відсутність таких регламентів призводить до протилежних практик у господарствах, а саме від повної відмови від інокуляції до змішування препаратів у багатокомпонентній суміші, що підвищує ризик втрати азотфіксаційного ефекту або недостатнього фітосанітарного захисту [18, 24, 26].

Отже, науково-практична проблема полягає у розробленні доказових, адаптованих до умов степової зони підходів до комбінованого застосування інокулянтів і фунгіцидних протруйників при вирощуванні гороху – з чіткими алгоритмами вибору препаратів, технології нанесення та часу, які забезпечують стабільну нодуляцію, контроль ранніх інфекцій і приріст урожайності та білка при прийнятній собівартості та екологічній безпеці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні українські дослідження демонструють, що інокуляція гороху штамами *Rhizobium leguminosarum* є стабільно ефективним елементом технології, зокрема за використання локально адаптованих штамів і допоміжних ад'ювантів. Наприклад, випробування штаму *R. leguminosarum* Г222 в Інституті сільського господарства мікробіології та АПВ НААН показали підвищення економічної та енергетичної ефективності, особливо у поєднанні з полісахаридно-білковим комплексом (зниження собівартості, зростання рентабельності; коефіцієнт енергетичної ефективності зростав завдяки кращій урожайності) [4]. Додатково, за даними вітчизняних вчених, передпосівна обробка насіння біопрепаратами та добір сорту підсилюють симбіотичну активність і формування бульбочок, що закладає основу для реалізації потенціалу біологічної фіксації азоту в умовах Лісостепу й Степу України [1].

Вітчизняні наукові праці також системно висвітлюють фунгіцидне протруювання та його поєднання з інокуляцією. Серія польових дослідів у Північному Степу засвідчила, що інкрустація насіння препаратами фунгіцидної й рістрегулювальної дії (Вітавакс-200 ФФ тощо) та інокуляція (ризогумін, поліміксобактерин, фосформобілізуючі бактерії) можуть підвищувати рівень симбіотичної азотфіксації на 14–33 % залежно від фону живлення й сорту; у ряді комбінацій ефект був максимальним саме при поєднанні інкрустації з інокуляцією [5]. Водночас, за умов високого інфекційного фону кореневих гнилей ефективність системи захисту з протруйниками (хімічними й біологічними) чітко корелювала зі зменшенням ураженості та приростом урожайності, що підтверджує доцільність передпосівного хімічного захисту як базового елементу технології гороху за ризику комплексу ґрунтових патогенів [6]. На практичному рівні інтегровані схеми протруйник та інокулянт вже застосовуються у виробничих та дослідних посівах в Україні, демонструючи суттєву реалізацію урожайного потенціалу за належної агротехніки та захисту протягом вегетації [7].

Разом з тим, за даними міжнародних досліджень, сумісність інокулянтів із протруйниками є різною: частина діючих речовин насіннєвих фунгіцидів (особливо тирам, окремі триазоли) може знижувати життєздатність ризобій на насінині, пригнічувати ранню нодуляцію і змінювати морфогенез бульбочок гороху.

Це підтверджено мікроскопією, гістологічними та транскриптомними ознаками ушкоджень (зміни стінок клітин, інфекційних ниток, передчасне старіння інфікованих клітин) [13]. Узагальнювальні праці повідомляють, що насіннєві пестициди можуть зменшувати виживаність ризобій і нодуляцію в польових умовах, тому критично важливими є добір менш токсичних діючих речовин, технологічні розділювачі у часі (спочатку протруйник, далі інокуляція), або використання сумісних формуляцій [22]. Сучасні результати також вказують, що металаксил-вмісні протруйники можуть бути менш токсичними до ризобій, порівняно з дитиокарбаматами, що відкриває шлях до безпечніших комбінацій, хоча ступінь сумісності варіює і потребує локальної обґрунтованості на конкретних штамах і сортах [23]. На фоні цього, сучасні агрономічні схеми (інокуляція + оптимізований мінеральний фон) показують стабільний приріст урожайності та білка в посівах гороху, але з обов'язковим урахуванням токсикології насіннєвого захисту до симбіозу [29].

Узагальнюючи, в українських умовах уже накопичено переконливі докази користі інокуляції гороху та практики її поєднання з передпосівним фунгіцидним захистом, але ключовим обмеженням лишається неповна стандартизація сумісності – штам × інокулянт × протруйник × сорт. Актуальними є дослідження для різних ґрунтово-кліматичних зон України щодо: добору конкретних діючих речовин протруйників, сумісних із R. *leguminosarum*; технологічних варіантів між протруєнням і інокуляцією; використання захисних ад'ювантів для підвищення виживаності ризобій на насінині; довгострокового ефекту на якість зерна та баланс азоту ґрунту. Це відображає і світовий тренд: переваги інокуляції реалізуються максимально тоді, коли насіннєвий захист підбирають за критерієм мінімального впливу на симбіоз і правильно інтегрують у технологію вирощування [14].

Постановка завдання. Метою огляду є узагальнити та критично оцінити сучасні підходи до поєднаного застосування інокулянтів і фунгіцидних протруйників у технології вирощування гороху з позицій агрономічної ефективності та безпеки симбіозу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Симбіоз гороху з *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* ініціюється молекулярним розпізнаванням сигналів і формуванням інфекційних ниток, що веде до органогенезу бульбочок; ефективність нітрогенази оцінюють за інтенсивністю фіксації N_2 та характерним рожево-червоним забарвленням бульбочок (леггемоглобін) [20]. Регуляція нодуляції чутлива до статусу азоту: надлишок доступних нітратів пригнічує ініціацію бульбочок і прискорює їх природному відмиранню, тоді як дефіцит азоту активує симбіоз. Це інтегрується на рівні всієї рослини через системні сигнальні контури попиту на N [20]. Практично підтверджено, що додаткова активація ранніх сигналів (наприклад, обробка насіння ліпо-хітоолігосахаридами/Nod-факторами) може підвищувати нодуляцію та активність нітрогенази у горохові в більш сухі сезони [27].

Носії інокулянтів (торф'яні, рідкі, гелеві, полімерні) слугують для підтримання високого титру життєздатних клітин до моменту проростання, тому вибір носія визначає виживаність і рівномірність колонізації кореня [9, 12]. Сучасні формуляції (включно з мікрокапсуляцією/біополімерними покриттями) покращують стабільність і дають змогу ко-інокуляції з PGPR/AMF/*Trichoderma*, що розширює агрономічний ефект у мінливих умовах волого забезпечення [9]. Ключовим технологічним чинником залишається спосіб і час внесення: на насіння, у борозну або по рядку безпосередньо перед сівбою, з мінімальним інтервалом між інокуляцією і загортанням – для збереження титру та конкурентоспроможності штаму [9, 12].

У польових умовах Степу України ключовими стартовими патогенами гороху є комплекс *Ascochyta* spp., а також *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*; вони знижують польову схожість і спричиняють кореневі гнилі, що обґрунтовує застосування протруйників у схемі стартового захисту [6]. Для насіння гороху у практиці використовують діючі речовини різних класів (FRAC-коди), зокрема тирам (FRAC M03), металаксил(-M) (FRAC 4), тіабендазол (FRAC 1), DMI-триазоли (FRAC 3) та їхні комбінації. Вирішальним є підбір схеми за домінантними патогенами та ротацією механізмів дії.

Сумісність інокулянтів із насіннєвими протруйниками варіює: встановлено, що тирам і низка інших діючих речовин знижують виживаність ризобій на насінині та можуть пригнічувати ранню нодуляцію гороху; у частині комбінацій ефект проявляється і в полі [13, 23]. Польові дослідження на горохові також показали, що внесення металаксил-вмісних протруйників без тираму може бути прийнятнішим для симбіозу, тоді як додавання тираму частіше погіршує показники нодуляції та росту [17]. Механізми несумісності охоплюють токсичність діючих речовин і допоміжних компонентів (розчинники, ПАР), локальні зміни pH у мікроплівці на насінині та осмотичні стреси; технологічно це нівелюють розділенням у часі (спочатку протруєння, після висихання – інокуляція в день сівби), застосуванням полімірних бар'єрів або переходом на внесення інокулянта у борозну по рядку з підвищеним титром [9, 12].

В виробничих та дослідних умовах інокуляція стабільно підсилює симбіотичну активність і, за правильно підібраним фоном живлення, підвищує урожайність і збір білка; величина ефекту залежить від сорту та густоти стояння рослин [21]. У схемах, де поєднано інокуляцію з помірними стартовими дозами мінерального живлення, зафіксовано статистично значущі прирости врожаю гороху в посушливі роки або на землях з низькою культурою землеробства [15, 27]. Агрономічна варіабельність результатів пояснюється відмінностями типів ґрунтів, сезонною погодою, попередником, нормою сівби й густотою стеблостою. Тому практичне порівняння схем «без/з інокуляцією», «без/з протруйником», «комбіновано» слід проводити з урахуванням локальної фітосанітарної ситуації й сумісності препаратів [16, 21].

Наукові дані свідчать, що інокуляція сучасними штамами *R. leguminosarum* підвищує рентабельність вирощування гороху і коефіцієнт енергетичної ефективності. Додаткові енерговитрати на біопрепарат забезпечують окупність енерговмістом додаткового врожаю, що виправдовує включення інокуляції до базової технологічної карти навіть за мінливих цін на ЗЗР і добрива [28].

Інтегрована стратегія контролю резистентності передбачає ротацію механізмів дії (за FRAC), мінімізацію повторних застосувань одного препарату та поєднання із біоконтролем. Для біологічних засобів (інокулянтів/біостимуляторів) оптимальні рекомендації щодо доказовості ефективності та безпечності наводяться в сучасних оглядах, що підтримує науково підхід до їх впровадження [15].

Логістичні перебої, регіональні зміни фітосанітарного тиску та неоднорідність ґрунтових умов підвищують ціну помилки в початкових операціях і роблять симбіотичний компонент живлення особливо важливим. Для господарств доцільним є перехід на адаптовані локальні схеми, а саме добір сумісних комбінацій протруйник та інокулянт, інокуляція проводити в день сівби або у борозну, коригування норм висіву та живлення під конкретну грунтово-кліматичну зону.

Алгоритм прийняття рішень включає послідовність: діагностика патогенного фону – вибір FRAC-стратегії насіннєвого захисту – добір форми інокулянта/носія

і технології нанесення – час обробки – перевірка сумісності на невеликій виробничій ділянці [8, 10, 11, 19].

Висновки та пропозиції. За результатами систематизованого аналізу вітчизняних та зарубіжних публікацій щодо інокулянтів і фунгіцидних протруйників у технології вирощування гороху сформульовано такі узагальненні наукові технологічні позиції.

Інокуляція гороху локально адаптованими штамами *Rhizobium leguminosarum bv. viciae* є надійним інструментом підвищення ефективності симбіотичної азотфіксації. Зростає кількість і частка ефективних бульбочок, поліпшується азотний статус рослин, що за збалансованого живлення трансформується у приріст урожайності та збору білка, особливо на полях з низькою культурою землеробства бобових і за стресових умов.

Передпосівне протруювання – базова ланка контролювання насіннєво-ґрунтових інфекцій (*Ascochyta* spp., *Fusarium, Pythium, Rhizoctonia*), однак результат комбінування з інокуляцією визначається сумісністю, а саме окремі діючі речовини можуть знижувати життєздатність ризобій і пригнічувати ранню нодуляцію. Оптимум досягається технологічним розведенням у часі між протруюванням та інокуляцією, добором сумісних або переходом на інокуляцію у рядку чи використанням полімерного покриття.

Найбільш стабільний агрономічний ефект забезпечує інтегрована схема інокуляція + сумісний насіннєвий захист + оптимізоване живлення, із контролем якості інокуляції. Варіабельність польових результатів зумовлена ґрунтово-кліматичними умовами, сортом і щільністю стеблостою, що вимагає локальної адаптації.

Економічна й біоенергетична доцільність інокуляції підтверджується підвищенням рентабельності та енергоефективності технології, тобто екологічна надійність – дотриманням FRAC-стратегії, мінімізацією впливу на симбіоз і охороною праці. Для умов України (у т.ч. за воєнних логістичних обмежень і локально порушених ґрунтів) пріоритетними є використання локально адаптованих штамів, удосконалені технологічні карти та господарські випробування сумісності препаратів перед масовим впровадженням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вуйко О. М. Симбіотична активність гороху посівного залежно від сортового складу та передпосівної обробки. Аграрні інновації. 2023. 22. 20–24. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.3

2. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Урожайність зерна гороху залежно від передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. аграрні інновації. 2024. 23. 228–233. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.33

3. Гирка А. Д., Бочевар О. В., Малоок В. С., Сидоренко Ю. Я., Ільєнко О. В., Алєксєєв Я. В. Вплив попередників, мінеральних добрив та норм висіву насіння на врожайність зерна гороху в Північному Степу України. зернові культури. 2024. 8(1). 77–83. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0314

4. Козар С. Ф., Халеп Ю. М., Євтушенко Т. А., Вороная О. В. Економічна та енергетична ефективність інокуляції гороху за вирощування культури в системі органічного виробництва. Сільськогосподарська мікробіологія. 2023. 38. 51–58. https://doi.org/10.35868/1997-3004.38.51-58

5. Лемішко С. М. Оцінка впливу інкрустації та інокуляції насіння гороху хімічними та біологічними препаратами на розміри симбіотичної фіксації за різних умов живлення. таврійський науковий вісник. 2020. № 116 (ч.1). 215–222. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.29

6. Лемішко С. М., Черних С. А., Пашова В. Т. Кореневі гнилі агрофітоценозів гороху в умовах Північного Степу України. Таврійський науковий вісник. 2021. 121. 58–66. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.8

7. Лихочвор В. В., Андрушко М. О. Продуктивність гороху залежно від сорту та норми висіву. вісник аграрної науки причорномор'я. 2020. 24(2). 63–70. https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-2(106)-6

8. Ткаліч Ю. І., Козечко В. І., Шевченко С. М., Бондаренко А. С. Інкрустація насіння як фактор регулювання схожості та урожайності кукурудзи і соняшника в умовах степової зони. Таврійський науковий вісник № 143. Частина 2. 2025. С. 105–113. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.13

9. Bashan Y., de-Bashan L. E., Prabhu S. R., Hernandez J. P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). Plant and Soil. 2014. 378. 1–33. https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x

10. Bolton M. D., Thomma B. P. H. J., Nelson B. D. Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. molecular plant pathology. 2006. 7(1). 1–16. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x

11. Cardarelli M., Woo S. L., Rouphael Y., Colla G. Seed treatments with microorganisms can have a biostimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. plants. 2022. 11(3). 259. https://doi.org/10.3390/plants11030259

12. Deaker R., Roughley R. J., Kennedy I. R. Legume seed inoculation technology – A review. Soil Biology and Biochemistry. 2004. 36(8). 1275–1288. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.04.009

13. Dunfield K. E., Siciliano S. D., Germida J. J. The fungicides thiram and captan affect the phenotypic characteristics of Rhizobium leguminosarum strain C1 as determined by FAME and Biolog analyses. Biology and Fertility of Soils. 2000. 31(3). 303–309. https://doi.org/10.1007/s003740050660

14. Goyal R. K., Mattoo A. K., Schmidt M. A. Rhizobial–host interactions and symbiotic nitrogen fixation in legume crops toward agriculture sustainability. frontiers in microbiology. 2021. 12. 669404. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.669404

15. Huang J., Chang G., Jones C., Gan Y. Efficacy of starter N fertilizer and rhizobia inoculant in dryland field pea. Soil Science and Plant Nutrition. 2017. 63(4). 413–422. https://doi.org/10.1080/00380768.2017.1315834

16. Huang J., Gan Y., Lupwayi N., Hao X., Selles F. Efficacy of starter N fertilizer and rhizobia inoculant in dry pea in a semi-arid environment. soil science and plant nutrition. 2017. 63(3). 264–273. https://doi.org/10.1080/00380768.2017.1315834

17. Kutcher H. R., Brandt S. A., Smith E. G., Ulrich D., Malhi S. S., Johnston A. M., Lafond G. P. Rhizobium inoculant and seed-applied fungicide effects on field pea production. Canadian Journal of Plant Science. 2002. 82(4). 645–651. https://doi.org/10.4141/P01-180.4

18. Kutcher H. R., Brandt S. A., Smith E. G., Ulrich D., Malhi S. S., Johnston A. M., Nye B. Rhizobium inoculant and seed-applied fungicide effects on field pea production. canadian journal of plant science. 2002. 82(4). 645–651. https://doi.org/10.4141/P01-180

19. Lemishko, S., Kharytonov, M., Pashova, V., & Tkalich, Y. (2023). The impact of the pea seed treatments with bio-fertilizers and bio-agents on the level of plant nitrogen symbiotic fixation. Scientific Papers. Series A. Agronomy, 66(2), 302–309.

20. Lepetit M., Brouquisse R. Control of the rhizobium–legume symbiosis by the plant nitrogen demand is tightly integrated at the whole plant level and requires inter-organ systemic signaling. Frontiers in Plant Science. 2023. 14. 1114840. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1114840

21. Lykhochvor V. V., Andrushko M. O. Pea productivity depending on variety and sowing rate. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 2020. 24(2). 54–62. https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-2(106)-6.1

22. Rathjen J. R., Ryder M. H., Lai T. V., Brand J., Riley I. T., Denton M. D. The impact of fungicides with contrasting toxicities to rhizobia on the growth and nodulation of pulses in southern Australia. crop and pasture science. 2025. 76(9). https://doi.org/10.1071/CP24381

23. Rathjen J. R., Ryder M. H., Riley I. T., Lai T. V., Denton M. D. Impact of seed-applied pesticides on rhizobial survival and legume nodulation. Journal of Applied Microbiology. 2020. 129(2). 389–399. https://doi.org/10.1111/jam.14602.3

24. Rathjen J. R., Ryder M. H., Riley I. T., Lai T. V., Denton M. D. Impact of seed-applied pesticides on rhizobial survival and legume nodulation. journal of applied microbiology. 2020. 129(2). 389–399. https://doi.org/10.1111/jam.14602

25. Rouphael Y., Colla G. Biostimulants in agriculture. frontiers in plant science. 2020. 11. 40. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040

26. Santos M. S., Rodrigues T. F., Nogueira M. A., Hungria M. The challenge of combining high yields with environmentally friendly bioproducts: a review on the compatibility of pesticides with microbial inoculants. agronomy. 2021. 11(5). 870. https://doi.org/10.3390/agronomy11050870

27. Siczek A., Lipiec J., Wielbo J., Kidaj D., Szarlip P. Symbiotic activity of pea (Pisum sativum) after application of Nod factors under field conditions. International Journal of Molecular Sciences. 2014. 15(5). 7344–7351. https://doi.org/10.3390/ijms15057344

28. Yakhin O. I., Lubyanov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. Frontiers in Plant Science. 2017. 7. 2049. 12

29. Yakhin O. I., Lubyanov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. frontiers in plant science. 2017. 7. 2049. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049

30. Yeremko L., Hanhur V., Staniak M. Effect of mineral fertilization and seed inoculation with microbial preparation on seed and protein yield of pea (*Pisum sativum* L.). agronomy. 2024. 14(5). 1004. https://doi.org/10.3390/agronomy14051004

Дата першого надходження статті до видання: 14.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633/631.8
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.18

УРОЖАЙНІСТЬ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

Дідур І. М. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-6612-6592
Банул С. О. *– аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,*
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0009-0001-4655-7889

Серед багатьох чинників технології вирощування ріпаку, вагома роль належить удобренню. Добрива відіграють ключову роль у вирощуванні ріпаку, адже ця культура потребує інтенсивного живлення, поглинаючи з ґрунту значну кількість елементів, таких як азот, фосфор, калій, сірка та бор. Вони сприяють активному росту рослин, розвитку потужної кореневої системи, формуванню високого врожаю і стійкості до різних стресових факторів. Для досягнення максимальної врожайності та високої якості олії важливо дотримуватись збалансованого підходу до внесення добрив, зокрема забезпечити стартове живлення восени та здійснювати азотно-сіркові підживлення у весняний період.

Мета досліджень – встановити вплив системи удобрення із застосуванням борних мікродобрив на динаміку збереження рослин впродовж вегетації та урожайність насіння ріпаку озимого.

Система удобрення ріпаку озимого включала 4 варіанти: 1 – без добрив (контроль); 2 – $N_{120}P_{60}K_{60}$; 3 – $N_{120}P_{60}K_{60}$ + мікродобриво Оракул колофермін бору, 3 л/га; 4 – $N_{120}P_{60}K_{60}$ + мікродобриво Еколайн Бор, 3 л/га. Мінеральні добрива вносили у кілька прийомів: $N_{60}P_{60}K_{60}$ – у передпосівну культивацію розкидним способом, використовуючи комплексне добриво нітроамофоску. Решту мінерального азоту N_{60} вносили при відновленні вегетації (фаза росту стебла ВВСН 20-39) розкидним способом у вологий ґрунт, використовуючи аміачну селітру. Вносили мікродобрива двічі: в осінній період у фазу 4–6 справжніх листків для стимулювання розвитку кореневої системи, що сприяє накопиченню цукрів у кореневій шийці та підвищує зимостійкість; та у фазу бутонізації для покращення зав'язування стручків. Норма внесення мікродобрив за один прийом становила 1,5 л/га. Вносили препарати у вигляді листкового підживлення методом обприскування, використовуючи 200 л/га робочої рідини.

Встановлено, що варіант удобрення ріпаку озимого $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Оракул колофермін бору, 3 л/га, сприяє найвищому збереженню рослин до кінця вегетації – 459,87 тис. шт./га, що склало 83,6 % від висіяного насіння та на 20,0 % більше рослин, ніж було на контролі, без внесення добрив. Це й же варіант забезпечив найвищу урожайність насіння – 3,5 т/га. Приріст склав 48,6 % відносно контролю та 12,9 % відносно удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$.

Ключові слова: *ріпак озимий, урожайність, мінеральні добрива, мікродобрива, густота.*

Didur I. M., Banul S. O. Winter rape yield depends on the fertilization system

Among the many factors of rapeseed growing technology, a significant role belongs to fertilization. Fertilizers play a key role in rapeseed growing, as this crop requires intensive nutrition, absorbing a significant amount of elements such as nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur and boron from the soil. They contribute to active plant growth, the development of a powerful root system, the formation of high yields and resistance to various stress factors. To achieve maximum yield and high quality oil, it is important to adhere to a balanced approach to fertilizer application, in particular, to provide starting nutrition in the fall and to carry out nitrogen-sulfur top dressing in the spring.

© Дідур І. М., Банул С. О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The purpose of the research is to establish the influence of a fertilization system using boron microfertilizers on the dynamics of plant survival during the growing season and the yield of winter rapeseed.

The winter rapeseed fertilization system included 4 options: 1 – no fertilizers (control); 2 – $N_{120}P_{60}K_{60}$*; 3 –* $N_{120}P_{60}K_{60}$ *+ microfertilizer Orakul colofermin boron, 3 l/ha; 4 –* $N_{120}P_{60}K_{60}$ *+ microfertilizer Ecoline Bor, 3 l/ha. Mineral fertilizers were applied in several doses:* $N_{60}P_{60}K_{60}$ *– in pre-sowing cultivation by spreading method, using complex fertilizer nitroammofosk. The remaining mineral nitrogen* N_{60} *was applied during the resumption of vegetation (stem growth phase BBCH 20-39) by spreading method into moist soil, using ammonium nitrate. Microfertilizers were applied twice: in the autumn period in the phase of 4–6 true leaves to stimulate the development of the root system, which contributes to the accumulation of sugars in the root neck and increases winter hardiness; and in the budding phase to improve pod setting. The rate of application of microfertilizers per dose was 1.5 l/ha. The preparations were applied as foliar top dressing by spraying, using 200 l/ha of working fluid.*

It was established that the option of fertilizing winter rapeseed $N_{120}P_{60}K_{60}$ *+ Orakul colofermin boron, 3 l/ha contributes to the highest preservation of plants until the end of the growing season – 459.87 thousand pcs./ha, which amounted to 83.6 % of the sown seeds and 20.0 % more plants than in the control, without fertilizer. This option also provided the highest seed yield – 3.5 t/ha. The increase was 48.6 % compared to the control and 12.9 % compared to the fertilizer* $N_{120}P_{60}K_{60}$.

Key words: *winter rapeseed, yield, mineral fertilizers, micronutrients, density.*

Постановка проблеми. Вирощування ріпаку в Україні має значну актуальність завдяки його багатоцільовому застосуванню, зокрема у виробництві олії, біопалива, кормів і для технічних потреб. Ця культура також має високий експортний потенціал, особливо озимий ріпак, який займає ключове місце серед олійних культур південних регіонів. Однак процес вирощування супроводжується ризиками, пов'язаними з несприятливими погодними умовами та поширенням шкідників і хвороб. Це зумовлює необхідність впровадження стійких сортів та інноваційних технологій для підвищення стабільності та ефективності виробництва [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні тенденції у вирощуванні ріпаку демонструють динаміку зменшення як посівних площ, так і врожайності насіння. В Україні відзначається зниження посівних площ та обсягів виробництва ріпаку у порівнянні з попередніми роками, зокрема у 2024 році в порівнянні з 2023 роком. Технологія вирощування також зазнає певних змін, зокрема вона передбачає спрямованість на стійкість рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища. Акцент ставиться на підбір гібридів із підвищеною стійкістю до захворювань та посухи, прагнучи зменшити ризики [3, 4].

Викликами та ризиками при вирощувані ріпаку залишаються несприятливі погодні умови. Ріпак чутливий до заморозків, посухи й різких перепадів температур, що може значно вплинути на врожайність. Коротка ротація сівозміни та особливі шкідники й хвороби потребують використання стійких сортів та гібридів, як-от Clearfield, або інтенсивного застосування засобів хімізації: пестицидів і збалансованого живлення мінеральними добривами. Вирощування ріпаку супроводжується високими ризиками, які можуть змінити очікуваний прибуток на фінансові втрати [5, 6].

Вирощування ріпаку залишається важливим через його економічну значимість, проте потребує уважного підходу до вибору гібридів і суворого дотримання технологій. Це особливо актуально в умовах кліматичних змін і сучасних викликів, зокрема військових та ставить серйозні завдання перед аграрною наукою [7, 8].

Серед багатьох чинників технології вирощування ріпаку, вагома роль належить удобренню. Добрива відіграють ключову роль у вирощуванні ріпаку, адже ця

культура потребує інтенсивного живлення, поглинаючи з ґрунту значну кількість елементів, таких як азот, фосфор, калій, сірка та бор. Вони сприяють активному росту рослин, розвитку потужної кореневої системи, формуванню високого врожаю і стійкості до різних стресових факторів. Для досягнення максимальної врожайності та високої якості олії важливо дотримуватись збалансованого підходу до внесення добрив, зокрема забезпечити стартове живлення восени та здійснювати азотно-борно-сіркові підживлення у весняний період [9, 10].

Оптимальна норма удобрення озимого ріпаку визначається характеристиками ґрунту і запланованим рівнем врожайності. В середньому вона складає $N_{60–150}P_{60–80}K_{80–120}$. Це базується на тому, що для формування врожаю 4 т/га ріпак поглинає близько 240 кг азоту, 96 кг фосфору та 188 кг калію. Основну увагу приділяють азоту, який вносять у кілька етапів (восени та навесні), а також критично важливим мікроелементам, таким як бор (B) і сірка (S), що є ключовими для забезпечення високої врожайності та підвищення стійкості рослин [11, 12].

Тому обґрунтоване та збалансоване застосування макро- і мікродобрив, враховуючи ґрунтово-кліматичні особливості України та стадії розвитку ріпаку, є основою для забезпечення високого врожаю з відмінною якістю, що і визначає актуальність наших досліджень.

Постановка завдання. Мета досліджень – встановити вплив системи удобрення із застосуванням борних мікродобрив на динаміку збереження рослин впродовж вегетації та урожайність насіння ріпаку озимого.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили на дослідних ділянках НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету упродовж 2024–2025 рр. Облікова площа ділянки – 25 м^2 у чотириразовій повторності. Грунт – сірий опідзолений середньосуглинковий. Попередник ріпаку озимого – пшениця озима. Основний обробіток ґрунту включав оранку на 22–25 см. Посів ріпаку проводили 15–20 серпня з нормою висіву 550 тис. шт./га схожих насінин.

Висівали гібрид ріпаку озимого ДК Ексіма. Це високоврожайний, середньостиглий гібрид озимого ріпаку селекції Dekalb (Bayer). Гібрид відзначається високою зимостійкістю, посухостійкістю та пластичністю, що забезпечує стабільну врожайність в різних умовах, стійкістю до фомозу, вилягання та розтріскування стручків, високим потенціалом врожайності до 60 ц/га та підвищеною олійністю насіння.

Система удобрення ріпаку озимого включала 4 варіанти: 1 – без добрив (контроль); 2 – $N_{120}P_{60}K_{60}$; 3 – $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Оракул колофермін бору, 3 л/га; 4 – $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Еколайн бор, 3 л/га. Мінеральні добрива вносили у кілька прийомів: $N_{60}P_{60}K_{60}$ – у передпосівну культивацію розкидним способом, використовуючи комплексне добриво нітроамофоску. Решту мінерального азоту N_{60} вносили при відновленні вегетації (фаза росту стебла ВВСН 20-39) розкидним способом у вологий ґрунт, використовуючи аміачну селітру.

Застосовували два мікродобрива: Оракул колофермін бору та Еколайн бор (органічний). Оракул колофермін бору – це концентроване рідке мікродобриво в легкозасвоюваній органічній формі, призначене для позакореневого підживлення з метою усунення дефіциту бору. Мікродобриво виробляється компанією «Долина» і має спеціальну формулу, що забезпечує високу ефективність та безпечність застосування. Добриво містить у своєму складі бор B – 155 г/л, азот N – 50 г/л та колофермін – 510 г/л – органічна форма, що сприяє кращому проникненню поживних речовин у тканини рослин. Мікродобриво покращує запилення квіток за рахунок підвищення інтенсивності проростання пилку, запобігає осипанню зав’язі, підвищує плодоутворення та загальну врожайність. Активізує

обмін речовин, підсилює білковий та фосфорний обмін, підвищує активність ферментів. Добриво особливо ефективне для дерново-підзолистих, сірих та бурих лісових ґрунтів, бідних на бор, а також на лужних ґрунтах, де засвоєння бору ускладнене.

Вносили препарат двічі: в осінній період у фазу 4–6 справжніх листків для стимулювання розвитку кореневої системи, що сприяє накопиченню цукрів у кореневій шийці та підвищує зимостійкість; та у фазу бутонізації для покращення зав'язування стручків. Норма внесення мікродобрива за один прийом становила 1,5 л/га. Вносили препарат у вигляді листкового підживлення методом обприскування, використовуючи 200 л/га робочої рідини.

Еколайн бор – це рідке мікродобриво на основі органічного комплексу бору з моноетаноламіном. Призначене для ефективного позакореневого підживлення культур, вимогливих до бору, таких як ріпак для усунення дефіциту елементу та підвищення врожайності та якості продукції. Препарат сприяє підвищенню стійкості рослин до стресових умов, регулює цвітіння та покращує засвоєння поживних речовин, що особливо важливо в критичні фази вегетації. Вносили препарат Еколайн бор (органічний), який містить азот ($N - NH_2$) – 6,0 %, бор (B) – 15,0 % у строки та з нормами, аналогічними до препарату Оракул колофермін бору.

Збирання урожаю проводили з кожного варіанту окремо, комбайновим способом, використовуючи селекційний комбайн Сампо. Крім визначення урожайності, проводили облік динаміки густоти рослин у чотириразовій повторності з ділянок площею 1 м^2 у триразовій повторності.

Виклад основного матеріалу дослідження. При вирощуванні ріпаку озимого однією з визначальних задач є забезпечення повноцінних сходів рослин та успішна перезимівля і збереження рослин до збирання урожаю, чисельність яких може варіювати не лише через нестачу вологи в період проростання та несприятливі умови зимівлі, але й через конкуренцію з бур'янами, падалицю рослин попередника, вплив шкідників, хвороб, а також через несприятливі умови вегетації у весняний період. Застосування збалансованого живлення дозволяє підвищити конкурентоспроможність рослин ріпаку до несприятливим умов та зберегти урожай.

Внесення основного удобрення у вигляді $N_{60}P_{60}K_{60}$ у передпосівну культивацію дозволило підвищити польову схожість на 7,2 % відносно варіанту без удобрення та забезпечити густоту сходів 486,80 тис. шт./га. У цьому варіанті польова схожість склала 88,5 %, тоді як на контролі вона становила 81,3 % при сформованій густоті рослин 447,15 тис. шт./га (табл. 1).

Впродовж осіннього періоду на двох варіантах досліду були внесені борні мікродобрива, які сприяли підвищенню стійкості рослин ріпаку озимого до перезимівлі. Тому на період відновлення весняної вегетації найбільша густота рослин зберіглась на варіанті внесення $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Оракул колофермін бору – 465,05 тис. шт./га, що склало 84,6 % від кількості висіяного насіння. Ця ж тенденція зберіглась до закінчення вегетації ріпаку озимого: найбільшу густоту рослин мав варіант внесення $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Оракул колофермін бору – 459,87 тис. шт./га, що склало 83,6 % від висіяного насіння та було на 3,3 % більше, ніж зберіглось рослин на варіанті внесення $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Еколайн бор, на 7,7 % більше, ніж на варіанті внесення $N_{120}P_{60}K_{60}$ та на 20,0 % більше рослин, ніж було на контролі, без внесення добрив.

Система удобрення озимого ріпаку відіграє ключову роль у формуванні міцної кореневої системи рослин, забезпеченні успішного зимування, накопиченні

Таблиця 1

Динаміка густоти рослин ріпаку озимого залежно від системи удобрення

Система удобрення	Фази росту і розвитку ріпаку озимого					
	Повні сходи (ВВСН 10-11)		Весняне відновлення вегетації (ВВСН 20-29)		Повна стиглість (ВВСН 90-99)	
	тис. шт.	% від посіяних	тис. шт.	% від посіяних	тис. шт.	% від посіяних
Без добрив (контроль)	447,15	81,3	362,04	65,8	349,65	63,6
$N_{120}P_{60}K_{60}$	486,80	88,5	427,41	77,7	417,58	75,9
$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Оракул колофермін бору, 3 л/га	486,80	88,5	465,05	84,6	459,87	83,6
$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Еколайн бор, 3 л/га	486,80	88,5	451,83	82,2	441,67	80,3

цукрів для підвищення морозостійкості та досягненні високих показників урожайності якісного насіння. Вона потребує ретельного балансу поживних речовин: азоту (N), фосфору (P), калію (K) та основних мікроелементів (B, S, Mn, Zn, Cu), причому добриво слід вносити як восени, так і навесні. Особливу увагу варто приділити позакореневому підживленню бором та іншими важливими елементами. Правильно підібрана система удобрення дає змогу максимально реалізувати потенціал рослини, яка потребує значно більше живлення порівняно із зерновими культурами, забезпечуючи не лише високий рівень урожайності, але й якісні показники, зокрема вміст жиру.

Внаслідок формування рослинами великої вегетативної маси, основний акцент при удобренні має належати основним елементам живлення: азоту, фосфору та калію. Внесення під посів ріпаку озимого $N_{120}P_{60}K_{60}$ дозволило підняти урожайність насіння на 1,0 т/га, що становить 35,7 % відносно варіанту на контролі, де добрива не вносили і отримали урожайність насіння ріпаку 1,8 т/га (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив системи удобрення на урожайність насіння ріпаку озимого

Система удобрення	Урожайність насіння, т/га	Прибавка до контролю	
		т/га	%
Без добрив (контроль)	1,8	–	–
$N_{120}P_{60}K_{60}$	2,8	1,0	35,7
$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Оракул колофермін бору, 3 л/га	3,5	1,7	48,6
$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Еколайн бор, 3 л/га	3,2	1,4	43,8

Для досягнення високих урожаїв ріпаку озимого, ключову роль відіграють мікроелементи, зокрема бор. Він сприяє покращенню розвитку кореневої системи ріпаку озимого, ефективному запиленню, підвищенню еластичності тканин, що зменшує ризик їх розтріскування. До того ж, бор забезпечує оптимальне транспортування цукрів та зміцнює зимостійкість рослини, допомагаючи уникнути абортації квіток. Він також знижує ризик виникнення хвороб, сприяє утворенню

більшої кількості стручків і насіння, що, у свою чергу, дає можливість значно підвищити врожайність, особливо на етапах бутонізації та цвітіння.

Поєднання у системі удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Оракул колофермін бору, 3 л/га дозволяє отримати найвищу урожайність насіння – 3,5 т/га, що було на 1,7 т/га більше, ніж на контрольному варіанті без добрив. Приріст склав 48,6 % відносно контролю та 12,9 % відносно удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$.

Заміна мікродобрива Оракул колофермін бору на Еколайн бор, 3 л/га дозволяє отримати урожайність насіння ріпаку озимого 3,2 т/га, що було на 1,4 т/га більше, ніж на контролі. Це склало 43,8 % зростання. Проте на 4,8 % менше, ніж урожайність насіння з варіанту $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Оракул колофермін бору, 3 л/га.

Висновки. Встановлено, що варіант удобрення ріпаку озимого $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Оракул колофермін бору, 3 л/га сприяє найвищому збереженню рослин до кінця вегетації – 459,87 тис.шт./га, що склало 83,6 % від висіяного насіння та на 20,0 % більше рослин, ніж було на контролі, без внесення добрив. Це й же варіант забезпечив найвищу урожайність насіння – 3,5 т/га. Приріст склав 48,6 % відносно контролю та 12,9 % відносно удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Томчук О. С. Формування асиміляційної поверхні ріпаку озимого залежно від варіантів поєднання рістрегулюючих компонентів та удобрення в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. № 143. Ч. 2. С. 114–130. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.14

2. Томчук О. М. Формування якості насіння ріпаку озимого залежно від комплексних варіантів його удобрення. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 151–161. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.22

3. Забарний О. С., Забарна Т. А. Вплив метеорологічних факторів на формування врожаю ріпаку озимого (*Brassica napus* L.). *Аграрні інновації*. 2025. № 31. С. 52–58. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.9

4. Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Амонс С. Е. Ефективність зростаючих норм азотного живлення у реалізації продуктивності ріпаку озимого. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 143. Ч. 2. С. 189–202. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.21

5. Дідур І. М., Ткачук О. П., Банул С. О. Продуктивність та екологічна стійкість гібридів ріпаку озимого. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Ч. 1. Вип. 141. С. 78–88. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.11

6. Забарний О. С., Забарна Т. А. Екологічні ризики при вирощуванні ріпаку. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 3. С. 114–118. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2024.314929

7. Шкатула Ю. М, Дідик О. А. Продуктивність ріпаку озимого в умовах ФГ «Врожайне» Вінницької області. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. № 1 (107). URL: https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/48987/15604 DOI: https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.009

8. Ткачук О. П., Разанов С. Ф., Банул С. О. Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 175–181. DOI https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19

9. Телекало Н. В., Купчук І. М., Гонтарук Я. В. Ефективність вирощування та переробки озимого ріпаку на біодизель. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 149–154.

10. Пінчук Н. В., Вергелес П. М., Коваленко Т. М. Ефективність захисту посівів озимого ріпаку від шкодочинних організмів. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 119–134.

11. Мацера О. О. Вивчення впливу строку сівби та внесення азотних добрив на врожайність насіння та ефективність використання азоту рослинами озимого ріпаку. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця : ВНАУ, 2020. № 19. С. 76–85.

12. Мазур В. А., Мацера О. О. Аналіз зміни якісних показників насіння озимого ріпаку залежно від строків посіву та системи удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 12. С. 5–17.

Дата першого надходження статті до видання: 12.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.854.78:631.53.04:631.55(477.8)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.19

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ГУСТОТИ ПОСІВУ ТА ШИРИНИ МІЖРЯДЬ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Дмитрик П. М. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0003-1973-391X
Сімчук А. П. *– д.б.н., професор,*
професор кафедри біології та екології,
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0002-1762-144X
Заїка В. К. *– д.б.н., професор,*
професор кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0002-2206-772X
Григорів Я.Я. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0002-5892-9483
Новосад К. Б. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри ґрунтознавства,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-2043-9160
Душко П. М. *– к.с.-г.н.,*
с.н.с.,
Інститут агроекології і природокористування
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-1408-0342

У статті представлено результати дворічних польових досліджень, спрямованих на встановлення оптимальних параметрів густоти стояння рослин та ширини міжрядь соняшнику в умовах західного Лісостепу України. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення продуктивності культури за рахунок удосконалення елементів технології вирощування в умовах кліматичних змін, дефіциту вологи та обмежених ресурсів без подальшого розширення посівних площ. Дослідження проведено на чорноземі опідзоленому упродовж 2024–2025 років із використанням середньораннього гібриду соняшнику Аркона Сумо.

Метою дослідження було з'ясування впливу різної густоти посіву (50, 60 і 70 тис. рослин/га) та ширини міжрядь (45 і 70 см) на ріст, розвиток, формування фотосинтетичного апарату, структуру врожаю, урожайність та показники якості насіння соняшнику.

Установлено, що досліджувані агротехнічні фактори істотно впливали на тривалість вегетаційного періоду, морфологічні показники рослин, площу листкової поверхні та фотосинтетичний потенціал посівів. Зі збільшенням густоти стояння рослин

© Дмитрик П. М., Сімчук А. П., Заїка В. К., Григорів Я.Я., Новосад К. Б., Душко П. М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

спостерігалося зростання висоти стебел і загального фотосинтетичного потенціалу, водночас надмірне загущення призводило до зменшення діаметра кошика та маси насіння з однієї рослини. Ширші міжряддя сприяли кращому освітленню та вентиляції посівів, що позитивно відображалося на структурі врожаю та якості насіння.

Найвищу середню урожайність насіння (2,89 т/га) отримано за ширини міжрядь 70 см і густоти стояння 60 тис. рослин/га. За цієї ж комбінації агротехнічних параметрів зафіксовано максимальний вміст олії в насінні (50,8 %), оптимальні показники маси 1000 насінин, натури та знижену лушпинність. Отримані результати свідчать, що саме поєднання середньої густоти посіву з широкорядним способом сівби забезпечує найкращий баланс між продуктивністю та якістю врожаю соняшнику в умовах західного регіону України.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання отриманих результатів для наукового обґрунтування та вдосконалення технологій вирощування соняшнику в господарствах регіону з метою підвищення ефективності виробництва та стабільності врожайності.

Ключові слова: *соняшник, густота посіву, ширина міжрядь, урожайність, фотосинтетичний потенціал, площа листкової поверхні, структура врожаю, олійність насіння, західний регіон України, агротехнологія.*

Dmytryk P. M., Simchuk A. P., Zaika V. K., Hryhoriv Ya. Ya., Novosad K. B., Dushko P. M.
Sunflower productivity depending on sowing density and row spacing in the western region of Ukraine

The article presents the results of two years of field research aimed at establishing the optimal parameters for plant density and row spacing for sunflowers in the western forest-steppe zone of Ukraine. The relevance of the work is due to the need to increase crop productivity by improving cultivation technology in conditions of climate change, moisture deficiency and limited resources without further expansion of cultivated areas. The research was conducted on podzolic chernozem during 2024–2025 using the medium-early sunflower hybrid Arcona Sumo.

The aim of the study was to determine the effect of different sowing densities (50, 60 and 70 thousand plants/ha) and row spacing (45 and 70 cm) on the growth, development, formation of the photosynthetic apparatus, yield structure, yield and quality indicators of sunflower seeds.

It was found that the studied agrotechnical factors significantly influenced the duration of the growing season, morphological indicators of plants, leaf area and photosynthetic potential of crops. With an increase in plant density, an increase in stem height and total photosynthetic potential was observed, while excessive thickening led to a decrease in the diameter of the basket and the weight of seeds per plant. Wider row spacing contributed to better lighting and ventilation of crops, which had a positive effect on the structure of the yield and seed quality. The highest average seed yield (2.89 t/ha) was obtained with a row spacing of 70 cm and a plant density of 60 thousand plants/ha. With this combination of agronomic parameters, the maximum oil content in seeds (50.8 %), optimal indicators of 1000-seed weight, natural weight and reduced huskiness were recorded. The results obtained indicate that it is the combination of medium sowing density with wide-row sowing that provides the best balance between productivity and quality of the sunflower crop in the western region of Ukraine.

The practical significance of the work lies in the possibility of using the results obtained for scientific justification and improvement of sunflower cultivation technologies in farms of the region in order to increase production efficiency and yield stability.

Key words: *sunflower, sowing density, row spacing, yield, photosynthetic potential, leaf area, yield structure, seed oil content, western region of Ukraine, agricultural technology.*

Постановка проблеми. Україна є одним із світових лідерів з виробництва насіння соняшнику та експорту соняшникової олії завдяки високій рентабельності культури й стабільному попиту. У 2025 році валовий збір насіння становив 11,4–13,7 млн т за посівних площ 5,1–5,5 млн га та середньої врожайності 1,83–1,9 т/га, причому понад 98 % урожаю спрямовано на олійну переробку.

Важливу роль у реалізації генетичного потенціалу сучасних гібридів відіграє оптимізація агротехнічних прийомів, зокрема густоти стояння рослин, ширини міжрядь, строків сівби та систем удобрення [1–5]. Для західного Лісостепу особливо важливим є встановлення оптимальної густоти (60–80 тис. рослин/га)

і ширини міжрядь (45–70 см), що забезпечує ефективніше використання вологи, світла й поживних речовин.

Незважаючи на високий потенціал гібридів (4–5 т/га), він реалізується лише на 30–50 %, тому актуальною науковою проблемою є підвищення продуктивності та олійності соняшнику шляхом точної оптимізації густоти посіву з урахуванням регіональних ґрунтово-кліматичних умов західного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Густота стояння рослин є одним із визначальних агротехнічних чинників, який регулює рівень продуктивності через зміну морфологічних показників рослин і ефективність використання ресурсів середовища. Оптимальна густота стояння залежить від ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування та біологічних особливостей гібридів [4, 5].

Сучасні дослідження підтверджують, що густота стояння рослин суттєво впливає на формування індексу листкової поверхні (LAI), інтенсивність фотосинтезу та ефективність використання фотосинтетично активної радіації. Збільшення густоти посіву соняшнику з 40 до 60 тис. рослин/га сприяє зростанню LAI на 18–24 %, однак подальше загущення призводило до зниження індивідуальної продуктивності рослин через посилення міжрослинної конкуренції за вологу та елементи мінерального живлення [6].

Українські науковці також звертають увагу на взаємодію між густотою стояння та шириною міжрядь при формуванні врожайності соняшнику. Дослідження, проведені в умовах Лісостепу та Степу України, показують, що зменшення ширини міжрядь з традиційних 70 см до 45 см сприяє більш рівномірному просторовому розміщенню рослин і кращому використанню ґрунтової вологи та світлових ресурсів [7]. За цих умов відзначено підвищення врожайності насіння на 6–12 % порівняно з широкорядними посівами, особливо за середніх і помірно підвищених густот.

Водночас встановлено, що зростання густоти стояння рослин посилює інтенсивність ростових процесів, але супроводжується зменшенням діаметра кошика, маси насіння з кошика та маси тисячі насінин. Це узгоджується з результатами досліджень Каленської С. М, де загущення посівів до 65–70 тис. рослин/га призводило до зниження маси 1000 насінин на 4–9 % порівняно з оптимальними густотами [8].

Загущення посівів особливо негативно позначається на показниках якості насіння в умовах дефіциту вологи. У посушливі роки підвищена густота стояння рослин сприяє зменшенню маси тисячі насінин і зниженню вмісту олії, що свідчить про загострення конкуренції за водні ресурси. Подібні закономірності встановлено і в дослідженнях зарубіжних авторів. Так, у напівпосушливих умовах Туреччини оптимальна густота соняшнику становила 45–55 тис. рослин/га, тоді як її підвищення до 70 тис. рослин/га знижувало масу насіння та олійність [9].

Окрему увагу в сучасних дослідженнях приділено адаптивності гібридів соняшнику до різних груп стиглості. За даними Григоренко О. І. Та Vincini M. ультраскоростиглі та скоростиглі гібриди характеризуються вищою пластичністю до загущення посівів і здатні формувати стабільну врожайність за густоти 60–70 тис. рослин/га, тоді як середньоранні та середньостиглі гібриди ефективніше реалізують продукційний потенціал за густоти 45–55 тис. рослин/га [10,11].

Таким чином, аналіз сучасних наукових джерел свідчить, що оптимізація густоти стояння рослин і ширини міжрядь є одним із ключових резервів підвищення врожайності соняшнику. Водночас універсальних рекомендацій щодо густоти не існує, оскільки її оптимальні параметри залежать від гібридних особливостей,

ґрунтово-кліматичних умов та рівня вологозабезпечення конкретного року вирощування.

Постановка завдання. Метою дослідження було вивчення впливу густоти посіву та ширини міжрядь на продуктивність та якість рослин соняшнику в умовах західного регіону України.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили на чорноземі опідзоленому упродовж 2024–2025 років на полях фермерського господарства. Схема польового досліду: густота посіву соняшника 50, 60 і 70 тисяч рослин на 1 га, ширина міжрядь 45 і 70 см.

Соняшник вирощували за напівінтенсивною технологією (без гербіцидного фону) згідно до агротехнічних вимог та рекомендацій в зоні західного Лісостепу. Попередником була пшениця озима.

Гібрид соняшника Аркона Сумо це середньоранній SU-типу з вегетаційним періодом 105–110 днів. Характеризується високою врожайністю, посухо- та жаростійкістю, стійкістю до вилягання і основних хвороб. Рослини середньорослі з добре виповненим великим кошиком. Насіння олійного напряму використання, гібрид придатний до механізованого збирання.

Обліки, вимірювання, супутні спостереження виконували згідно з методикою проведення польових дослідів і методикою державного сортовипробування [12].

Виклад основного матеріалу дослідження. Соняшник відноситься до культур, що потребують тривалого світлового дня, проте за умов короткого дня до початку цвітіння спостерігається прискорення росту та розвитку, а вже після цвітіння рослина функціонує як типова культура довгого дня.

Як показали результати наших досліджень, підтверджені практичними спостереженнями, інтенсивність освітлення є одним з визначальних факторів, що впливає на проходження фаз розвитку соняшника гібриду Аркона Сумо.

Відмічено, що в перший період розвитку культури «сходи – формування кошиків» ширина міжрядь істотно не впливала на тривалість міжфазних періодів, а у другій половині вегетації «цвітіння – повна стиглість» збільшення площі живлення (широкорядний посів 70 см) зумовило прискорення проходження фаз розвитку і скоротило загальний вегетаційний період на 2–4 дні порівняно з вузькорядним варіантом (45 см).

За результатами досліджень гібрид Аркона Сумо формував висоту рослин при густоті 50 тис. рослин/га з міжряддям 45 см – 178,2 см, а з міжряддям 70 см висота була вищою на 2,4 см (180,6 см) (рис. 1).

За густоти стояння 60 тис. рослин/га висота рослин становила 184,7 см (міжряддя 45 см) та 187,1 см (міжряддя 70 см). Найбільша висота рослин спостерігалася при загущенні посіву до 70 тис. рослин/га: 189,4 см при ширині міжрядь 45 см та 194,2 см при 70 см.

Діаметр кошика за густоти стояння 60 тис. рослин/га при ширині міжрядь 45 см становив 19,8 см, що на 4,2 % більше порівняно з варіантом 50 тис./га та на 6,5 % більше порівняно з 70 тис./га (рис. 2). Ширина міжрядь 70 см забезпечувала збільшення діаметра кошика на 2–5 % у всіх варіантах порівняно з вузькорядним посівом (45 см).

Максимальний діаметр кошика формувався саме за густоти 60 тис. рослин/га, тоді як при загущенні до 70 тис./га спостерігалося зменшення розмірів кошика через посилену конкуренцію за ресурси.

Встановлено, що площа листкової поверхні гібриду Аркона Сумо на період формування 6–8 листків при густоті посіву 50 тис. рослин/га становила 18,2 тис. $м^2$/га,

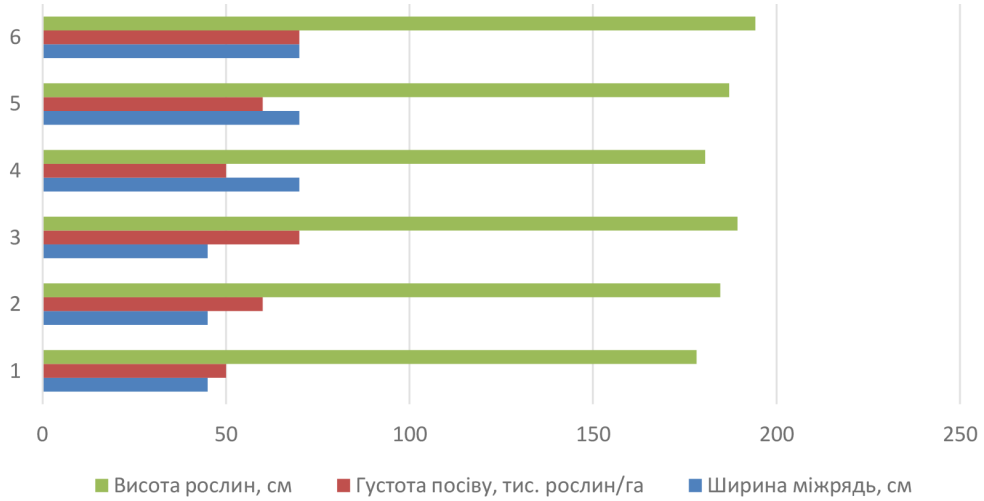


Рис. 1. Висота рослин соняшнику, см (середнє за 2024–2025 рр.)

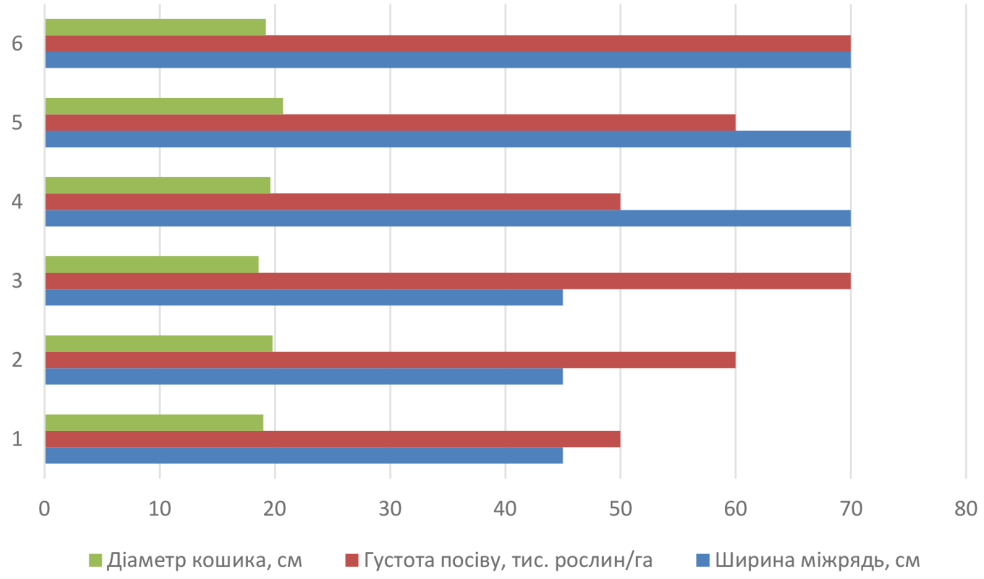


Рис. 2. Діаметр кошика гібриду Аркона Сумо залежно від густоти посіву та ширини міжрядь, см (середнє за 2024–2025 рр.)

зі збільшенням густоти до 60–70 тис./га вона зросла до 19,8–21,5 тис. м^2/га при ширині міжрядь 45 см (табл. 1). На цьому етапі ширина міжрядь мала обмежений вплив. У фазі 12–14 листків при міжряддях 45 см площа листової поверхні сягала 27,4 тис. м^2/га (50 тис./га), 30,2 тис. м^2/га (60 тис./га) та 33,8 тис. м^2/га (70 тис./га), що на 18–25 % перевищувало показники при міжряддях 70 см.

Максимальна площа листової поверхні формувалася у фазі цвітіння. Найвищі значення спостерігалися при густоті 70 тис. рослин/га та ширині міжрядь 45 см – 74,8 тис. м^2/га. Високими були також показники при густоті 70 тис./га та

Таблиця 1

Площа листкової поверхні рослин соняшнику гібриду Аркона Сумо залежно від густоти посіву та ширини міжрядь, тис. м^2/га (середнє за 2024–2025 рр.)

Ширина міжрядь, см	Густота посіву, тис. рослин/га	Періоди визначення			
		6–8 листків	12–14 листків	Формування кошиків	Цвітіння
45	50	18,2	27,4	61,2	65,5
	60	19,8	30,2	66,8	72,1
	70	21,5	33,8	68,4	74,8
70	50	17,1	23,6	58,9	74,3
	60	19,4	26,7	62,5	75,0
	70	20,8	29,5	64,2	75,2

міжряддях 70 см – 75,2 тис. м^2/га. При ширшому міжрядді (70 см) площа листової поверхні у варіантах з густотою 50–60 тис./га перевищувала аналоги з 45 см на 8–15 %, завдяки кращому освітленню та зменшенню самозатінення.

Фотосинтетичний потенціал посівів тісно пов'язаний з урожайністю та олійністю. Він найвищий у періоди формування кошиків та цвітіння. При ширині міжрядь 45 см і густоті 50 тис. рослин/га ФПП становив 1085 тис. м^2/га × днів, при 60 тис./га – 1120 тис. м^2/га×днів, при 70 тис./га – 1162 тис. м^2/га×днів (табл. 2). Зі збільшенням ширини міжрядь до 70 см ФПП у варіантах з густотою 50–60 тис./га був нижчим на 50–90 тис. м^2/га×днів, але при 70 тис./га досягав максимуму – 1218 тис. м^2/га×днів.

Таблиця 2

Фотосинтетичний потенціал посіву гібриду соняшнику Аркона Сумо залежно від досліджуваних факторів, тис. м^2/га × днів, (середнє за 2024–2025 рр.)

Ширина міжрядь, см	Густота посіву, тис. рослин/га	Періоди визначення			Загальний ФПП
		6–8 листків	12–14 листків	Формування кошиків – цвітіння	
45	50	298	628	1085	2011
	60	332	692	1120	2144
	70	368	745	1162	2275
70	50	312	658	1054	2024
	60	341	748	1102	2191
	70	362	812	1218	2392

Загальний фотосинтетичний потенціал посівів був найвищим при густоті 70 тис. рослин/га 2275 тис. м^2/га × днів (міжряддя 45 см) та 2392 тис. м^2/га × днів (міжряддя 70 см). Це свідчить про те, що для гібриду Аркона Сумо в умовах західного Лісостепу міжряддя шириною 70 см при вищій густоті сприяють кращому розподілу світла та підвищенню ФПП, тоді як при нижчій густоті міжряддя шириною 45 см забезпечують вищу сумарну асиміляційну поверхню в ранні фази. Оптимальний баланс для максимальної продуктивності досягається при густоті

60–70 тис. рослин/га з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов сезонів.

Урожай соняшнику визначається ефективністю агротехнологічних заходів у поєднанні з ґрунтово-кліматичними умовами, які забезпечують оптимальні умови для росту та розвитку рослин. Серед біологічних особливостей культури виділяється її висока вимогливість до площі живлення та освітленості, що не повинно обмежувати інтенсивність фотосинтезу та засвоєння елементів мінерального живлення [13–16].

Найвищий показник середньої урожайності зафіксовано у варіанті з шириною міжрядь 70 см та густотою стояння 60 тис. рослин/га – 2,89 т/га, тоді як при зменшенні ширини міжрядь у цьому варіанті урожайність була нижчою на 6–7 % (табл. 3). Найнижчі значення (2,35 та 2,51 т/га) спостерігалися при густоті 50 тис. рослин/га.

Таблиця 3

Урожайність насіння гібриду соняшнику Аркона Сумо залежно від ширини міжрядь та густоти стояння, т/га

Ширина міжрядь, см	Густота стояння рослин, тис./га	Урожайність у роки досліджень		Середня урожайність
		2024	2025	
45	50	2,58	2,12	2,35
	60	2,92	2,58	2,75
	70	2,68	2,42	2,55
70	50	2,72	2,30	2,51
	60	3,08	2,70	2,89
	70	2,78	2,48	2,63

$HIP_{0,5}$ – 0,38

Аналіз структури врожаю показав, що збір насіння з одного кошика був максимальним у варіантах з густотою посіву 50 тис. рослин/га – 112,4 та 115,8 г. Із збільшенням густоти стояння маса насіння в кошику зменшувалася на 18–28 % незалежно від ширини міжрядь (табл. 4.). Дана тенденція спостерігається і при розподілі маси 1000 насінин залежно від густоти стояння та ширини міжрядь, і найвища маса була у варіанті з густотою стояння 50 тис. рослин/га – 53,7 г. Натура насіння соняшнику була наступна у варіантах з шириною міжрядь 45 см та за густоти стояння 50 тис. рослин/га – 396 г/л, при 60 тис./га – 388 г/л, а при 70 тис./га – 403 г/л. Із збільшенням ширини міжрядь натура насіння соняшнику зросла в середньому на 3 – 4 % у всіх варіантах.

Найменші показники лушпинності отримано у варіантах з густотою стояння рослин 70 тис. рослин/га – 23,2–23,4 %. При зрідженні посівів на 10 тис. рослин лушпинність зростала на 0,5–0,7 %. Як видно з досліджень, краща структура врожаю соняшнику формувалася за густоти стояння 60 тис. рослин/га і при ширині міжряддя 70 см, де була нижча лушпинність, оптимальна маса 1000 насінин та натура насіння, що забезпечує кращу олійність насіння.

Одним з основних показників якості насіння соняшнику є вміст олії, що визначає збір олії з площі вирощування. Більшість дослідників вважають, що максимальний вміст олії формується за оптимальної густоти посівів, які відповідають ґрунтово-кліматичним умовам та площі живлення рослин [17].

Таблиця 4

Показники структури врожаю соняшнику гібриду Аркона Сумо за різної густоти стояння рослин та ширини міжрядь (середнє за 2024–2025 рр.)

Ширина міжрядь, см	Густота стояння рослин, тис./га	Маса насіння, г		Натура, г/л	Лушпинність, %
		з кошика	1000 насінин		
45	50	112,4	52,1	396	24,2
	60	94,6	48,5	388	23,9
	70	86,2	46,8	403	23,4
70	50	115,8	53,7	405	23,7
	60	91,2	49,2	395	23,5
	70	82,5	47,1	408	23,2

Аналізуючи показники олійності насіння гібриду Аркона Сумо, можна відзначити, що за ширини міжрядь 70 см та густоти стояння рослин 60 тис./га олійність була максимальною і становила 50,8 % (табл. 5). Високі показники мав варіант із такою ж нормою висіву, але при ширині міжрядь 45 см – 49,5 %. Ширина міжрядь 70 см, впливаючи на площу живлення рослин і фотосинтетичний потенціал, забезпечила вищу олійність насіння у всіх варіантах досліду порівняно з шириною міжрядь 45 см (різниця 1,0–1,5 %).

Таблиця 5

Олійність насіння гібриду Аркона Сумо, %

Ширина міжрядь, см	Густота стояння рослин, тис./га	2024 рік	2025 рік	Середнє
45	50	48,5	48,1	48,3
	60	49,8	49,2	49,5
	70	48,1	48,4	48,3
70	50	49,7	49,3	49,5
	60	51,4	50,2	50,8
	70	49,0	48,6	48,8

Це пов’язано з кращим освітленням, вентиляцією посівів та зменшенням конкуренції за ресурси в умовах західного Лісостепу, особливо в роки з варіативним зволоженням. Оптимальна комбінація густоти 60 тис. рослин/га з міжряддям 70 см сприяє максимальній реалізації потенціалу олійності гібриду Аркона Сумо (генетичний рівень 50–52 %).

Висновки. Отримані результати досліджень засвідчили, що для гібриду Аркона Сумо в ґрунтово-кліматичних умовах західного регіону України найбільш доцільним є застосування технології вирощування з шириною міжрядь 70 см та густотою стояння 60 тис. рослин на гектар. Саме за таких параметрів формується оптимальне співвідношення між рівнем урожайності, показниками якості насіння та раціональним використанням основних ресурсів агроценозу – світла, вологи й елементів живлення. Зазначена комбінація агротехнічних прийомів сприяє повнішій реалізації генетичного потенціалу культури та забезпечує зростання врожайності й покращення насіннєвих характеристик.

Максимальне значення середньої урожайності (2,89 т/г) – отримано у варіанті з шириною міжрядь 70 см і густотою стояння 60 тис. рослин/га. За зменшення ширини міжрядь за аналогічної густоти урожайність знижувалася на 6–7 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лисогор В. М., Пітик О. В. Розвиток виробництва насіння соняшнику в країнах з ринковою економікою в умовах глобалізації. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2010. № 1. Т. 2. С. 302–306.

2. Шайко О. Г., Концеба С. М. Шляхи підвищення ефективності виробництва олійних культур на регіональному рівні. *Економіка АПК*. 2013. № 5. С. 31–37.

3. Шовть Ю. Ю., Ільків Л. А. Формування ефективного виробництва соняшнику в Україні. *Молодий вчений*. 2015. № 12, ч. 2. С. 184–187.

4. Риженко А. С. Формування урожайності соняшнику в північній частині Лісостепу України залежно від густоти стояння рослин. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. Вип. 28. С. 112–121. DOI: 10.47414/np.28.2020.211061

5. Пелех Л. В., Онуфрійчук О. М. Особливості густоти стояння рослин соняшнику. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 107–112.

6. Лісовенко В. М., Бондаренко Н. П., Кузьменко О. В. Формування фотосинтетичного апарату соняшнику залежно від густоти стояння рослин. *Вісник аграрної науки*. 2021. Т. 99, № 6. С. 34–40.

7. Шевченко О. О. Вплив ширини міжрядь на продуктивність соняшнику в умовах Лісостепу України. *Землеробство*. 2022. № 3. С. 58–64.

8. Каленська С. М., Токмакова Л. М., Андрієнко О. О. Агротехнічні чинники формування якості насіння соняшнику. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Т. 19, № 2. С. 156–163.

9. Kaya Y., Evci G., Durak S. Effect of plant density on seed yield and oil content of sunflower under semi-arid conditions. *Helia*. 2021. Vol. 44, No. 75. P. 23–34. DOI: 10.1515/helia-2021-0003

10. Григоренко О. І. Адаптивність гібридів соняшнику до агротехнічних умов вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 24. С. 41–49.

11. Vincini M., Bregaglio S., Stella T. Plant density effects on sunflower growth and yield components across environments. *Field Crops Research*. 2022. Vol. 287. Article 108661. DOI: 10.1016/j.fcr.2022.108661

12. Дідора В. Г., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. К. : *Центр учбової літератури*, 2013. 264 с.

13. Жила П. А., Назаренко М. М. Особливості формування продуктивності сучасних гібридів соняшнику у зоні нестійкого зволоження. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 47–51.

14. Борисенко В. В. Інноваційні аспекти вирощування різностиглих гібридів соняшника в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2015. № 5.

15. Трембіцька О. І., Столяр С. Г., Кропивницький Р. Б. Продуктивність сучасних гібридів соняшнику залежно від строків сівби в Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 168–172.

16. Каленська С. М., Єременко О. А., Калитка В. В. Продуктивність соняшнику під впливом регулятора росту рослин АКМ в умовах південного степу України. *Аграрні науки і практика*. 2017. Т. 4, № 1. С. 11–19.

17. Каленська С. М., Єременко О. А., Калитка В. В., Малькіна В. М. Оцінка екологічної пластичності та стабільності гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) в Українському Степі. *Український журнал екології*. 2018. Т. 8, № 1. С. 289–296.

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 635.657:631.53.01 (477.7)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.20

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АГРОТЕХНІЧНИХ ПРИЙОМІВ НА НАСІННЄВУ ПРОДУКТИВНІСТЬ НУТУ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Дробіт О. С. *– к.с.-г.н., ст. дослідник,*
провідний науковий співробітник відділу первинного та елітного насінництва,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України,
доцент кафедри польових і овочевих культур,
Одеський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-3633-5828
Гайдаш О. Л. *– к.с.-г.н., ст. дослідник,*
завідувач лабораторії методів селекції та первинного насінництва,
Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-6736-0367
Соломонов Р. В. *– к.с.-г.н., ст. дослідник,*
доцент кафедри захисту, генетики і селекції рослин,
Одеський державний аграрний університет,
с.н.с. відділу селекції с.-г. культур,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України,
с.н.с. відділу агромоніторингу та інноваційних технологій сільськогосподарських культур,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-6186-4676

На півдні України технологічні рішення щодо оптимізації захисту посівів Cicer arietinum L. від сегетальної рослинності передбачають застосування інтегрованої системи контролю бур'янів, що поєднує агротехнічні заходи з раціональним використанням хімічних засобів захисту рослин. За умов високої потенційної забур'яненості ґрунту та низької конкурентної здатності культури на початкових етапах росту визначальне значення має застосування ґрунтових і післясходових гербіцидів, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов регіону. Перспективним є вивчення нових або малодосліджених препаратів і їх комбінацій, ефективних проти основних видів однорічних злакових і дводольних бур'янів та вибіркових до рослин нуту за умов дефіциту вологи. Обґрунтування оптимальних строків і норм їх внесення з урахуванням фаз розвитку культури, бур'янів і погодних факторів сприятиме зниженню гербіцидного навантаження та ризику фітотоксичності.

В проведених дослідженнях домінуючим видом бур'янового комплексу в посівах Cicer arietinum L. була амброзія полинолиста, частка якої становила 76,8 %, тоді як лобода біла займала 14,1 %, а інші види траплялися у незначній кількості та мали низьку шкодочинність. Розподіл опадів у період вегетації суттєво впливав на ефективність дії гербіцидів, зокрема Мерліну 750 WG, для якого склалися сприятливі умови трансформації ізоксафлютолу в більш активну сполуку – дикетонітрил. Результати досліджень показали, що найефективнішим серед препаратів виявився гербіцид Мерлін 750 WG, який забезпечив

© Дробіт О. С., Гайдаш О. Л., Соломонов Р. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

приріст урожайності на 0,13 т/га, тоді як застосування Стелсу та Імі Віту спричиняло зниження продуктивності культури. У цілому найвищу середню врожайність насіння Cicer arietinum L. за період 2023–2025 рр. отримано на варіанті з ручним прополюванням – 2,06 т/га, а серед хімічних варіантів – за післяпосівного внесення гербіциду Мерлін 750 WG – 1,92 т/га.

Ключові слова: *бобові культури, насіння, захист рослин, бур'яни, гербіцид, строки внесення, врожайність.*

Drobit O. S., Haidash O. L., Solomonov R. V. Research on the influence of agrotechnical measures on chickpea seed productivity in Southern Ukraine.

In the south of Ukraine, technological solutions for optimizing the protection of Cicer arietinum L. crops from segetal vegetation involve the use of an integrated weed control system. Such systems combine agrotechnical measures with the rational use of chemical plant protection products. In conditions of high potential weediness of the soil and low competitiveness of the crop at the initial stages of growth, the use of soil and post-emergence herbicides adapted to the soil and climatic conditions of the region is of decisive importance. It is promising to study new or little-studied preparations and their combinations and their effectiveness against the main types of annual cereal and dicotyledonous weeds and chickpea plants tolerant to moisture deficiency. Substantiation of optimal timing and rates of their application, taking into account the phases of crop development, weeds and weather factors, will contribute to reducing the herbicide load and the risk of phytotoxicity.

In the conducted studies, the dominant species of the weed complex in Cicer arietinum L. crops was common ragweed (Ambrosia artemisiifolia L.), the share of which was 76.8 %, while fathen (Chenopodium album) occupied 14.1 %, and other species occurred in small quantities and had low harmfulness. The distribution of precipitation during the growing season significantly affected the effectiveness of herbicides, in particular Merlin 750 WG, for which favorable conditions for the transformation of isoxaflutole into the more active compound diketonitrile were created. The results of the studies showed that the most effective among the preparations was the herbicide Merlin 750 WG, which provided an increase in yield by 0.13 t/ha, while the use of Stealth and Imi Wit caused a decrease in crop productivity. Overall, the highest average yield of Cicer arietinum L. seeds (2.06 t/ha) for the period 2023–2025 was obtained with the option with manual weeding, and among the chemical options, the best results (1.92 t/ha) were shown by the post-sowing application of the herbicide Merlin 750 WG.

Key words: *legumes, seeds, plant protection, weeds, herbicide, application timing, yield.*

Актуальність теми дослідження. Кліматичні зміни, що проявляються у стійкій тенденції до підвищення середньорічних температур та зростанні частоти й тривалості посушливих періодів, істотно впливають на сучасне аграрне виробництво, особливо в умовах півдня України [1, с. 5438]. За таких обставин актуальним завданням є адаптація рослинництва до нових агрокліматичних реалій шляхом розширення асортименту сільськогосподарських культур, які характеризуються високою посухо- та жаростійкістю [2, с. 174; 3, с. 25; 4, с. 692].

Однією з перспективних культур у цьому контексті є нут (*Cicer arietinum L.*) – зернобобова рослина, що вирізняється високою харчовою та кормовою цінністю, значним вмістом білка, збалансованим амінокислотним складом і добрими смаковими якостями [5, с. 61; 6, с. 55]. Окрім того, він здатний формувати стабільні врожаї за обмеженого зволоження, що робить його важливою альтернативою традиційним зернобобовим культурам у зоні ризикованого землеробства [7, с. 201; 8, с. 432]. Останніми роками в Україні спостерігається зростання зацікавленості сільськогосподарських виробників у вирощуванні нуту, що зумовлено як підвищенням внутрішнього попиту, так і сприятливою кон'юнктурою світового ринку [9, с. 6].

У зв'язку з цим наукове обґрунтування елементів технології вирощування цієї культури, зокрема системи захисту посівів від бур'янів, набуває особливої актуальності.

Постановка проблеми. Незважаючи на значний агробіологічний потенціал нуту, його вирощування в посушливих умовах півдня України супроводжується низкою технологічних труднощів, серед яких однією з найгостріших є проблема забур'яненості посівів [10, с. 1]. Це пов'язано з морфологічними особливостями культури: рослини нуту мають порівняно невеликі розміри, розріджену будову куща та повільні темпи росту на початкових етапах органогенезу, що зумовлює їх низьку конкурентну здатність щодо бур'янів [11, с. 654; 12, с. 1]. Ситуацію ускладнює високий рівень потенційної забур'яненості орного шару ґрунту, де запаси насіння бур'янів сягають понад 1 млрд штук на гектар [13, с. 76; 14, с. 1]. За таких умов механічні та агротехнічні заходи контролю бур'янів є недостатньо ефективними, що об'єктивно зумовлює необхідність застосування хімічних засобів захисту рослин [15, с. 1314].

Водночас асортимент гербіцидів, дозволених і адаптованих до використання в посівах нуту, є обмеженим, а наявні рекомендації не завжди враховують специфіку ґрунтово-кліматичних умов південного регіону України [16, с. 68; 17, с. 5; 18, с. 107]. Що створює потребу у проведенні наукових досліджень, спрямованих на вивчення ефективності нових гербіцидів та розроблення оптимізованих схем їх застосування, які б забезпечували надійний контроль бур'янів без негативного впливу на культуру та довкілля.

Таким чином, дослідження з удосконалення системи хімічного захисту посівів нуту є науково обґрунтованими, практично значущими та своєчасними в умовах сучасних викликів аграрного виробництва.

Методика досліджень. Метою дослідження було встановити вплив різних строків внесення гербіцидів на формування насіннєвої продуктивності нуту в умовах півдня України. Використовували загальноприйняті методи досліджень: польовий – для спостереження за ростом і розвитком рослин, погодно-кліматичними умовами навколишнього середовища та іншими досліджуваними чинниками; візуальний – для виявлення фенологічних змін рослин; вимірювально-ваговий – для визначення біометричних параметрів росту і розвитку рослин нуту; лабораторний – для визначення якості насіннєвого матеріалу; математично-статистичний – для проведення дисперсійного аналізу і статистичної обробки даних з метою оцінки достовірності отриманих результатів досліджень; розрахунково-порівняльний – для оцінки економічної й енергетичної ефективності елементів технології вирощування культури [19, с. 27; 20, с. 38].

Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. на базі ТОВ «Золотий колос» Вітовського району Миколаївської області, розташованого в південній частині Степу України. Ґрунтовий покрив представлений чорноземами південними середньо- та малогумусними. Клімат регіону характеризується жарким літом, м'якою малосніжною зимою та недостатнім зволоженням, що зумовлює доцільність вирощування посухостійких культур. Польовий дослід закладали методом розщеплених ділянок із рендомізованим розміщенням варіантів. Площа облікової ділянки першого порядку становила 40 м², другого порядку – 20 м². Фактор А (гербіцид) включав два контрольні варіанти – без застосування гербіцидів та без застосування гербіцидів із ручним видаленням бур'янів, а також варіанти з використанням препаратів Стелс (2,5 л/га), Мерлін (0,13 л/га) та Імівіт (1,0 л/га). Фактор В (строки внесення гербіциду) – внесення до сівби та після сівби культури.

Результати досліджень. В статті надані результати польових та досліджень, проведених впродовж у 2023–2025 рр. в дослідженні визначали вплив строків застосування гербіцидів на забур'яненість посівів та насіннєву продуктивність нуту в умовах півдня України.

У структурі бур'янового комплексу посівів нуту домінуючим видом була амброзія полинолиста, питома вага якої сягала 76,8 % від загальної кількості сегетальної рослинності. Друге місце за чисельністю займала лобода біла, частка якої становила 14,1 %. Інші види бур'янів, зокрема плоскуха звичайна, щириця, пасльон чорний та інші, траплялися у незначній кількості, що зумовлювало їх низьку шкодочинність у посівах культури.

Кількість та розподіл атмосферних опадів упродовж вегетаційного періоду специфічно впливали на ефективність дії досліджуваних гербіцидів. Найбільш чутливим до зволоження виявився гербіцид Мерлін 750 WG, для якого за наявних гідротермічних умов склалися оптимальні передумови для перебігу процесу трансформації діючої речовини ізоксафлютолу в більш біологічно активний метаболіт – дикетонітрил, що зумовило підвищення гербіцидної ефективності препарату (табл. 1). За даними таблиці встановлено, що рівень забур'яненості посівів нуту істотно змінювався залежно від застосування гербіцидів (фактор А) та строків їх внесення (фактор В). На варіанті Контролю 1 (без гербіцидів) відмічено найвищу кількість бур'янів – в межах 63,8–67,1 шт./м^2, а також максимальну сиру масу сегетальної рослинності, яка становила 2107,8–2123,4 г/м^2, що свідчить про відсутність ефективного контролю бур'янів у посівах нуту.

Застосування ручного прополювання (Контроль 2) забезпечило повне усунення сегетальної рослинності, що підтверджує його високу ефективність, однак обмежує практичне використання через значні трудові витрати.

Серед варіантів із використанням гербіцидів найвищу ефективність у зниженні забур'яненості продемонстрував препарат Мерлін 750 WG. За його внесення до сівби кількість бур'янів зменшувалася до 9,6 шт./м^2, а їх сира маса – до 536,2 г/м^2, що відповідало зниженню відносно контролю на 54,2 шт./м^2 та 1571,6 г/м^2, відповідно. Аналогічна тенденція зберігалася і за післясходового застосування, де показники забур'яненості були ще нижчими – 6,4 шт./м^2 і 485,4 г/м^2, а зниження сирої маси бур'янів сягало 1638,0 г/м^2. Гербіциди Стелс (2,5 л/га) та Імі Віт (1,0 л/га) характеризувалися помірною ефективністю. Кількість бур'янів за їх використання знижувалася до 44,5–53,0 шт./м^2, а сирої маси – до 1767,2–1975,1 г/м^2, що суттєво поступалося показникам, отриманим за застосування гербіциду Мерлін.

Аналіз строків внесення препаратів показав, що післясходове (післяпосівне) застосування гербіцидів забезпечувало кращий контроль сегетальної рослинності, що проявлялося у меншій кількості бур'янів та зниженні їх сирої маси порівняно з довсходовим внесенням. Це свідчить про доцільність використання післяпосівних обробок у системі захисту посівів нуту в умовах півдня України.

Результати обліку врожайності надали можливість стверджувати, що, залежно від агротехнічних елементів, насіннєва продуктивність культури за дослідними варіантами, у середньому за період проведення експерименту, знаходилася в межах від 0,23 т/га до 1,92 т/га (табл. 2).

Результати проведених досліджень свідчать, що формування середньої врожайності насіння нуту істотно зумовлювалося застосуванням гербіцидів, що розглядалося в межах фактора А. За даним фактором найвищий середній рівень урожайності становив 1,89 т/га, що підтверджує значний вплив хімічного контролю бур'янів на продуктивність культури. Серед досліджуваних препаратів найбільш результативним виявився гербіцид Мерлін 750 WG, застосування якого забезпечило приріст урожайності насіння нуту на 0,13 т/га порівняно з середніми значеннями за фактором.

Водночас використання гербіцидів Стелс у нормі 2,5 л/га та Імі Віт у нормі 1,0 л/га негативно позначилося на рівні продуктивності культури. Депресивний

Таблиця 1

Вплив застосування різних строків внесення гербіцидів на забур'яненість посівів нуту (середнє за 2023–2025 рр.)

Фактор А, гербіцид, л/га	Фактор В, строк внесення гербіциду							
	до сівби				після сівби			
	забур'яненість перед збиранням врожаю							
	кількість, шт./м²	сира маса, г/м²	зниження до контролю		кількість, шт./м²	сира маса, г/м²	зниження до контролю	
			кількості, шт./м²	сирої маси, г/м²			кількості, шт./м²	сирої маси, г/м²
Контроль 1 (без гербіцидів)	63,8	2107,8	×	×	67,1	2123,4	×	×
Контроль 2 (ручне прополювання)	×	×	×	×	×	×	×	×
Стелс – 2,5	49,1	1882,9	14,7	224,9	44,5	1767,2	22,6	356,2
Мерлін750WG – 0,13	9,6	536,2	54,2	1571,6	6,4	485,4	60,7	1638,0
Імі Віт –1,0	53,0	1975,1	10,8	132,7	50,6	1894,8	16,5	228,6

Таблиця 2

Насіннєва продуктивність нуту залежно від гербіцидів та строків їх внесення, т/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Фактор А, гербіцид, л/га	Фактор В, строк внесення гербіциду	Урожайність насіння	Прибавка врожаю до Контролю 1, т/га	В середньому за фактором	
				А	В
Контроль 1 (без гербіцидів)	до сівби	0,23	–	0,24	0,95
	після сівби	0,25	–		1,00
Контроль 2 (ручне прополювання)	до сівби	2,04	1,81	2,06	
	після сівби	2,08	1,83		
Стелс – 2,5	до сівби	0,38	0,15	0,40	
	після сівби	0,43	0,18		
Мерлін 750WG – 0,13	до сівби	1,87	1,64	1,89	
	після сівби	1,92	1,67		
Імі Віт – 1,0	до сівби	0,25	0,02	0,28	
	після сівби	0,31	0,06		
Оцінка істотності часткових відмінностей					
HIP_{05}, т/га: $A = 0,11$; $B = 0,20$					
Оцінка істотності середніх (головних) ефектів					
HIP_{05}, т/га: $A = 0,06$; $B = 0,13$					

вплив зазначених препаратів проявлявся у суттєвому зниженні врожайності насіння нуту, яке коливалося в межах 1,49–1,61 т/га, що може свідчити про їх недостатню селективність або фітотоксичну дію в умовах південного Степу України.

Аналіз контрольних варіантів досліду показав, що найвищу середню врожайність насіння нуту – 2,06 т/га було сформовано на варіанті Контроль 2, де здійснювали ручне прополювання без застосування гербіцидів. Отриманий показник істотно перевищував урожайність на Контролі 1, де не використовували жодних заходів боротьби з бур'янами; різниця між варіантами становила 1,82 т/га, що наочно підкреслює визначальну роль ефективного контролю сегетальної рослинності у посівах нуту.

Оцінка впливу строків внесення гербіцидів (фактор В) дала змогу встановити, що більш сприятливі умови для росту, розвитку та формування врожаю культури складалися за післяпосівного застосування препаратів. За цього строку внесення середній рівень урожайності насіння нуту досягав 1,00 т/га, що підтверджує доцільність використання післясходових або післяпосівних обробок у системі захисту посівів від бур'янів.

У цілому за результатами досліджень, проведених у 2023–2025 рр., максимальну середню врожайність насіння нуту в досліді отримано на варіанті Контролю 2 – 2,06 т/га. Серед варіантів із застосуванням гербіцидів найвищі показники врожайності – 1,92 т/га зафіксовано за використання гербіциду Мерлін 750 WG після сівби культури Cicer arietinum L., що свідчить про його високу ефективність та перспективність для умов південного регіону України.

Висновки та перспективи подальших досліджень. За результатами проведених досліджень встановлено, що впровадження науково обґрунтованих

і раціонально підібраних агротехнічних прийомів істотно впливає на фізіолого-біологічні процеси рослин нуту, зокрема сприяє підвищенню рівня фотосинтетичної активності та реалізації продуктивного потенціалу культури. Ефективний контроль сегетальної рослинності створює оптимальні умови для росту й розвитку рослин, покращує перебіг фотосинтетичних процесів і, як наслідок, забезпечує формування більш високої насіннєвої продуктивності.

Найбільш сприятливі умови для росту, розвитку та формування врожаю рослин нуту сорту Кіра сформувалися за умови застосування гербіциду Мерлін 750 WG у післяпосівний період. Саме за такого способу хімічного захисту відмічено найкращі показники розвитку рослин і ефективного використання ресурсів агроценозу, що позитивно позначилося на формуванні врожаю насіння.

Узагальнення результатів досліджень, проведених упродовж 2023–2025 років, показало, що найвищий середній рівень урожайності насіння нуту в межах досліду – 2,06 т/га було отримано на варіанті Контролю 2, де боротьбу з бур'янами здійснювали шляхом ручного прополювання без застосування гербіцидів. Водночас серед варіантів із використанням хімічних засобів захисту максимальну середню врожайність – 1,92 т/га зафіксовано за післяпосівного внесення гербіциду Мерлін 750 WG у посівах Cicer arietinum L., що підтверджує його високу ефективність і доцільність застосування в умовах південного Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Boukid F. Chickpea (Cicer arietinum L.) protein as a prospective plant-based ingredient: A review. *International Journal of Food Science & Technology*. 2021. 56. P. 5435–5444. https://doi.org/10.1111/ijfs.15046

2. Raisa Vozhehova, Sergii Kokovikhin, Oleksandr Misievych, Anatolii Vlashchuk, Mykola Pryshchepo, Liudmyla Shapar, Pavlo Lykhovyd, Olesya Drobit, Olena Konashchuk, Viktor Naidionov. Influence of herbicides on seed productivity and sowing qualities of white melilot in the steppe zone of Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*. 2019. Vol. 8, No. 2. P. 174–181. https://agrolifejournal.usamv.ro/index.php/agrolife/article/view/254/253

3. Мазур, В. А., Ткачук, О. П., Дідур, І. М., Панцирева, Г. В. Обливості технології вирощування малопоширених зернобобових культур: монографія. Вінниця: Твори, 2021. 172 с.

4. Charudattan R., Dinoor A. Biological control of weeds using plant pathogens: accomplishments and limitations. *Crop Protection*. 2000. Vol. 19, Iss. 8–10. P. 691–695. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00092-2

5. Влащук А. М., Дробіт О. С., Шапарь Л. В., Коблай О. О., Шабля О. С. Сучасні тенденції вирощування бобових кормових культур на півдні України за умов зміни клімату. *Вісник Аграрної науки*. Київ, 2024. № 4 (853). С. 60–67. https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2024_04_09.pdf

6. Deytieux V., Nemecek T., Knuchel R. F. et al. Is the weed management efficient for reducing environmental impacts of crop systems? A case study based on life cycle assessment. *European Journal of Agronomy*. 2012. Vol. 36, Iss. 1. P. 55–65. https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.08.004

7. Janghel D. K., Kumar K., Sunil R., Chhabra A. K. Genetic diversity analysis, characterization and evaluation of elite chickpea (Cicer arietinum L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020. Vol. 9, No. 1. P. 199–209. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.901.023

8. Bennett A. C., Shaw D. R. Effect of Glycine max cultivars and weed control on weed seed characteristics. *Weed Science*. 2000. Vol. 48, Iss. 4. P. 431–435. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0431:EOGMCA]2.0.CO;2

9. Влащук А. М., Дробіт О. С., Місєвич О. В., Конащук О. П., Кляуз М. А. Продуктивність нуту залежно від елементів технології в умовах півдня України. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 5–9. http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/137/113

10. Toker C. Cicer turcicum: A new Cicer species and its potential to improve chickpea. Front. Plant Sci. 2021. 12. 662891. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.662891

11. Arregui M. C., Scotta R., Sánchez D. Improved weed control with broadleaved herbicides in glyphosate-tolerant soybean (Glycine max). *Crop Protection*. 2006. Vol. 25, Iss. 7. P. 653–656. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.006

12. Zhao, X, Sun, L, Zhang, X, Wang, M, Liu, H, and Zhu, Y. Nutritional components, volatile constituents and antioxidant activities of 6 chickpea species. *Food Biosci*. 2021. 41, 100964. https://doi.org/10.1016/j. fbio.2021.100964

13. Вожегова Р. А., Влащук А. М., Дробіт О. С., Боровик В. О., Влащук О. А. Насіннєва продуктивність нуту на незрошуваних землях півдня України. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 12 (849). С. 75–81. https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2023_12_10.pdf

14. Yegrem L. Nutritional composition, antinutritional factors, and utilization trends of Ethiopian chickpea (Cicer arietinum L.). *International Journal of Food Science*. 2021. 5570753. https://doi.org/10.1155/2021/5570753

15. Philip A Thacker, Shiyan Qiao, Vernon J Racz. A comparison of the nutrient digestibility of Desi and Kabuli chickpeas fed to swine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2002. 82 (11). P. 1312–1318 https://doi.org/10.1002/jsfa.1174

16. Кобизєва Л. Н.; Вус Н. О. Актуальні напрями та досягнення світової селекції сортів нуту стійких до несприятливих біо- та абіотичних чинників. *Селекція і насінництво*. 2016. 110. С. 67–82. https://doi.org/10.30835/2413-7510.2016.87609

17. Вожегова Р. А., Пілярська О. О., Марченко Т. Ю., Влащук А. М., Дробіт О. С., Пілярський В. Г. Водоспоживання та урожайність посівів нуту залежно від застосування гербіцидів в умовах південного степу України. *Зрошуване землеробство*. 2024. Вип. 81. С. 5–11. http://izpr.ks.ua/archive/2024/81/3.pdf

18. Rafique M., Naveed M., Mustafa A., Akhtar S., Munawar M., Kaukab S., Ali H. M., Siddiqui M. H., Salem M. Z. M. The Combined Effects of Gibberellic Acid and Rhizobium on Growth, Yield and Nutritional Status in Chickpea (Cicer arietinum L.). *Agronomy*. 2021. 11. 105–120. https://doi.org/10.3390/agronomy11010105

19. Методика польового досліду (зрошуване землеробство) / Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Херсон: Грінь Д. С., 2014. 448 с.

20. 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 статті до видання: 29.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 635.21:631.523
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.21

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ ПІД ЧАС ПОСАДКИ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КАРТОПЛІ

Дрозденко А. Ю. *– аспірант кафедри біотехнології та хімії,*
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0004-9225-3183
Бутенко А. О. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри агротехнологій та ґрунтознавства,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-9639-9826

У статті представлено результати комплексного дослідження впливу термінів садіння на особливості росту, тривалість міжфазних періодів та врожайність сортів картоплі різних груп стиглості в умовах Лісостепу. Актуальність роботи зумовлена необхідністю адаптації технологічних прийомів вирощування картоплі до сучасних змін клімату, що вимагає перегляду календарних дат висадки для максимальної реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів. Дослідження охоплювало вивчення шести сортів (Коломба, Анушка, Берніна, Балтік Фаєр, Сіфра, Джеллі) за трьох термінів садіння: I декада квітня, III декада квітня та II декада травня. Метою статті було комплексне дослідження та наукове обґрунтування впливу температурного режиму ґрунту й гідротермічних умов у період посадки на формування продуктивності бульб картоплі різних груп стиглості. Встановлено, що термін висаджування є визначальним чинником тривалості періоду від садіння до появи сходів. За раннього терміну (I декада квітня) проростання тривало 27–38 днів, тоді як за травневого садіння цей період скорочувався до 14–20 днів, що пояснюється інтенсивним прогріванням ґрунту. Дисперсійним аналізом доведено високу статистичну значущість впливу фактора «сорт» на швидкість появи сходів, особливо за умов дефіциту тепла на початку вегетації. Ранньостиглі сорти Коломба та Анушка виявили найвищу адаптивну здатність до ранніх термінів висаджування. Аналіз урожайності підтвердив, що оптимальним вікном для висадки є III декада квітня, що забезпечує формування врожаю на рівні 39,5–55,8 т/га. Статистична обробка даних зафіксувала найвищий рівень достовірності саме для цього варіанту (F = 125,87), що свідчить про найбільш сприятливе поєднання гідротермічних факторів. З'ясовано, що затримка садіння до середини травня призводить до суттєвого недобору продукції (на 25–28 %), особливо у середньостиглих сортів Сіфра та Джеллі, внаслідок скорочення вегетаційного періоду та потрапляння фази бульбоутворення під вплив літніх температурних стресів. Отримані результати підтверджують наукову гіпотезу про доцільність диференційованого підходу до вибору термінів садіння залежно від групи стиглості сорту для забезпечення стабільної врожайності в умовах нестійкого зволоження.

Ключові слова: *картопля, сорт, термін садіння, урожайність, сходи, вегетаційний період, адаптивність.*

Drozdenko A. Yu., Khristenko A. O., Polyvany A. D. Energy value and biochemical composition of potato varieties of different ripeness groups

The article presents the results of a comprehensive study on the influence of planting dates on growth characteristics, the duration of interphase periods, and the yield of potato cultivars of various maturity groups in the Forest-Steppe conditions. The relevance of the work is due to the need to adapt potato cultivation techniques to modern climate changes, which requires a revision of calendar planting dates to maximize the genetic potential of modern cultivars. The study involved six cultivars (Colomba, Anuschka, Bernina, Baltic Fire, Sifra, Jelly) across

© Дрозденко А. Ю., Бутенко А. О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

three planting dates: the first decade of April, the third decade of April, and the second decade of May. The aim of the article was a comprehensive study and scientific substantiation of the influence of soil temperature and hydrothermal conditions during the planting period on the formation of productivity of potato tubers of different maturity groups. It was established that the planting date is a determining factor in the duration of the period from planting to emergence. For the early date (first decade of April), germination lasted 27–38 days, whereas for the May planting, this period was reduced to 14–20 days, which is explained by intensive soil warming. Analysis of variance proved a high statistical significance of the "cultivar" factor's influence on the speed of emergence, especially under conditions of heat deficit at the beginning of the growing season. Early-maturing cultivars Colomba and Anuschka showed the highest adaptive capacity for early planting dates. Yield analysis confirmed that the optimal window for planting is the third decade of April, ensuring yield formation at the level of 39.5–55.8 t/ha. Statistical data processing recorded the highest level of significance specifically for this variant (F = 125,87), indicating the most favorable combination of hydrothermal factors. It was found that delaying planting until mid-May leads to a significant yield deficit (by 25–28 %), especially for the mid-maturing cultivars Sifra and Jelly, as a result of a shortened growing season and the tuberization phase falling under the influence of summer temperature stresses. The results obtained confirm the scientific hypothesis regarding the expediency of a differentiated approach to choosing planting dates depending on the cultivar's maturity group to ensure stable yield under conditions of unstable moisture.

Key words: *potato, cultivar, planting date, yield, emergence, growing season, adaptability.*

Вступ. У сучасних умовах стрімкої зміни клімату, що супроводжується суттєвими коливаннями температур та зміщенням періодів зволоження навесні, питання визначення оптимальних термінів посадки картоплі постає все більш гостро. Температурний режим ґрунту на момент висадки є первинним чинником, що запускає фізіологічні процеси проростання та визначає розвиток кореневої системи й інтенсивність столоноутворення [2, 13].

Висадка бульб за умов, що не є оптимальними для росту й розвитку, призводить до розсинхронізації між біологічним ритмом культури та кліматичними ресурсами регіону. Зокрема, посадка у недостатньо прогрітий ґрунт провокує фізіологічний стрес, що подовжує період «перебування у землі» і виснажує енергетичний запас материнської бульби ще до появи перших листків [12]. Водночас, наступною проблемою є те, що надмірне зволікання в очікуванні стабільного тепла часто призводить до того, що етап інтенсивного бульбоутворення збігається з піком літньої посухи та критично високими температурами повітря. У такому разі рослина спрямовує ресурси не на нарощування маси врожаю, а на підтримання життєдіяльності та транспіраційне охолодження, що неминуче знижує не лише кількісні показники продуктивності, а й якісні характеристики, такі як вміст сухої речовини та товарність бульб [3, 9].

Питанням оптимізації умов вирощування картоплі задля підвищення врожайності та якості бульб займались вітчизняні та закордонні вчені. Зокрема Бараболя та Прудкий [1] підтверджують пряму залежність між гідротермічними умовами вегетації та лежкістю бульб: зафіксовано, що дефіцит вологи та аномальна спека 2024 року призвели до скорочення терміну зберігання картоплі до 5–6 місяців та зростання втрат маси до 13,7 %. Водночас порівняльний аналіз виявив вищу адаптивну здатність пізньостиглого сорту Пікассо, який навіть за несприятливих кліматичних факторів зберіг кращі показники крохмалистості та товарного вигляду порівняно з ранньостиглим сортом Повінь. Дослідження фізіологічних реакцій картоплі на поєднання високого дефіциту пружності водяної пари та пересихання ґрунту в умовах Китаю стимулює різке зростання концентрації абсцизової кислоти, що змушує рослину обмежувати газообмін і жертвувати площею листкової

поверхні. Такий захисний механізм призводить до виснаження енергетичних ресурсів бульби та суттєвого зниження накопичення сухої маси, оскільки температурний режим безпосередньо модулює поріг чутливості продихів до дефіциту води, що в кінцевому підсумку детермінує низьку товарність та погіршення лежкості врожаю [14].

Крім температурного фактора, критичне значення має стратегія зрошення та фаза розвитку рослини, в яку виникає дефіцит вологи. Дослідження Badr et al. [4] вказують на те, що картопля є більш чутливою до часу виникнення водного стресу, ніж до його інтенсивності. Зокрема, дефіцит вологи на ранніх етапах вегетації суттєво пригнічує загальну врожайність, тоді як обмеження поливу на фінальних стадіях формування бульб не спричиняє значних втрат. Експериментально доведено переваги стратегії часткового висушування кореневої зони, яка забезпечує вищу продуктивність використання води порівняно зі звичайним дефіцитним зрошенням. При однаковому обсязі використаної води, цей метод дозволяє мінімізувати втрати врожаю до 28 %, тоді як за стандартного обмеження поливу цей показник може сягати 41 %. Це підтверджує, що застосування адаптивних стратегій поливу на пізніх стадіях сезону є оптимальним рішенням для збереження якості та продуктивності картоплі в аридних умовах.

Дослідження прогностичних моделей Naz et al. [10] акцентують на тому, що без впровадження адаптаційних стратегій майбутні кліматичні зміни можуть призвести до падіння врожайності картоплі на 19–36 %. Встановлено, що підвищення мінімальних та максимальних температур на 2,1–4,0 °C чинить деструктивний вплив на життєвий цикл культури, причому осінні посадки виявляються більш вразливими до термічного стресу, ніж весняні. Ключовим інструментом нівелювання цих ризиків є коригування термінів посадки: для весняного сезону ефективним є зміщення дати висадки на 15 днів раніше, а для осіннього – затримка на 20 днів. У поєднанні з використанням сортів із вищою потребою в теплових одиницях та оптимізацією систем фертигації, такі заходи дозволяють не лише компенсувати негативний вплив потепління, а й підвищити врожайність на 9–14 %, що підкреслює критичну роль адаптивного менеджменту в забезпеченні продовольчої безпеки.

Дослідження впливу абіотичних стресів у різних агрокліматичних зонах Siano et al. [11] підкреслюють, що сукупна дія надмірних температур (понад 25 °C) та дефіциту опадів провокує не лише кількісні втрати, а й глибоку морфологічну деградацію врожаю. Встановлено, що за таких умов загальна та товарна врожайність можуть знижуватися на 43–45 % через масове поширення фізіологічних дефектів: мальформації бульб, ростових тріщин та явища «вторинного росту». Особливу увагу вчені приділяють взаємодії «генотип × середовище», яка визначає стратегію адаптації: тоді як окремі сорти виявляють високу стабільність у широкому діапазоні умов, інші демонструють свою перевагу лише у специфічних локальних мікрокліматах. Це корелює з результатами, отриманими на Полтавщині, де сорт Пікассо виявився більш стійким до екстремальних факторів 2024 року, що підтверджує важливість правильного підбору сортового складу відповідно до прогнозів температурного режиму та вологозабезпеченості регіону.

Тому, метою статті є комплексне дослідження та наукове обґрунтування впливу температурного режиму ґрунту й гідротермічних умов у період посадки на формування продуктивності бульб картоплі різних груп стиглості в умовах Північно-Східного Лісостепу України.

Постановка завдання. Експериментальна частина роботи базувалася на проведенні польових дослідів у 2023 році на базі поля ТОВ «Агробізнес ТСК», що

територіально розташоване у Роменському районі Сумської області. Обрана локація характеризується типовими для Лівобережного Лісостепу України ґрунтово-кліматичними умовами, що дозволило об'єктивно оцінити адаптивну реакцію культури на сучасні погодні виклики.

Агрохімічне обстеження дослідної ділянки показало, що кислотність ґрунтового розчину (pH_{H_2O}) ділянка класифікується як переважно нейтральна та слаболужна. При цьому ґрунт характеризується високим вмістом органічної речовини з діапазоном 4,0–6,0 %.

Аналіз макроелементного складу виявив значну неоднорідність розподілу азоту та фосфору. Загальний азот знаходиться на середньому рівні – 15–25 мг/кг, хоча зафіксовані локальні ділянки з високою концентрацією понад 30 мг/кг. Забезпеченість рухомими формами фосфору є переважно недостатньою і становить лише 15–30 мг/кг.

Найбільш критичним аспектом для вирощування картоплі на даному полі є низький рівень обмінного калію. Більша частина площі має низькі показники цього елемента – 50–100 мг/кг. Водночас спостерігається висока насиченість ґрунту мезоелементами: вміст кальцію майже на всій території перевищує 5000 мг/кг, а магнію – стабільно тримається в межах 250–500 мг/кг. Показники сірки є помірними, варіюючи від 10 до 15 мг/кг.

Аналіз метеорологічних умов вегетаційного періоду свідчить про інтенсивну динаміку наростання теплових ресурсів, що безпосередньо корелює з критичними етапами органогенезу картоплі (рис. 1). Протягом березня та квітня спостерігалося поступове прогрівання повітря з переходом середньомісячних значень через позначку 10 °С, що створювало сприятливі передумови для підготовки ґрунту та початку садіння. Проте, вже у другій декаді травня зафіксовано стрімке зростання середньодекадної температури до 17,4 °С, що на фоні подальшої стабілізації червневих показників на рівні 19,3 °С зумовлювало прискорення проходження фаз бутонізації та цвітіння.

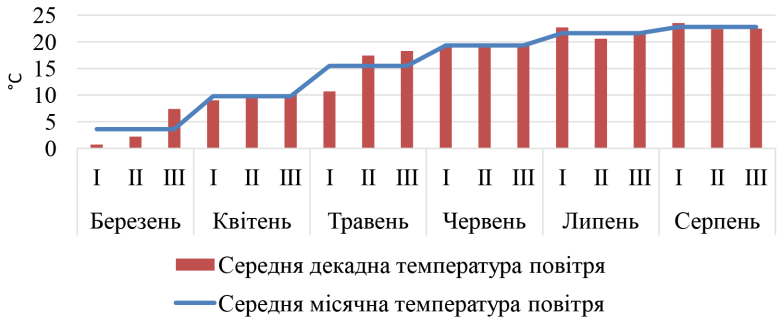


Рис. 1. Динаміка середньомісячних та середньодекадних температур повітря протягом вегетаційного періоду 2023 року

Екстремальний температурний режим спостерігався у липні та серпні, коли середньомісячні температури сягнули 21,7–22,8 °С, а пікові декадні значення перевищували 23°С, що в поєднанні з потенційним дефіцитом вологи могло виступати лімітуючим чинником для інтенсивного бульбоутворення та накопичення сухої речовини врожаю.

Аналіз температурного режиму ґрунту на дослідній ділянці свідчить про поступову, але нерівномірну динаміку прогрівання орного (рис. 2). Стабільне прогрівання до позначки понад 7 °С, яка є критичною для початку садіння картоплі, зафіксовано лише з першої декади квітня, а до кінця місяця показники на глибині 5 та 10 см зрівнялися на рівні близько 9 °С. Найбільш інтенсивний ріст температури спостерігався у третій декаді травня, коли шар 5 см прогрівся до 18,2 °С, а шар 10 см – до 16,9 °С, що створювало сприятливі умови для швидкої появи сходів та початку столоноутворення. Літній період характеризувався підвищеним термічним навантаженням на коренезаселений шар, що могло виступати лімітуючим чинником для культури.

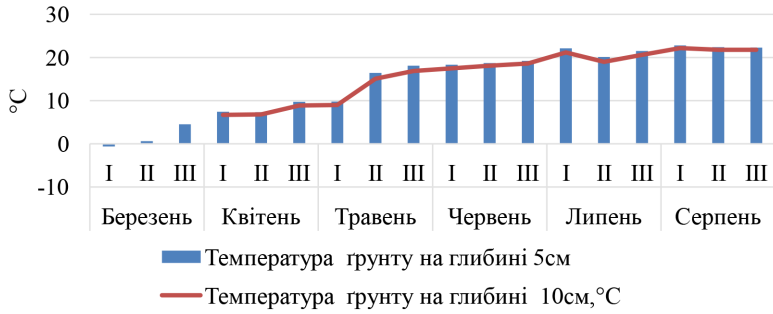


Рис. 2. Температурний режим ґрунту на глибині 5 та 10 см за декадами вегетаційного періоду

Аналіз режиму зволоження протягом вегетаційного періоду свідчить про значну нерівномірність розподілу атмосферних опадів, що суттєво впливало на водний баланс ґрунту та умови росту картоплі (рис. 3). Весняний період (березень–травень) характеризувався дефіцитом вологи: сумарна кількість опадів у травні не перевищила 18 мм, що в поєднанні зі стрімким наростанням температур створювало ризики пересихання верхнього шару ґрунту на етапі появи сходів. Ситуація стабілізувалася у червні та липні (71 мм та 80 мм відповідно), проте розподіл вологи залишався контрастним: основна частина опадів випадала у третій декаді місяця. Максимальне зволоження зафіксовано у серпні (понад 120 мм), де пік опадів припав на другу декаду (близько 80 мм), що на фоні високого температурного режиму забезпечило умови для інтенсивного наливу бульб, але водночас

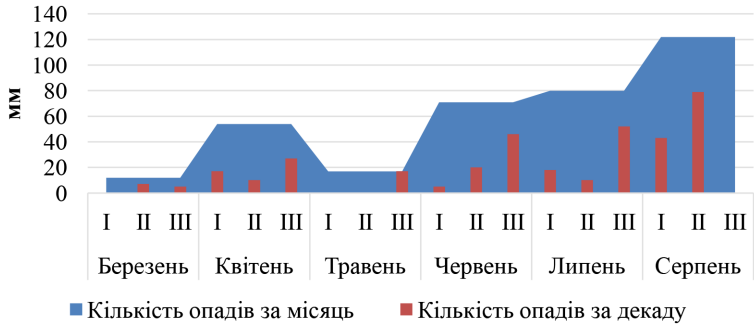


Рис. 3. Динаміка середньомісячної та середньодекадної кількості опадів протягом вегетаційного періоду

могло підвищити ризики розвитку грибкових захворювань у вологому мікрокліматі агроценозу.

Для забезпечення комплексності аналізу до програми досліджень було залучено широкий асортимент сортів картоплі, диференційованих за періодом вегетації, що дало змогу простежити специфіку формування врожаю залежно від генетичних особливостей. Зокрема, вивчали групу ранньостиглої картоплі (сорти Коломба та Анушка), середньоранні сорти (Берніна, Балтік Фаєр), а також представників середньостиглої групи (Сіфра та Джеллі). Такий підхід дозволив не лише порівняти продуктивність окремих сортів, а й встановити закономірності впливу температурного режиму ґрунту на різних етапах органогенезу для кожної групи стиглості в конкретних екологічних нішах Сумщини. Варто відмітити, що технологія вирощування була загальноприйнятою для Північно-Східного Лісостепу України. Норма добрив, що використовувалась за період вегетації картоплі $N_{120}P_{90}K_{180}$.

Відповідно, схема досліду передбачала вивчення вищенаведених сортів картоплі та встановлення оптимальних строків їх садіння, орієнтуючись при цьому на температуру ґрунту (Табл. 1).

Таблиця 1

Схема проведення польового досліду

Фактор А: Термін садіння та стан ґрунту	**Середньодекадна температура ґрунту на глибині 5 см, °С**	**Фактор Б: Сорт картоплі**	**Група стиглості**
I термін (I декада квітня)	7,4	Коломба, Анушка	Ранньостиглі
		Берніна, Балтік Фаєр	Середньоранні
		Сіфра, Джеллі	Середньостиглі
II термін (III декада квітня)	9,7	Коломба, Анушка	Ранньостиглі
		Берніна, Балтік Фаєр	Середньоранні
		Сіфра, Джеллі	Середньостиглі
III термін (II декада травня)	16,4	Коломба, Анушка	Ранньостиглі
		Берніна, Балтік Фаєр	Середньоранні
		Сіфра, Джеллі	Середньостиглі

Методика обліку сходів у межах дослідження базувалася на проведенні регулярних моніторингових спостережень для фіксації ключових етапів початкового органогенезу картоплі. Датою появи перших сходів вважали день, коли на поверхні ґрунту з'являлося близько 10 % паростків, а повних – понад 75 % від загальної кількості висаджених бульб на кожній ділянці. Збір урожаю картоплі проводили у фазі повної фізіологічної стиглості рослин, після стійкого підсихання бадилля, що забезпечувало формування міцної шкірки та готовність бульб до тривалого зберігання. Облік урожаю виконували суцільним методом із кожної облікової ділянки окремо з подальшим перерахунком на одиницю площі (т/га).

Статистичний аналіз виконували за допомогою програми Statistica 10.0, зокрема використовували описаві статистики та однофакторний дисперсійний аналіз.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз результатів моніторингу появи перших сходів картоплі свідчить про суттєву залежність тривалості міжфазного періоду від термінів садіння та генотипових особливостей досліджуваних

сортів (рис. 4). Встановлено, що найбільш тривалим період «садіння–сходи» був за першого терміну (I декада квітня), коли поява паростків фіксувалася у діапазоні 24–33 днів, що зумовлено низькою температурою ґрунту на старті вегетації.

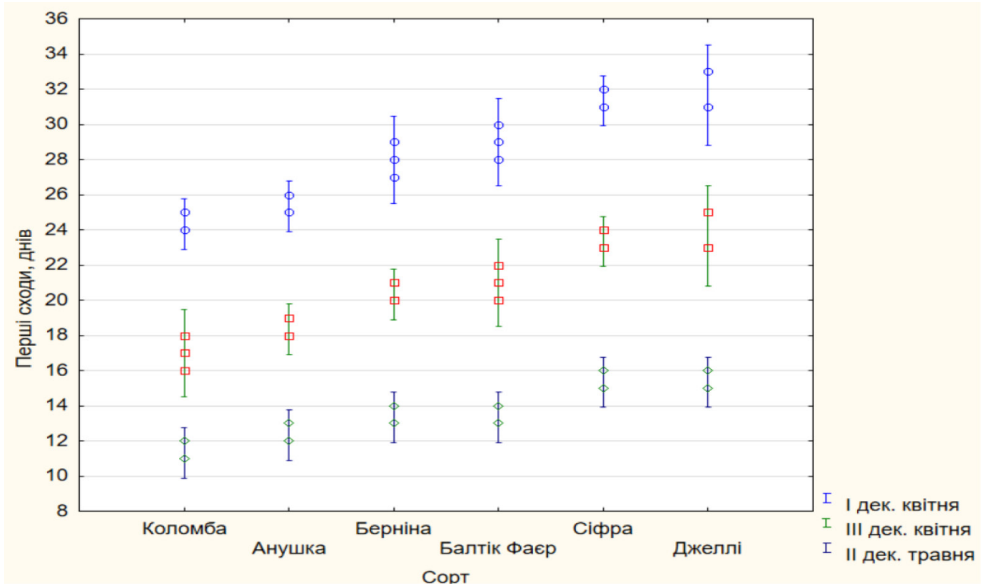


Рис. 4. Вплив термінів садіння на тривалість періоду до появи перших сходів різних за стиглістю сортів картоплі

Перенесення терміну висаджування на третю декаду квітня дозволило скоротити цей показник до 16–25 днів, а найшвидша поява сходів спостерігалася за третього терміну (II декада травня), де тривалість проростання становила лише 11–16 днів. Серед досліджуваних зразків найбільш енергійним проростанням відзначилися ранньостиглі сорти Коломба та Анушка, які у всіх варіантах досліду демонстрували мінімальну кількість днів до появи сходів, тоді як середньостиглі генотипи Сіфра та Джеллі потребували довших часових проміжків для проходження цього етапу органогенезу.

Порівняльний аналіз тривалості міжфазного періоду до появи повних сходів свідчить про значну варіабельність показників залежно від теплозабезпеченості ґрунту в різні терміни висаджування (рис. 5). Згідно з графічними даними, при садінні в I декаді квітня період до появи повних сходів був найбільш тривалим і становив від 27–30 днів у ранньостиглих сортів (Коломба, Анушка) до 35–38 днів у середньостиглих (Сіфра, Джеллі).

Із прогріванням ґрунту в III декаді квітня цей інтервал скоротився в середньому на 8–11 днів, а за умов травневого садіння (II декада) спостерігалася максимальна інтенсифікація ростових процесів: повні сходи з'являлися вже на 14–20 день. Варто зазначити, що амплітуда коливань між повторностями (позначена вусами похибки на графіку) була найвищою за раннього терміну садіння, що вказує на меншу стабільність проростання в умовах нестабільних весняних температур порівняно з пізнішими термінами.

Результати проведеного дисперсійного аналізу (табл. 2) підтверджують високу статистичну значущість впливу сортових особливостей на динаміку появи як

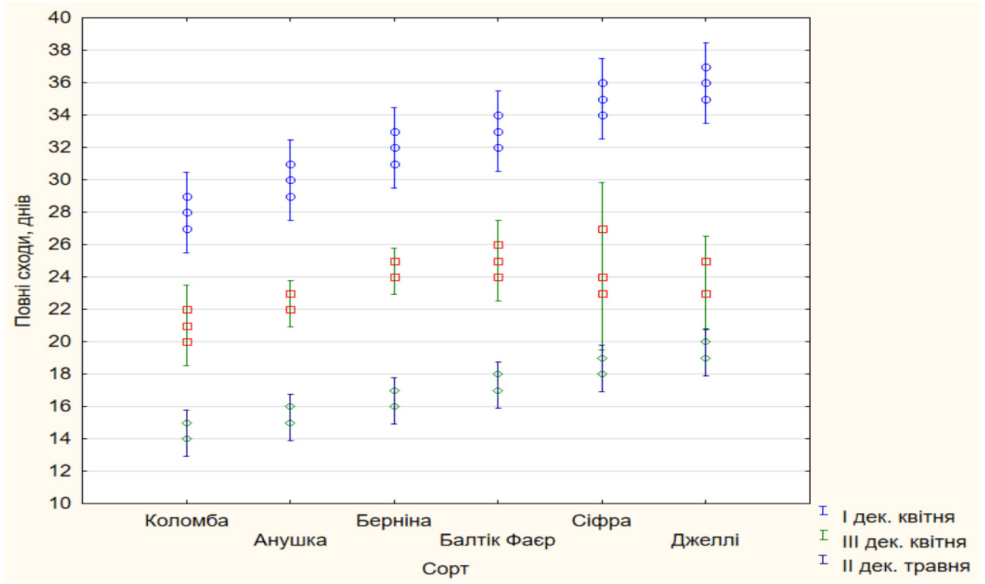


Рис. 5. Вплив термінів садіння на тривалість періоду до появи повних сходів досліджуваних сортів картоплі

перших, так і повних сходів картоплі в усіх досліджуваних варіантах. польових спостережень та вирівняність експериментальних даних.

Розраховані значення F-критерію суттєво перевищують критичні показники при рівні значущості $p < 0,05$, що свідчить про генетично зумовлену різницю між сортами у швидкості проходження початкових етапів органогенезу. Найбільш виражена диференціація генотипів спостерігалася за раннього терміну садіння (I декада квітня), про що свідчать найвищі значення F-критерію, підкреслюючи різну адаптивну здатність сортів до умов прохолодного ґрунту. Мінімальні значення середньоквадратичної помилки вказують на високу точність проведених

Таблиця 2

Дисперсійний аналіз впливу сортових особливостей на динаміку появи сходів картоплі

Варіант обліку	Сум. квад. ефект	Ср. квад. ефект	Сум. квад. помилки	Ср. квад. помилки	*F*	*p*
I дек. квітня, перші сходи	136,944	27,389	8,667	0,722	37,923	0,000
I дек. квітня, повні сходи	136,000	27,200	12,000	1,000	27,200	0,000
III дек. квітня, перші сходи	105,611	21,122	8,667	0,722	29,246	0,000
III дек. квітня, повні сходи	35,833	7,167	16,667	1,389	5,160	0,009
II дек. травня, перші сходи	38,500	7,700	4,000	0,333	23,100	0,000
II дек. травня, повні сходи	52,500	10,500	4,000	0,333	31,500	0,000

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що термін садіння виявився визначальним фактором у реалізації потенційної продуктивності досліджуваних сортів

картоплі (рис. 6). Найвищі показники врожайності в усіх групах стиглості були зафіксовані за другого терміну (III декада квітня), що графічно відображено піковими значеннями в межах від 39,5 т/га у сорту Анушка до 55,8 т/га у сорту Джеллі. Раннє висаджування (I декада квітня) призвело до помірного зниження продуктивності через тривалий період проростання в прохолодному ґрунті, тоді як пізнє садіння (II декада травня) спричинило найбільш суттєвий недобір врожаю, особливо у середньостиглих сортів Сіфра та Джеллі. Характерно, що ранньостиглі генотипи (Коломба, Анушка) продемонстрували вужчий діапазон коливань врожайності між варіантами порівняно з пізнішими сортами, що вказує на їхню вищу адаптивну стабільність до змін гідротермічного режиму.

Аналіз результатів дисперсійного аналізу врожайності підтверджує, що генотипові особливості сортів відіграють вирішальну роль у формуванні продуктивності за всіх досліджуваних гідротермічних умов (табл. 3).

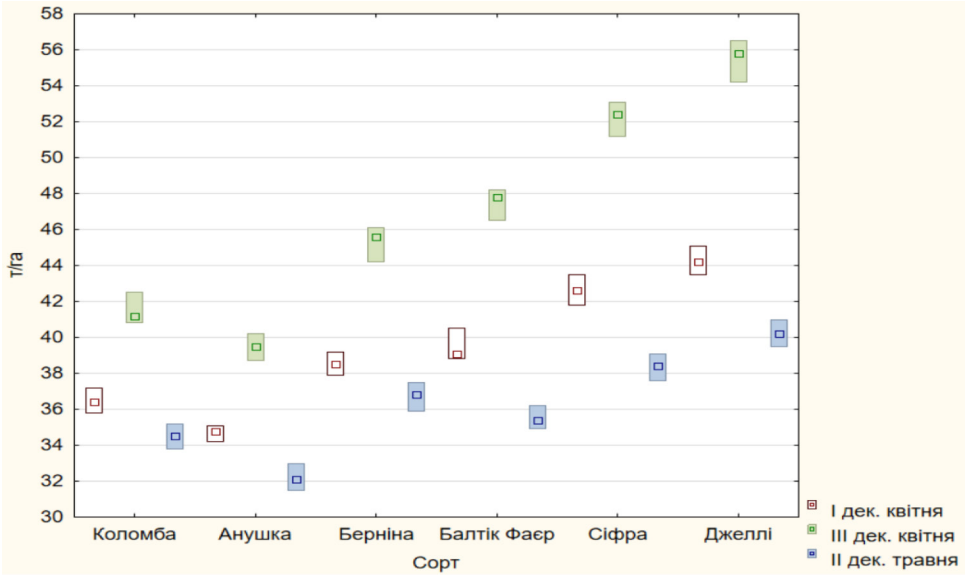


Рис. 6. Урожайність досліджуваних сортів картоплі залежно від термінів садіння

Встановлено, що розбіжності між сортами є високозначущими на рівні $p < 0{,}05$, при цьому найвища диференціація за врожайністю спостерігалася за другого терміну садіння (III декада квітня), де значення F-критерію сягнуло максимуму – 125,87. Це свідчить про те, що за оптимального температурного режиму ґрунту

Таблиця 3

Дисперсійний аналіз впливу сортових особливостей на врожайність картоплі за різних термінів садіння

Варіант (термін садіння)	Сум. квад. ефект	Ср. квад. ефект	Сум. квад. помилки	Ср. квад. помилки	*F*	*p*
I дек. квітня	196,711	39,342	6,633	0,552	71,171	0,00
III дек. квітня	569,211	113,842	10,853	0,904	125,869	0,00
II дек. травня	121,824	24,364	6,5200	0,543	44,843	0,00

генетичний потенціал сортів розкривається найбільш повно, створюючи значний розрив у продуктивності між ранніми та середньостиглими групами.

Стабільно високі значення F-критерію за першого (71,17) та третього (44,84) термінів садіння доводять, що навіть за впливу стресових температурних чинників (холодний ґрунт на початку квітня або перегрів у травні), сорт залишається домінуючим фактором впливу на кінцевий результат.

Результати, отримані в ході нашого дослідження, узгоджуються з висновками закордонних учених та підтверджують закономірності розвитку культури залежно від часу висаджування. Так, наприкад, дослідження, проведене в Японії [5] з метою вивчення впливу різних дат висадки на параметри росту та врожайність картоплі, виявило, що перенесення термінів на пізніші дати (червень) призводить до суттєвого зниження продуктивності бульб, що першочергово зумовлено значним скороченням загальної тривалості вегетаційного періоду рослин. Встановлено, що хоча за пізніх дат висадки різниця в часі початку бульбоутворення між рослинами зі звичайних бульб та мікробульб нівелюється, загальний потенціал накопичення сухої речовини обмежується саме через дефіцит часу для активного росту, особливо у пізньостиглих сортів. Ще одне дослідження, проведене вже в Пакистані з метою вивчення впливу термінів садіння на врожайність картоплі в субтропічних умовах, виявило, що раннє висаджування суттєво покращує продуктивність завдяки подовженню вегетаційного періоду та максимізації поглинання фотосинтетично активної радіації. Встановлено, що затримка термінів садіння призводить до скорочення кількості стебел, площі листя та маси товарних бульб, при цьому генотип «Арізона» продемонстрував найвищу врожайність та адаптивну стабільність серед одинадцяти досліджуваних зразків [6]. Дослідження, проведене з метою оптимізації вирощування картоплі в різних регіонах Китаю, виявило, що досягнення потенційної врожайності напряму залежить від корекції термінів садіння та підбору сортів за групою стиглості. Встановлено, що для північних регіонів ефективним є раннє висаджування, тоді як для південних рекомендовано пізніші терміни у поєднанні з використанням скороспілих сортів, що дозволяє суттєво знизити обсяги поливної води (на 29–66 %) без втрати продуктивності [8]. Дослідження, проведене з метою вивчення впливу тривалості дефіциту води на різних етапах онтогенезу картоплі, виявило, що навіть короткочасна нестача води під час вегетативного росту та бульбоутворення призводить до суттєвого зниження врожайності, вмісту сухої речовини та частки великих бульб. Встановлено, що кожен додатковий день водного стресу спричиняє втрату врожаю на рівні 3,1 % під час вегетації та 3,4 % у фазу бульбоутворення, що підкреслює критичну роль своєчасного висаджування бульб [7].

Висновки. Результати проведених досліджень свідчать про те, що термін садіння є ключовим регулятором тривалості початкових фаз розвитку картоплі. Найбільш тривалий період проростання, який становив від 27 до 38 днів залежно від сорту, було зафіксовано за раннього висаджування у першій декаді квітня. Зі збільшенням теплозабезпеченості ґрунту в пізніші терміни (друга декада травня) цей інтервал скорочувався до 14–20 днів, що підтверджує пряму залежність інтенсивності ростових процесів від температурного режиму.

Дисперсійний аналіз отриманих даних підтвердив високу статистичну значущість впливу генотипових особливостей на швидкість появи сходів. Ранньостиглі сорти Коломба та Анушка продемонстрували вищу адаптивну здатність до умов прохолодного ґрунту, що забезпечило їм стабільнішу динаміку розвитку за ранніх термінів садіння порівняно з середньостиглими сортами Сіфра та Джеллі. Це

свідчить про доцільність використання саме скороспілих генотипів для отримання ранньої продукції в умовах нестійких весняних температур.

Найвищі показники врожайності в усіх групах стиглості було отримано за другого терміну садіння (третя декада квітня), де врожайність коливалася в межах 39,5–55,8 т/га залежно від сорту. Статистична достовірність цих результатів підкріплена найвищим значенням F-критерію (125,87) у дисперсійному аналізі, що вказує на оптимальне поєднання гідротермічних умов для повної реалізації генетичного потенціалу сортів у цей період.

Водночас затримка висаджування до другої декади травня призвела до суттєвого зниження продуктивності, особливо у середньостиглих сортів, де втрати врожаю сягали 25–28 % порівняно з оптимальним терміном. Це узгоджується зі світовим досвідом про те, що скорочення вегетаційного періоду є критичним фактором недобору врожаю. Ранньостиглі сорти за таких умов виявилися більш пластичними, продемонструвавши меншу амплітуду коливань врожайності між варіантами досліду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бараболя О. В., Прудкий Т. А Якісні показники картоплі та їх зв'язок з кліматичними умовами для забезпечення лежкості. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Вип. 28(2). С. 6–12. https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.01

2. Погорілий С. П., Присяжний В. Г. Rational schemes of potato planting under the conditions of climate change. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. 2024. Вип. 24(1). С. 211–217. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-1-16

3. Adekanmbi T., Wang X., Basheer S., Liu S., Yang A., Cheng H. Climate change impacts on global potato yields: A review. *Environmental Research: Climate*. 2024. Vol. 3(1) P. 012001. https://doi.org/10.1088/2752-5295/ad0e13

4. Badr M. A., El-Tohamy W. A., Salman S. R., Gruda N. Yield and water use relationships of potato under different timing and severity of water stress. *Agricultural Water Management*. 2022. Vol. 271. P. 107793. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107793

5. Kawakami J., Iwama K., Jitsuyama Y. Effects of Planting Date on the Growth and Yield of Two Potato Cultivars Grown from Microtubersand Conventional Seed Tubers. *Plant Production Science*. 2005. Vol. 8(1). P. 74–78. https://doi.org/10.1626/pps.8.74

6. Khan M. S., Hoogenboom G., Gillani S. M., Shah A. S., Khan I. Effects of Planting Date and Genotype on Potato Growth and Yield Determination in a Sub-Tropical Continental Growing Environment. *Potato Research*. 2025. Vol. 68(3). P. 2357–2394. https://doi.org/10.1007/s11540-024-09833-x

7. Li S., Kupriyanovich Y., Wagg C., Zheng F., Hann S. Water Deficit Duration Affects Potato Plant Growth, Yield and Tuber Quality. *Agriculture*. 2023. Vol. 13(10). P. 2007. https://doi.org/10.3390/agriculture13102007

8. Li Y., Tang J., Wang J., Zhao G., Yu Q., Wang Y., Hu Q., Zhang J., Pan Z., Pan X., Xiao D. Diverging water-saving potential across China's potato planting regions. *European Journal of Agronomy*. 2022. Vol. 134. P. 126450. https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126450

9. Liao X., Su Z., Liu G., Zotarelli L., Cui Y., Snodgrass C. Impact of soil moisture and temperature on potato production using seepage and center pivot irrigation. *Agricultural Water Management*. 2016. Vol. 165. P. 230–236. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.10.023

10. Naz S., Ahmed M., Abbas G., Fatima Z., Hussain S., Iqbal P., Ghani A., Ali M., Awan T. H., Samad N., Aasim M., Ercisli S., Ahmad S. Assessment of Climate

Change Impact on Potato-Potato Cropping System Under Semi-arid Environment and Designing of Adaptation Strategies. *Potato Research*. 2025. Vol. 68(2). P. 1209–1239. https://doi.org/10.1007/s11540-024-09771-8

11. Siano A. B., Roskruge N., Kerckhoffs H., Sofkova-Bobcheva S. Effects of Abiotic Stress Associated with Climate Change on Potato Yield and Tuber Quality Under a Multi-environment Trial in New Zealand. *Potato Research*. 2024. Vol. 67(4). P. 1603–1624. https://doi.org/10.1007/s11540-024-09695-3

12. Struik P. C. Responses of the Potato Plant to Temperature. B *Potato Biology and Biotechnology*. 2007. P. 367–393. https://doi.org/10.1016/B978-044451018-1/50060-9

13. Wang X.-L., Li F.-M., Jia Y., Shi W.-Q. Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature. *Agricultural Water Management*. 2005. Vol. 78(3). P. 181–194. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.02.006

14. Zhang P., Yang X., Manevski K., Li S., Wei Z., Andersen M. N., Liu F. Physiological and Growth Responses of Potato (*Solanum Tuberosum* L.) to Air Temperature and Relative Humidity under Soil Water Deficits. *Plants*. 2022. Vol. 11(9). P. 1126. https://doi.org/10.3390/plants11091126

Дата першого надходження статті до видання: 28.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.34:631.51:632.954(477)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.22

УРОЖАЙНІСТЬ СОРТІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАХОДІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ГЕРБІЦИДНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Дудченко В. В. *– д.е.н., професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, професор кафедри ботаніки та захисту рослин, Херсонський державний аграрно-економічний університет*
orcid.org/0000-0001-8545-7904
Мечет А. О. *– аспірант кафедри ботаніки та захисту рослин, Херсонський державний аграрно-економічний університет*
orcid.org/0009-0002-9022-8350

У статті представлено результати оцінки впливу заходів основного обробітку ґрунту та різних схем застосування гербіцидів на забур'яненість агроценозу, густоту стеблостою, технічну ефективність гербіцидного захисту та урожайність сортів сої в умовах Північного Степу України.

Визначено, що у варіантах без застосування гербіцидів чисельність бур'янів досягала 91,2–176,2 шт./м^2, причому найвищі показники зафіксовано за чизельного обробітку ґрунту. Застосування комбінованих гербіцидних схем забезпечило достовірне зниження забур'яненості агроценозу – до 0,9–8,6 шт./м^2 залежно від сорту та заходів обробітку ґрунту. Технічна ефективність гербіцидного захисту зростала зі складністю схем і становила 67,9–76,0 % у варіантах із мінімальним захистом та 95,1–99,1 % за використання багатокомпонентної схеми: Гліфовіт Екстра РК, 3,0 л/га (до сівби культури); Варяг КС, 4,0 л/га (після сівби культури), Селеніт Макс 0,6 л/га (2–4 справжніх трійчастих листка у культури); Базагран, 2,0 л/га + Командир, 0,2 л/га (6–8 справжніх трійчастих листків у культури).

Зменшення забур'яненості сприяло формуванню оптимальної густоти стеблостою сої, яка у варіантах з інтенсивним гербіцидним захистом досягла 51,3–55,3 шт./м^2, у той час як у контролі не перевищувала 27,3–30,4 шт./м^2. Найвищу урожайність сої одержано у варіантах із застосуванням багатокомпонентних гербіцидних схем у поєднанні з оранкою – 2,33–3,02 т/га. Мінімальна урожайність у контролі становила 0,65–0,94 т/га. Серед досліджуваних сортів найвищою стабільністю та реалізацією продуктивного потенціалу характеризувався сорт Камея.

Отримані результати підтверджують доцільність використання інтенсивних схем гербіцидного захисту у поєднанні з раціональними заходами основного обробітку ґрунту для ефективного контролю бур'янів і підвищення урожайності сої.

Ключові слова: *соя, сорти, врожайність, обробіток ґрунту, бур'яни, гербіциди, ефективність, густота стояння рослин.*

Dudchenko V. V., Mechet A. O. Yield of Soybean Cultivars Depending on Primary Tillage Practices and Herbicide Protection Under the Conditions of the Northern Steppe of Ukraine

The article presents the results of evaluating the effects of primary tillage practices and different herbicide application schemes on weed infestation of the agrocenosis, plant stand density, technical efficiency of herbicide protection, and grain yield of soybean cultivars under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine.

It was established that in treatments without herbicide application, weed density reached 91,2–176,2 plants/m^2, with the highest values recorded under chisel tillage. The use of combined herbicide schemes provided a statistically significant reduction in weed infestation of the

© Дудченко В. В., Мечет А. О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

agrocenosis to 0,9–8,6 plants/m^2, depending on the cultivar and tillage practice. The technical efficiency of herbicide protection increased with the complexity of the schemes and amounted to 67,9–76,0 % under minimal protection, while reaching 95,1–99,1 % when using the multi-component scheme: Glyphovit Extra RK, 3,0 L/ha (pre-sowing application); Varyag KS, 4.0 L/ha (post-sowing application); Selenit Max, 0,6 L/ha (at the 2–4 trifoliate leaf stage of the crop); Basagran, 2,0 L/ha + Komandir, 0,2 L/ha (at the 6–8 trifoliate leaf stage of the crop).

A reduction in weed infestation contributed to the formation of an optimal soybean plant stand density, which under intensive herbicide protection reached 51,3–55,3 plants/m^2, whereas in the control it did not exceed 27,3–30,4 plants/m^2. The highest soybean yield was obtained in treatments with multi-component herbicide schemes combined with plowing, amounting to 2,33–3,02 t/ha. The minimum yield in the control treatments ranged from 0,65 to 0,94 t/ha. Among the studied cultivars, Kameya was characterized by the highest stability and realization of productive potential.

The obtained results confirm the expediency of using intensive herbicide protection schemes in combination with rational primary tillage practices for effective weed control and increased soybean productivity.

Key words: *soybean, cultivars, yield, tillage, weeds, herbicides, efficiency, agrocenosis density.*

Постановка проблеми. В умовах Північного Степу України реалізація генетичного потенціалу сортів сої істотно обмежується дефіцитом вологи та забур'яненістю посівів у ранні фази онтогенезу культури. Кліматичні особливості зони, зокрема нестійке зволоження, висока випаровуваність і часті прояви атмосферної та ґрунтової посухи, призводять до уповільнення ростових процесів сої на початкових етапах та водночас створюють сприятливі умови для конкурентного домінування бур'янів [1].

Контроль забур'яненості посівів сої в агроценозі здійснюється через заходи основного обробітку ґрунту та гербіцидний захист, однак ефективність цих елементів технології в посушливих умовах є неоднозначною [2–4].

У зв'язку з цим виникає необхідність наукового обґрунтування взаємодії заходів основного обробітку ґрунту та схем гербіцидного захисту з метою забезпечення ефективного контролю забур'яненості та отримання стабільних урожаїв сортів сої в умовах Північного Степу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Соя характеризується подовженим гербокритичним періодом, який охоплює фази від проростання насіння до утворення 1–2 трійчастих листків (ВВСН 12–13). У цей час культура має повільні темпи наростання листкової поверхні, недостатній рівень затінення ґрунту та низьку конкурентоспроможність щодо сегетальної рослинності. За наявності дефіциту вологи конкуренція між культурою і бур'янами за воду та елементи живлення істотно підвищуєтья, що призводить до втрат урожаю [5, 6].

Відомо, що основний обробіток ґрунту визначає агрофізичний стан орного шару, умови накопичення й збереження ґрунтової вологи, а також просторове розміщення насіння бур'янів у ґрунтовому профілі, формуючи потенційний рівень забур'яненості посівів [7–9]. Численними дослідженнями доведено, що сівба в попередньо необроблений ґрунт або мінімізований основний обробіток призводять до формування потужного насіннєвого банку бур'янів у верхньому шарі ґрунту, що зумовлює масову появу сходів сегетальної рослинності в межах гербокритичного періоду розвитку сої [10–13]. У таких випадках застосування ґрунтових гербіцидів та післясходових схем підвищує пестицидне навантаження на агроценоз. Крім того, за дефіциту опадів ефективність ґрунтових гербіцидів істотно знижується внаслідок недостатньої їх активації у верхньому шарі ґрунту, що призводить до неповного контролю сходів бур'янів у гербокритичний період розвитку культури [14–16]. За таких умов зростає роль післясходового гербіцидного захисту, однак його застосування

в посушливі роки також пов'язане з низкою обмежень, зокрема фітотоксичністю для культури та зниженням селективності препаратів [17–19]. Водночас поєднання оптимізованого основного обробітку ґрунту з адаптованими гербіцидними схемами дозволяє суттєво зменшити щільність бур'янів у посівах сої та стабілізувати врожайність навіть за контрастних гідротермічних умов років [20]. Однак результати таких досліджень значною мірою залежать від ґрунтово-кліматичних умов, видового складу бур'янів, сортових особливостей сої та режиму зволоження.

Отже, для умов Північного Степу України критично важливо оцінювати взаємодію заходів основного обробітку ґрунту та схем гербіцидного захисту для забезпечення надійного контролю бур'янів у гербокритичний період, особливо за дефіциту вологи.

Постановка завдання. Мета дослідження – визначити вплив заходів основного обробітку ґрунту та схем гербіцидного захисту на врожайність сортів сої. Польовий експеримент проведено впродовж 2024–2025 рр. на базі ФГ «Алоей», розташованого в Кіровоградській області (Новоукраїнський район, с. Мала Помічна). Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом звичайним середньогумусним глибоким важкосуглинковим. Вміст гумусу в орному – 4,6 %. Забезпеченість ґрунту поживними речовинами становить: легкогідролізований азот (за Корнфілдом) – 110 мг/кг ґрунту, рухомі сполуки фосфору – 129 мг/кг та калію – 126 мг/кг (за Чириковим). Реакція ґрунтового розчину (pH 7,1). Попередник – пшениця озима. Загальна площа однієї дослідної ділянки становила 80 м^2, облікової – 50 м^2.

У досліді застосовували польовий, вимірювально-ваговий, лабораторний методи дослідження. Статистичну обробку отриманих результатів проводили з урахуванням схеми польового досліду та ієрархічної структури факторів. Дослід був закладений за трифакторною схемою з розщепленими ділянками (split-plot design) у чотирикратній повторності. Повторення (блоки) розглядали як випадковий ефект. Рік досліджень включали в модель як окремий фактор.

Для оцінки впливу досліджуваних факторів та їх взаємодій застосовували дисперсійний аналіз (ANOVA) за схемою split-plot у рамках змішаної лінійної моделі (mixed-model ANOVA). Аналіз виконували на первинних експериментальних даних з урахуванням основних ефектів факторів A, B, C, року досліджень та їх дво- і трифакторних взаємодій [21].

Для кількісних показників (чисельність бур'янів, густота стояння рослин, урожайність) перевіряли відповідність даних основним припущенням ANOVA – нормальності розподілу залишків і однорідності дисперсій. За умови виконання цих припущень застосовували параметричні методи аналізу без додаткових перетворень. Оцінку впливу факторів на технічну ефективність також проводили з використанням ANOVA у межах тієї ж статистичної моделі. У разі встановлення достовірного впливу факторів за результатами ANOVA порівняння середніх значень між варіантами здійснювали за критерієм Tukey HSD при рівні значущості $p \leq 0{,}05$. Результати наведено у вигляді середніх значень за 2024–2025 рр. (Mean ± SE) [22]. Схема досліду представлена у таблиці 1.

Технічну ефективність гербіцидних схем (%) розраховували відносно контролю в межах кожного повторення за формулою Еббота відповідно до методики випробування пестицидів [23]:

$$E = (C_1 - C_i)/C_1 \times 100, \quad (1)$$

де C_1 – чисельність бур'янів у контролі, C_i – чисельність бур'янів у відповідному варіанті.

Таблиця 1

Схема досліду

Сорт (фактор А)	Заходи основного обробітку ґрунту (Фактор В)	Схема застосування гербіцидів (Фактор С)
1. Феєрія 2. Златопільська 3. Камея	1. Оранка (плуг ПОН-5-35+1, 23–25 см) 2. Чизельний обробіток (чизель-глибокорозпушувач, PTS – 7, 23–25 см) 3. Дисковий обробіток (БДВП-4,2, 12–14 см)	1. Контроль (без гербіцидів) 2. Гліфовіт Екстра РК 3,0 л/га (a)* 3. Гліфовіт Екстра РК, 3,0 л/га (a), Варяг КС, 4,0 л/га (b) 4. Гліфовіт Екстра РК, 3,0 л/га (a), Варяг КС, 4,0 л/га (b), Селеніт Макс 0,6 л/га (c); 5. Гліфовіт Екстра РК, 3,0 л/га (a), Варяг КС, 4,0 л/га (b), Селеніт Макс 0,6 л/га (c), Базагран, 2,0 л/га + Командир, 0,2 л/га (d)

* Примітка: (a) – до сівби за 7 діб; (b) – відразу після сівби; (c) – 2–4 справжніх трійчастих листа у культури; (d) – 6–8 справжніх трійчастих листів у культури

Збирання врожаю проводили вручну, з наступним обмолотом та зважуванням після приведення насіння до стандартних показників чистоти та вологості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Схеми гербіцидного захисту, заходи основного обробітку ґрунту та сортові особливості сої істотно впливали на показник забур'яненості в 2024–2025 рр. За результатами дисперсійного аналізу встановлено достовірний вплив усіх основних факторів (А, В, С), а також року дослідження ($p < 0{,}001$), при цьому найбільш вираженим був вплив схем застосування гербіцидів (фактор С).

Найвищу чисельність бур'янів у посівах усіх досліджуваних сортів встановлено у контрольному варіанті без застосування гербіцидів. Крім цього, рівень забур'яненості суттєво залежав від заходів основного обробітку ґрунту. Так, за чизельного обробітку кількість бур'янів була максимальною і становила 169,2–176,2 шт./м^2, тоді як за оранки цей показник знижувався до 91,2–100,9 шт./м^2, а за дискового обробітку – до 130,6–136,4 шт./м^2 залежно від сорту.

Застосування гербіцидних схем 2–5 забезпечило суттєве зменшення забур'яненості агроценозу порівняно з контролем. Найбільш ефективними виявилися багатокомпонентні схеми захисту (4 і 5), за яких чисельність бур'янів знижувалася до мінімальних значень. Зокрема, у варіантах зі схемою 5 кількість бур'янів не перевищувала 0,9–1,8 шт./м^2 за оранки, 3,6–6,0 шт./м^2 за дискового обробітку та 6,0–8,6 шт./м^2 за чизельного обробітку.

Сортові відмінності у рівні забур'яненості проявлялися меншою мірою порівняно з впливом агротехнічних факторів і схем гербіцидного захисту. Однак сорт Камея характеризувався нижчою забур'яненістю агроценозу в усіх варіантах досліду (табл. 2).

Виявлено достовірну взаємодію між схемами застосування гербіцидів і сортом (А × С), а також між схемами гербіцидного захисту та заходами основного обробітку ґрунту (В × С), що свідчить про необхідність диференційованого підходу до формування систем захисту сої від бур'янів залежно від агротехнічних умов вирощування.

Встановлено істотний вплив системи гербіцидного захисту та заходів основного обробітку ґрунту на формування густоти стеблостою сої перед збиранням урожаю в 2024–2025 рр. Так, за результатами дисперсійного аналізу визначено достовірний

Таблиця 2

Забур'яненість агроценозу сортів сої залежно від заходів основного обробітку ґрунту та гербіцидного захисту (2024–2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Заходи основного обробітку ґрунту (фактор В)	Схема застосування гербіцидів* (фактор С)				
		1	2	3	4	5
Феєрія	оранка	100,9 ± 2,0d	30,8 ± 1,0c	14,5 ± 0,7b	5,4 ± 0,4a	1,8 ± 0,2a
	чизельний	176,2 ± 2,8d	44,2 ± 1,5c	23,2 ± 1,0b	13,1 ± 0,9a	8,6 ± 0,6a
	дисковий	136,4 ± 3,0d	35,5 ± 1,3c	19,8 ± 0,9b	12,0 ± 0,8a	6,1 ± 0,4a
Златопільська	оранка	91,2 ± 2,7d	29,2 ± 0,9c	11,1 ± 0,8b	6,6 ± 0,6b	0,9 ± 0,1a
	чизельний	167,5 ± 3,8d	40,2 ± 1,2c	21,8 ± 0,9b	13,4 ± 0,7a	6,0 ± 0,6a
	дисковий	130,6 ± 2,2e	33,6 ± 1,3d	17,5 ± 0,8c	10,2 ± 0,6b	3,6 ± 0,2a
Камея	оранка	96,9 ± 1,8d	30,5 ± 1,4c	10,2 ± 0,6b	4,7 ± 0,2a	1,8 ± 0,2a
	чизельний	169,2 ± 4,2d	42,2 ± 2,5c	25,9 ± 1,6b	14,1 ± 1,0a	7,1 ± 0,4a
	дисковий	132,2 ± 2,4d	32,4 ± 1,6c	17,5 ± 1,5b	9,4 ± 0,7a	4,6 ± 0,3a

Примітка: Наведено середні за 2024–2025 рр. (Mean ± SE). Дисперсійний аналіз виконано за схемою split-plot (Фактор А – сорт; Фактор В – заходи основного обробітку ґрунту; Фактор С – схема застосування гербіцидів; рік включено в модель). ANOVA: $pA < 0{,}001$; $pB < 0{,}001$; $pC < 0{,}001$; $pPiк < 0{,}001$; А × С = 0,0001; В × С < 0,001; інші взаємодії – ns. Різні літери в межах рядка – достовірні відмінності за Tukey HSD, $p \leq 0{,}05$; * – схеми застосування гербіцидів наведені у табл. 1.

вплив схем застосування гербіцидів (фактор С) та заходів основного обробітку ґрунту (фактор В), у той час як сортові відмінності проявлялися меншою мірою.

Найнижчу густоту стеблостою серед усіх сортів зафіксовано у контрольному варіанті без застосування гербіцидів, де показник коливався в межах 27,3–30,4 шт./м^2 залежно від сорту та заходу основного обробітку ґрунту. Застосування гербіцидних схем 2–5 забезпечило істотне підвищення густоти стеблостою, що узгоджується зі зменшенням рівня забур'яненості агроценозу.

Найвищі значення густоти стеблостою спостерігали за використання найбільш інтенсивних схем гербіцидного захисту (4 і 5), де показник досягнув 51,3–55,3 шт./м^2. При цьому максимальна густота рослин формувалася переважно за оранки та дискового обробітку ґрунту, тоді як за чизельного обробітку вона залишалася дещо нижчою в усіх варіантах захисту (табл. 3).

Сортові особливості мали другорядний характер порівняно з агротехнічними факторами. Посіви сорту Златопільська загалом характеризувався вищою густотою стеблостою у варіантах із застосуванням гербіцидів, тоді як у сорту Феєрія цей показник був дещо нижчим, особливо за чизельного обробітку ґрунту. Сорт Камея займав проміжне положення між досліджуваними сортами.

Отримані результати свідчать, що формування оптимальної густоти стеблостою сої значною мірою визначається ефективністю гербіцидного захисту та вибором заходу основного обробітку ґрунту, що зумовлює кращі умови росту і розвитку рослин та створює передумови для підвищення урожайності.

Технічна ефективність гербіцидного захисту істотно залежала від схем застосування препаратів (фактор С), заходів основного обробітку ґрунту (фактор В) та сортових особливостей, що підтверджено результатами дисперсійного аналізу.

Таблиця 3

Вплив заходів основного обробітку грунту та гербіцидного захисту на густоту стеблестою сортів сої перед збиранням (2024–2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Заходи основного обробітку ґрунту (фактор В)	Схема застосування гербіцидів* (фактор С)				
		1	2	3	4	5
Феєрія	оранка	29,8 ± 0,6	40,0 ± 0,9	49,6 ± 0,7	52,5 ± 0,5	54,5 ± 0,6
	чизельний обробіток	27,9 ± 0,6	36,5 ± 0,8	47,1 ± 0,7	50,8 ± 0,8	52,3 ± 0,7
	дисковий обробіток	29,6 ± 0,7	38,3 ± 0,6	49,9 ± 0,6	52,0 ± 0,5	53,5 ± 0,5
Златопільська	оранка	30,0 ± 0,7	41,0 ± 0,8	51,1 ± 0,6	53,8 ± 0,5	55,3 ± 0,5
	чизельний обробіток	28,5 ± 0,6	38,0 ± 0,7	47,9 ± 0,6	52,0 ± 0,6	54,0 ± 0,5
	дисковий обробіток	30,4 ± 0,7	39,6 ± 0,6	50,8 ± 0,6	52,8 ± 0,4	54,6 ± 0,4
Камея	оранка	29,6 ± 0,6	40,3 ± 0,8	49,4 ± 0,6	52,1 ± 0,5	54,4 ± 0,5
	чизельний обробіток	27,3 ± 0,5	36,3 ± 0,6	46,7 ± 0,6	49,9 ± 0,6	51,9 ± 0,5
	дисковий обробіток	29,6 ± 0,6	37,5 ± 0,6	49,2 ± 0,5	51,3 ± 0,4	52,7 ± 0,4

Примітка. Наведено середні значення за 2024–2025 рр. (Mean ± SE, n = 8). Дисперсійний аналіз виконано за схемою split-plot (Фактор А – сорт; Фактор В – заходи основного обробітку ґрунту; Фактор С – схема застосування гербіцидів; рік дослідження включено в модель); * – схеми застосування гербіцидів наведені у табл. 1.

Найнижчі показники технічної ефективності зафіксовано у варіантах із застосуванням гербіцидів до сівби культури (схема 2), де ефективність коливалася в межах 67,9–76,0 % залежно від сорту та заходу основного обробітку ґрунту. При цьому вищі значення спостерігали за чизельного та дискового обробітку ґрунту порівняно з оранкою.

Застосування комбінованих гербіцидних схем (3 і 4) забезпечувало істотне підвищення технічної ефективності, яка досягла 84,8–95,2 %. Найвищу ефективність (95,1–99,1 %) у посівах усіх досліджуваних сортів забезпечила схема гербіцидного захисту: Гліфовіт Екстра РК, 3,0 л/га (a), Варяг КС, 4,0 л/га (b), Селеніт Макс 0,6 л/га (c), Базагран, 2,0 л/га + Командир, 0,2 л/га (d). Максимальні значення відмічено у варіантах із сортом Златопільська за оранки та дискового обробітку ґрунту.

Вплив заходу основного обробітку ґрунту проявлявся у формуванні відмінностей між варіантами за однакових схем гербіцидного захисту. Загалом за чизельного обробітку спостерігалася тенденція до дещо нижчої технічної ефективності порівняно з оранкою та дисковим обробітком, що може бути пов’язано з вищим початковим рівнем забур’яненості агроценозу.

Сортові відмінності мали допоміжний характер і проявлялися переважно у варіантах із менш інтенсивними схемами захисту. За використання схем 4 і 5 рівень технічної ефективності був стабільно високим у посівах усіх сортів, що свідчить

про універсальність дії цих гербіцидних комбінацій незалежно від сортових особливостей (табл. 4).

Таблиця 4

Технічна ефективність різних схем застосування гербіцидів залежно від заходів основного обробітку ґрунту у агроценозі сортів сої (2024Э2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Заходи основного обробітку ґрунту (фактор В)	Схема застосування гербіцидів* (фактор С)			
		2	3	4	5
Феєрія	оранка	69,4 ± 1,3	85,6 ± 0,8	94,7 ± 0,3	98,2 ± 0,2
	чизельний обробіток	74,8 ± 1,1	86,8 ± 0,4	92,6 ± 0,5	95,1 ± 0,4
	дисковий обробіток	74,0 ± 0,7	85,5 ± 0,7	91,2 ± 0,6	95,5 ± 0,3
Златопільська	оранка	67,9 ± 0,8	87,7 ± 1,0	92,8 ± 0,5	99,1 ± 0,1
	чизельний обробіток	76,0 ± 0,5	87,0 ± 0,6	92,0 ± 0,5	96,4 ± 0,3
	дисковий обробіток	74,3 ± 0,6	86,6 ± 0,7	92,2 ± 0,4	97,2 ± 0,1
Камея	оранка	68,4 ± 1,7	89,5 ± 0,5	95,2 ± 0,2	98,2 ± 0,1
	чизельний обробіток	75,2 ± 0,9	84,8 ± 0,7	91,6 ± 0,7	95,8 ± 0,2
	дисковий обробіток	75,6 ± 0,8	86,8 ± 1,0	92,9 ± 0,5	96,5 ± 0,2

Примітка. Наведено середні значення за 2024–2025 рр. (Mean ± SE, n = 8). Дисперсійний аналіз виконано за схемою split-plot (Фактор А – сорт; Фактор В – заходи основного обробітку ґрунту; Фактор С – схема застосування гербіцидів; рік дослідження включено в модель); * – схеми застосування гербіцидів наведені у табл. 1.

Аналіз урожайності свідчить про істотний і комплексний вплив схем застосування гербіцидів, заходів основного обробітку ґрунту та сортових особливостей на досліджуваний показник у 2024–2025 рр. За результатами дисперсійного аналізу встановлено достовірний вплив усіх основних факторів, при цьому провідну роль у формуванні врожаю мала схема гербіцидного захисту (фактор С).

Найнижчу урожайність у всіх досліджуваних сортів зафіксовано у контрольному варіанті без застосування гербіцидів (схема 1), де вона становила 0,65–0,94 т/га залежно від сорту та заходу основного обробітку ґрунту. Це узгоджується з високим рівнем забур'яненості агроценозу та зниженням густоти стеблостою у цих варіантах.

Застосування гербіцидних схем 2 і 3 забезпечило істотну частку збереженого врожаю сої. Так, за використання схеми 3 урожайність становила 1,90–2,16 т/га, що свідчить про ефективне зниження конкурентного тиску бур'янів і покращення умов росту культури. Подальше посилення системи гербіцидного захисту (схеми 4 і 5) сприяло максимальному прояву продуктивного потенціалу сортів.

Найвищі показники урожайності сформувалися у варіантах із застосуванням багатокомпонентних схем гербіцидного захисту (схема 5) – 2,33–3,02 т/га. Максимальні значення (3,02 т/га) зафіксовано в сорту Камея за оранки, що узгоджується з найвищою технічною ефективністю гербіцидного захисту та оптимальною густотою стеблостою (табл. 5).

Вплив заходів основного обробітку ґрунту проявлявся у стабільно вищих показниках урожайності за оранки та нижчих – за чизельного обробітку. Дисковий обробіток, як правило, займав проміжне положення за цим показником. Сортові

Таблиця 5

Урожайність сортів сої залежно від схем застосування гербіцидів залежно від заходів основного обробітку грунту та гербіцидного захисту (2024–2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Заходи основного обробітку ґрунту (фактор В)	Схема застосування гербіцидів* (фактор С)				
		1	2	3	4	5
Феєрія	оранка	0,80 ± 0,05a	1,08 ± 0,06b	2,06 ± 0,10c	2,46 ± 0,12d	2,66 ± 0,13e
	чизельний обробіток	0,65 ± 0,04a	0,92 ± 0,05b	1,96 ± 0,09c	2,19 ± 0,11d	2,33 ± 0,12e
	дисковий обробіток	0,71 ± 0,04a	0,92 ± 0,05b	1,90 ± 0,08c	2,14 ± 0,10d	2,33 ± 0,11e
Златопільська	оранка	0,89 ± 0,05a	1,11 ± 0,06b	2,03 ± 0,09c	2,44 ± 0,11d	2,74 ± 0,12e
	чизельний обробіток	0,76 ± 0,04a	0,89 ± 0,05b	1,94 ± 0,08c	2,29 ± 0,10d	2,43 ± 0,11e
	дисковий обробіток	0,74 ± 0,04a	0,88 ± 0,05b	1,99 ± 0,08c	2,24 ± 0,10d	2,50 ± 0,11e
Камея	оранка	0,94 ± 0,05a	1,16 ± 0,06b	2,16 ± 0,10c	2,77 ± 0,12d	3,02 ± 0,13e
	чизельний обробіток	0,79 ± 0,04a	1,01 ± 0,05b	2,03 ± 0,09c	2,39 ± 0,11d	2,56 ± 0,12e
	дисковий обробіток	0,81 ± 0,04a	0,95 ± 0,05b	1,99 ± 0,08c	2,28 ± 0,10d	2,53 ± 0,11e

Примітка: Наведено середні за 2024–2025 рр. (Mean±SE). Дисперсійний аналіз виконано за схемою split-plot (Фактор А – сорт; Фактор В – заходи основного обробітку ґрунту; Фактор С – схема застосування гербіцидів; рік включено в модель). Різні літери в межах рядка – достовірні відмінності за Tukey HSD, $p \leq 0,05$; * – схеми застосування гербіцидів наведені у табл. 1.

відмінності мали менш виражений характер порівняно з впливом гербіцидних схем, однак сорт Камея в усіх варіантах характеризувався вищою реалізацією урожайного потенціалу.

Отримані результати підтверджують, що оптимальне поєднання ефективної системи гербіцидного захисту з раціональним основним обробітком ґрунту є визначальним чинником підвищення урожайності сої та забезпечує максимальну реалізацію сортового потенціалу культури.

Висновки. За результатами дослідження встановлено достовірний вплив схем застосування гербіцидів, заходів основного обробітку ґрунту та року вирощування на рівень забур'яненості агроценозу, густоту стеблостою та урожайність сої. Провідну роль у формуванні продуктивності культури мала система гербіцидного захисту.

Застосування комбінованих гербіцидних схем забезпечило істотне зниження чисельності бур'янів і високу технічну ефективність контролю сегетальної рослинності (понад 95 %), незалежно від сорту та заходу основного обробітку ґрунту. Зменшення забур'яненості агроценозу сприяло формуванню оптимальної густоти стеблостою сої, яка була вищою за оранки та дискового обробітку ґрунту порівняно з чизельним обробітком.

Найвищі показники урожайності сої (2,33–3,02 т/га) сформувалися у варіантах із застосуванням інтенсивних багатокомпонентних схем гербіцидного захисту в поєднанні з оранкою, що забезпечувало найповнішу реалізацію сортового потенціалу культури.

Сортові особливості впливали на показники урожайності, однак їхній ефект був менш вираженим порівняно з дією агротехнічних чинників, при цьому сорт Камея характеризувався вищою стабільністю продуктивності за різних умов вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дудченко В. В., Марковська О. Є., Мечет А. О. Вплив заходів основного обробітку ґрунту та гербіцидів на забур'яненість агроценозу сої в умовах Північного Степу України. Таврійський науковий вісник. 2025. № 141. Частина 1. С. 96–103. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.13

2. Задорожний В., Чернелівська О., Задорожний А., Сокульський М., Лабунець А. Вплив основного обробітку ґрунту на забур'яненість сої в умовах Правобережного Лісостепу України. Карантин і захист рослин. 2023. № 3. С. 16–19. DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2023.3.16-19

3. Марковська О. Є., Малярчук М. П., Малярчук А. С. Забур'яненість посівів і продуктивність сівозмін на зрошенні залежно від співвідношення культур та систем обробітку ґрунту. Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 106. С. 230–236.

4. Малярчук М. П., Томницький А. В., Малярчук А. С., Марковська О. Є. Продуктивність сої за різних способів і глибини обробітку ґрунту та доз добрив у сівозміні на зрошенні. Зрошуване землеробство. 2019. Вип. 71. С. 100–104.

5. Киричок М. І., Зінченко О. А. Особливості забур'янення посівів та формування врожайності сої за різних строків конкуренції з бур'янами. Новітні агротехнології. 2021. № 9. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.13

6. Марченко Д. І. Конкурентні взаємовідносини сої та бур'янів в агроценозах. Таврійський науковий вісник. 2020. Вип. 114. С. 84–90. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.12

7. Расевич В. В., Тетерещенко Н. М. Дія системи основного обробітку ґрунту на агрофізичні показники та урожайність сої. Корми і кормовиробництво. 2023. № 96. С. 72–82. DOI: https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202396

8. Карнаух О. Б., Накльока Ю. І., Накльока О. П., Калієвська І. А. Забур'яненість посівів та урожайність сої за різних заходів основного обробітку ґрунту. Таврійський науковий вісник. 2018. Вип. 103. С. 43–48.

9. Tsyuk O., Marchenko D., Shuvar I., Biel W. Potential contamination of soybean agrophytocenosis depending on the system of farming and soil tillage, Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech. 2020. № 357(56). P. 45–52. DOI: https://doi.org/10.21005/AAPZ2020.56.4.04

10. Задорожний В. С., Чернелівська О. О., Лабунець А. В. Контроль забур'яненості за no-till технології вирощування сої в умовах Правобережного Лісостепу України. Карантин і захист рослин. 2025. № 3 (282). С. 35–38. DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2025.3.35-38

11. Огурцов Є. М., Бєлінський Ю. В. Продуктивність різностиглих сортів сої залежно від способів основного обробітку ґрунту і сівби в умовах Східного Лісостепу України. Вісник ХНАУ. 2015. Вип. 2. С. 18–29.

12. Карнаух О. Б., Калієвський М. В., Калієвська І. А., Коваль Г. В., Забур'яненість посівів і врожайність сої залежно від інтенсивності основного зяблевого обробітку чорнозему опідзоленого на півдні правобережного Лісостепу України. Таврійський науковий вісник. 2018. Вип. 103. С. 48–55.

13. Гангур В. В., Пипко О. С., Прокопів О. О. Продуктивність сої залежно від технології передпосівного обробітку ґрунту та інокулювання. Вісник ПДАА. 2021. № 4. С. 85–90. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.10

14. Гутянський Р. А., Яковлєва М. В., Панкова О. В. Ефективність ґрунтових гербіцидів у посівах сої. Таврійський науковий вісник. 2018. Вип. 99. С. 39–44.

15. Ткаліч Ю. І., Цилюрик О. І., Рудаков Ю. М., Козечко В. І. Ефективність страхових гербіцидів у посівах сої Північного Степу України. Агрологія. 2021. № 4 (4). Р. 165–173. DOI: https://doi.org/ 10.32819/021019

16. Parmar P. S., Jain N., Kumar D., Solanki R. Efficacy of different herbicides for weed control in soybean. Indian Journal of Weed Science. 2016. № 48 (4). P. 453–454. DOI: https://doi.org/10.5958/0974-8164.2016.00117.9

17. Киричок М. І., Ременюк С. О. Ефективність застосування гербіцидів у посівах сої. Карантин і захист рослин. 2022. № 3. С. 20–25. DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2022.3.20-25

18. Сергієнко В. П. Ефективність застосування гербіцидів у посівах сої. Карантин і захист рослин. 2022. № 1. С. 3–7. DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2022.1.3-7

19. Макух Я. П., Киричок М. І. Оцінка ефективності застосування гербіцидів на посівах сої. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2021. Вип. 29. С. 47–54. DOI: https://doi.org/10.47414/np.29.2021.249738

20. Hosseini S. Z., Firouzi S., Aminpanah H., Sadeghnejhad H. R. Effect of tillage system on yield and weed populations of soybean (Glycin Max L.). An. Acad. Bras. Ciênc. № 88(1). DOI: https://doi.org/10.1590/0001-3765201620140590

21. Yang R.-C. Towards understanding and use of mixed-model analysis of agricultural experiments. Canadian Journal of Plant Science. 2010. Vol. 90. № 5. P. 605–627. DOI: https://doi.org/10.4141/CJPS10049

22. Jones B., Nachtsheim C. J. Split-plot designs: What, why, and how. Journal of Quality Technology. 2009. Vol. 41, №. 4. P. 340–361. DOI: https://doi.org/10.1080/00224065.2009.11917790

23. Методики випробування і застосування пестицидів / С. О. Трибель та ін. Київ : Світ, 2001. 448 с.

Дата першого надходження статті до видання: 26.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.12:631.8
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.23

ПРОДУКТИВНІСТЬ ГРЕЧКИ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ В ОРГАНІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Дутчак О. В. *– аспірантка кафедри лісового і аграрного менеджменту,*
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
молодший науковий співробітник лабораторії рослинництва,
Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0000-0872-6488

Важливим резервом підвищення урожайності сільськогосподарських культур в органічному виробництві, де не застосовуються мінеральні добрива, є використання біопрепаратів.

Як зазначають дослідники універсальною культурою є гречка є, яка має широке практичне застосування. Однак, незважаючи на її харчову та агротехнічну цінність, посівні площі є незначними через низьку урожайність. Попри це, попит на екологічно чисту продукцію гречки, яку вирощують за органічною технологією, в світі постійно зростає.

У статті висвітлено результати досліджень щодо отримання екологічно безпечної продукції гречки за органічного виробництва. В польових та лабораторних умовах досліджено вплив біопрепаратів на урожайність та показники продуктивності гречки. Дослідження проводились в Прикарпатській державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН.

Метою досліджень було встановлення впливу біопрепаратів для бактеризації насіння та позакореневого підживлення посівів на продуктивність гречки за органічного виробництва.

Результатами досліджень встановлено позитивний вплив біопрепаратів на фітосанітарний стан посівів, урожайність гречки та показники структури урожаю.

Найвищу урожайність гречки – 1,81 т/га отримано за поєднання в системі удобрення обробки насіння нанокомпозитивним комплексним бактеріальним препаратом Азогран (10^8 кл/мл) та дворазового обприскування посівів рідким органічним добривом-біостимулятором Вермимаг, де підвищення урожайності склало 0,57 т/га або 0,46 % порівняно з контролем. Дані заходи сприяли зниженню забур'яненості посівів до кінця вегетації на 32 %. Застосування біопрепаратів сприяло підвищенню показників структури урожаю. Бактеризація насіння та дворазове позакореневе підживлення посівів забезпечило збільшення маси 1000 насінин на 2,4 г, натури зерна на – 18 г відносно контролю.

Отримані результати свідчать про ефективність використання біопрепаратів для бактеризації насіння гречки та дворазового позакореневого підживлення посівів за органічної технології вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу західного.

Ключові слова: *органічне виробництво, гречка, біопрепарати, бактеризація насіння, позакореневе підживлення, урожайність.*

Dutchak O. V. Buckwheat productivity using bioproducts in organic production

An important reserve for increasing crop yields in organic production, where mineral fertilizers are not used, is the use of biological products.

As researchers note, buckwheat is a universal crop that has wide practical application. However, despite its nutritional and agrotechnical value, the sown areas are insignificant due to low yield. Despite this, the demand for environmentally friendly buckwheat products, which are grown using organic technology, is constantly growing in the world.

The article highlights the results of research on obtaining environmentally safe buckwheat products in organic production. The effect of biological products on the yield and productivity

© Дутчак О. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

indicators of buckwheat was studied in field and laboratory conditions. The research was conducted at the Precarpathian State Agricultural Research Station of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS.

The aim of the research was to determine the effect of biological products for seed bacterization and foliar fertilization of crops on buckwheat productivity in organic production.

The results of the research established a positive effect of biological products on the phytosanitary condition of crops, buckwheat yield and yield structure indicators.

The highest yield of buckwheat – 1.81 t/ha was obtained by combining in the fertilization system seed treatment with the nanocomposite complex bacterial preparation Azogran (10^8 cells/ml) and two-time spraying of crops with the liquid organic fertilizer-biostimulator Vermimag, where the yield increase was 0.57 t/ha or 0.46 % compared to the control. These measures contributed to a 32 % reduction in weed infestation by the end of the growing season. The use of biological products contributed to an increase in yield structure indicators. Seed bacterization and two-time foliar fertilization of crops ensured an increase in the mass of 1000 seeds by 2.4 g, grain size by – 18 g compared to the control.

The results obtained indicate the effectiveness of using biological products for bacterization of buckwheat seeds and two-time foliar fertilization of crops using organic cultivation technology in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe.

Key words: *organic production, buckwheat, biological products, seed bacterization, foliar fertilization, yield.*

Постановка проблеми. Актуальним питанням розвитку сільськогосподарського виробництва в сучасних умовах є забезпечення виробників органічної продукції науково-обґрунтованими конкурентоздатними технологіями вирощування, адаптованими до природно-кліматичних та соціально-економічних умов регіону.

Серед круп'яних культур першочергове місце відводиться гречці, яка є важливим джерелом білка, вітамінів та мікроелементів, завдяки чому вона є цінною харчовою культурою. За погіршення екологічної ситуації та в умовах змін клімату актуальності набуває застосування біологічних препаратів, оскільки вони зменшують залежність від хімічних препаратів та підвищують стійкість рослин до стресових ситуацій. Сучасні об'єми виробництва зерна круп'яних культур не відповідають постійно зростаючим потребам населення через низьку їхню урожайність. Тому збільшувати виробництво гречки необхідно шляхом удосконалення існуючих та розробці нових елементів в технології даної культури. Виходячи з цього, дослідження впливу біопрепаратів на продуктивність гречки є актуальним з огляду на підвищення врожайності, отримання екологічно чистої продукції та забезпечення продовольчої безпеки держави.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Збереження екологічно чистого довкілля та здорового способу життя є надзвичайно важливою проблемою для суспільства в той часи коли щорічно руйнуються сільськогосподарські екосистеми внаслідок хімічних, механічних, біологічних заходів. Певний вплив також мають зовнішні екологічні чинники [1].

Виходячи з того, що обсяги тваринництва значно скоротилися і відповідно зменшилась кількість внесення гною в сільськогосподарському виробництві виникла проблема пошуку альтернативних джерел органіки [2, 3]. Поряд з цим розвиток екологічної загрози за надмірного застосування засобів інтенсифікації спонукає науковців та виробників до розробки альтернативних методів ведення землеробства, яке покращує та відновлює екологічну складову. Як зазначають науковці запровадження органічного виробництва має екологічні, економічні та соціальні переваги [4, 5]. Досвід розвинених країн світу показує, що налагодити виробництво високоякісних та екологічно безпечних продуктів харчування можливо за впровадження органічного виробництва, яке забезпечує необхідну якість

продуктів та виключає забруднення харчових продуктів шкідливими речовинами [6, 7, 8].

Органічне виробництво сприяє сталому використанню природних ресурсів та збереженню біорізноманіття, що забезпечить довгострокову стійкість екосистем. Україна активно утверджується на міжнародному ринку органічної продукції, розширюючи площі під органічним вирощуванням, збільшуючи переробку продукції, трейдерську діяльність та експорт [4, 9]. Поряд з цим, в умовах нинішньої економічної ситуації в Україні та світі актуальним є запровадження в технології вирощування екологічно безпечних препаратів, які сприяють підвищенню урожайності та покращенню якості продукції [10]. Особливо це стосується вирощування круп'яних культур в органічному виробництві, де не використовують хімічні препарати та отримують екологічно чисту продукцію [11, 12].

В зв'язку з тим, що страви з гречаної крупи смачні, високопоживні і добре засвоюються, вона рекомендується для дієтичного харчування. В плодах гречки міститься в середньому 13,1 % білка, 67,8 % вуглеводів, 3,1 % жирів, 2,8 % золи, 13,1 % клейковини. Білок гречки краще засвоюється і поживніший, ніж в інших злаків тому, що в ньому переважають легкорозчинні глобуліни і глютаміни. Лікувально-дієтичне значення гречка має завдяки таким важливим вітамінам як B_1, B_2, B_6, Р(рутин), які входять до складу зерна. Важливою властивістю гречаної крупи є здатність зберігати тривалий час свої поживні та смакові якості, так як жири, які містяться в гречці, не окислюються. Також гречка є цінною медоносною культурою, яка за сприятливих погодних умов може забезпечити збір 90–100 кг/га високоякісного лікувального меду. В агротехнічному плані вона є цінною, як страхова культура. Її вирощують у післяжнивних посівах та на сидерат. Гречка є добрим попередником у сівозміні для більшості культур, сприяє поліпшенню агротехнічних властивостей ґрунту та біологізації землеробства. Високі поживні властивості гречки та придатність її до вирощування у різних кліматичних умовах, робить її стратегічно важливою культурою. Гречка має цінність не тільки, як джерело харчування для населення. Також вона має високий експортний потенціал, що робить її важливим елементом економічної стабільності та надходження іноземної валюти.

Вченими проведено оцінку потенціалу гречки для забезпечення агроекологічної сталості та продовольчої безпеки в умовах кліматичних змін. Функціональні властивості продуктів з гречки відповідають сучасним трендам здорового харчування та створюють передумови для розвитку спеціалізованих ринкових сегментів [13]. Щоб зменшити затрати на вирощування гречки, особливо за органічного виробництва в умовах сьогодення пропонуються сучасні новітні біопрепарати, які є порівняно не дорогими та простими у використанні. При цьому можна отримати екологічно чисті продукти харчування та безпечну сировину для медичної промисловості. За результатами досліджень науковців використання рідкого органічного добрива-біостимулятора в технології органічного вирощування гречки забезпечувало збільшення чистого прибутку на 13 095 грн/га. При цьому собівартість продукції була нижчою на 1600 грн/га [14].

Як уже зазначалось за органічного вирощування великого значення набувають мікробні препарати, що забезпечують постачання корисних мікроорганізмів у потрібній кількості. Створюючи осередок домінування агрономічно корисних бактерій у зоні коріння культурних рослин, вони забезпечують комфортність мінерального живлення, позитивно впливають на наростання кореневої системи, активізують загальний розвиток рослин, що сприяє підвищенню урожайності та

покращенню якості продукції [15, 16]. Як зазначають вчені бактерії, які входять до складу біологічних препаратів, позитивно впливають на ріст кореневої системи та сприяють розвитку корисних рослинно-мікробних симбіозів [17]. Це в кінцевому результаті забезпечує збільшення врожайності рослин [18]. В умовах нинішньої економічної ситуації в Україні та світі актуальним є застосування в технології вирощування екологічно безпечних препаратів, що сприяють підвищенню урожайності та покращення якості продукції [5]. Впровадження в технології вирощування культур сучасних біологічних препаратів різних груп є вагомим кроком до посилення екологічного балансу агроекосистем [19]. Ці препарати позитивно впливають на проходження фізіологічно-біохімічних реакцій у рослинах – від сходів до збирання врожаю, покращуючи ріст і розвиток рослин [20, 21, 22]. В сучасних умовах особливого значення набуває розробка маловитратних, екологічно безпечних технологій вирощування культур з використанням біопрепаратів та різних способів їх поєднання [23]. Використання біопрепаратів та біодобрив є одним з безпечних засобів захисту та живлення рослин в органічному землеробстві [24, 25]. За рахунок використання мікробіологічних препаратів у сучасних технологіях є можливість підвищити стійкість рослин до шкідливих організмів, збільшити урожайність та якість продукції. Даний захід сприяє оздоровленню агроценозів від шкідливої дії хімічних речовин [27]. Як зазначають дослідники ефективним в органічному виробництві є комплексне застосування рідкого органічного добрива біостимулятора для обробки насіння та дворазового обприскування посівів гречки, що сприяє підвищенню економічної ефективності технології вирощування [28].

В зв'язку з тим, що використання швидкорозчинних синтетичних добрив заборонено в органічному виробництві, тому для підвищення врожайності органічної гречки використовують добрива вироблені на основі гумінових речовин, бактерій, грибів, а також мікродобрива, які дозволені до використання в органічному виробництві [29].

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили впродовж 2024 р. в умовах Коломийського відділу Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Ґрунт дослідної ділянки дерново-підзолистий поверхнево оглеєний середньосуглинковий, осушений гончарним дренажем.

Система обробітку ґрунту під гречку складалась з дискування на глибину 6–8 см, оранки на глибину 20–22 см, ранньовесняного закриття вологи (боронування), 3-х культивацій, включаючи передпосівну та після посівного коткування. В досліді висівали гречку сорту Воля рядковим (15 см) способом сівби.

В дослідженнях використовували нанокомпозитивний комплексний бактеріальний препарат Азогран виготовлений на основі взаємодії селекціонованих в Інституті мікробіології і віросології ім. Д. К. Заболотного НАН України високоактивних штамів азотфіксувальних бактерій *Azotobacter vinelandii* ІМВ В-7076 і фосфатомобілізувальних бактерій *Bacillus subtilis* ІМВ-7023 з наночастками бентоніту [30].

Для одержання високих врожаїв якісного насіння гречки в органічній системі удобрення застосовували Вермимаг − рідке органічне добриво-біостимулятор, виготовлене на основі Вермистиму з додаванням мезоелементів (сірки та магнію) природного походження.

При проведенні досліджень ми застосовували комплексний бактеріальний препарат Азогран в трьох різних концентраціях: 10^6 кл/мл, (к-1), 10^7 кл/мл, (к-2),

10^8 кл/мл, (к-3) для бактеризації насіння нормою 1 л на гектарну норму насіння та рідке органічне добриво-біостимулятор Вермимаг – 6 л/га для одно- та дворазового обприскування посівів гречки під час вегетації.

Площа посівної ділянки – 90 м^2, облікової ділянки – 50 м^2, повторність досліду чотириразова.

Фенологічні спостереження проводили в двох несуміжних повтореннях, проходження основних фаз розвитку рослин.

Забур'яненість посівів визначали кількісним методом з визначенням груп та видів.

Масу 1000 зерен (TKW) визначали відраховуючи з одного зразка дві проби по 500 зерен, кожну з яких зважували з точністю до 0,1 г (різниця між масою двох наважок не перевищувала 5 %), маси цих наважок додавали і отримували даний показник. Натуру зерна (TW) визначали за допомогою літрової пурки у двох повтореннях, різниця між паралельними вимірами не перевищувала 5 г, за кінцевий результат приймали середньоарифметичне значення двох вимірів в г/л. Статистичну обробку результатів досліджень виконано за В.О. Ушкаренко та інші, 2013 р. [31].

Результати досліджень та їх обговорення. Високу врожайність культур і якісну продукцію можна отримати на чистих від бур'янів полях. Особливо це актуально при вирощуванні екологічно чистої продукції за органічного виробництва, де заборонено використовувати гербіциди. Бур'яни засмічують сільськогосподарські культури конкуруючи з ними за елементи живлення, затінюють їх, ускладнюють процес збирання, знижуючи урожайність та якісні показники продукції.

В наших дослідженнях відмічено позитивну дію обробки насіння бактеріальним препаратом та обприскування посівів гречки органічним добривом біостимулятором, які сприяли кращому росту і розвитку рослин та підвищенню їх конкурентоздатності по відношенню до бур'янів. Обліки забур′яненості, які проводили протягом вегетації, показують, що найбільш поширеними бур'янами в наших дослідженнях були пирій повзучий (Elytrigia repens Nevski), осот жовтий (Sonchus arvensis L.), редька дика (Raphanus raphanistrum L.), куряче просо (Echinochloa cruadalli Bea), мишій сизий (Setaria glauca P.B.), лобода біла (Chenopodium album).

Обліки забур'яненості у фазу цвітіння гречки вказують, що на контролі кількість бур'янів становила 30 шт/м^2. Зниження забур'яненості відбувалось на варіантах, де застосовували біопрепарати, які сприяли наростанню вегетативної маси рослин гречки, що покращували їх конкурентоздатність. При цьому найнижчою у фазу цвітіння гречки була забур'яненість за поєднання бактеризації насіння Азографом (10^8 кл/мл) та дворазового обприскування посівів гречки органічним добривом-біостимулятором Вермимаг, де вона становила 22 шт/м^2, що на 8 шт./м^2 або на 26,7 % менше, ніж без застосування препаратів.

За поєднання обробки насіння гречки та обприскування посівів відмічено зниження забур'яненості протягом вегетації. Найнижчою перед збиранням була забур'яненість за обробки насіння нанокомпозитивним комплексним бактеріальним препаратом Азогран (10^8 кл/мл) та дворазового обприскування посівів гречки рідким органічним добривом-біостимулятором Вермимаг, де вона склала 53 шт/м^2, що на 32,0 % менше за контроль.

На формування високого рівня продуктивності гречки істотний вплив мають агротехнічні заходи та умови вирощування. При цьому урожайність визначається дією багатьох чинників, які впливають на умови росту і розвитку рослин:

забезпечення вологою і теплом, поживними речовинами, фізичним станом ґрунту, забур'яненістю посівів.

В наших дослідженнях 2024 року в органічній технології вирощування застосування препаратів забезпечило збільшення урожайності гречки. Як свідчать результати досліджень бактеризація насіння в різних концентраціях підвищувала урожайність зерна гречки на 16,9–28,2 % (табл.1).

Таблиця 1

Вплив біопрепаратів на урожайність гречки, 2024 р.

№ вар.	Варіант досліду	Урожайність, т/г	Приріст урожаю	
	Удобрення		± до контролю, т/га	± до контролю, т/га
1	Насіння оброблене водою, 10 л/т (контроль)	1,24	–	–
2	Обробка насіння бактеріальним препаратом (к-1)	1,45	0,21	16,9
3	Обробка насіння бактеріальним препаратом (к-1) + 1 позакореневе підживлення біопрепаратом	1,56	0,32	25,8
4	Обробка насіння бактеріальним препаратом (к-1) + 2 позакореневі підживлення біопрепаратом	1,68	0,44	35,5
5	Обробка насіння бактеріальним препаратом (к-2)	1,53	0,29	23,4
6	Обробка насіння бактеріальним препаратом (к-2) + 1 позакореневе підживлення біопрепаратом	1,65	0,41	33,1
7	Обробка насіння бактеріальним препаратом (к-2) + 2 позакореневі підживлення біопрепаратом	1,76	0,52	41,9
8	Обробка насіння бактеріальним препаратом (к-3)	1,59	0,35	28,2
9	Обробка насіння бактеріальним препаратом (к-3) + 1 позакореневе підживлення біопрепаратом	1,71	0,47	37,9
10	Обробка насіння бактеріальним препаратом (к-3) + 2 позакореневі підживлення біопрепаратом	1,81	0,57	46,0
HIP_{05}				0,08

Комплексне застосування біопрепаратів для обробки насіння та одноразового обприскування посівів сприяло підвищенню урожайність гречки на 25,8–37,9 %.

В результаті проведених досліджень найвищу урожайність гречки отримано за застосування бактеріального препарату Азогран (10^8 кл/мл) для обробки насіння та органічного добрива-біостимулятора Вермимаг для дворазового позакореневого підживлення рослин, де вона склала 1,81 т/га, що на 0,57 т/га, або на 46,0 % більше, ніж на контролі.

Застосування бактеріального препарату та рідкого органічного добрива-біостимулятора сприяло покращенню умов росту і розвитку рослин та підвищенню показників структури урожаю. Як зазначалось, за погодних умов, які склались в поточному році на початку вегетації, рослини гречки розвивались повільно. В подальшому, за опадів, які пройшли в другій половині вегетації, проходило інтенсивне наростання вегетативної маси, що значно збільшило висоту рослин, особливо на варіантах застосування біопрепаратів. Зокрема на контролі висота рослин гречки становила 106 см і збільшувалась за застосування бактеріального препарату для обробки насіння на 7–12 см. Найвищими були рослини гречки на варіантах з бактеризацією насіння Азограном 10^8 кл/мл та двома позакореневими підживленнями Вермимагом, де їх висота сягала 127 см, що на 14 см більше за контроль.

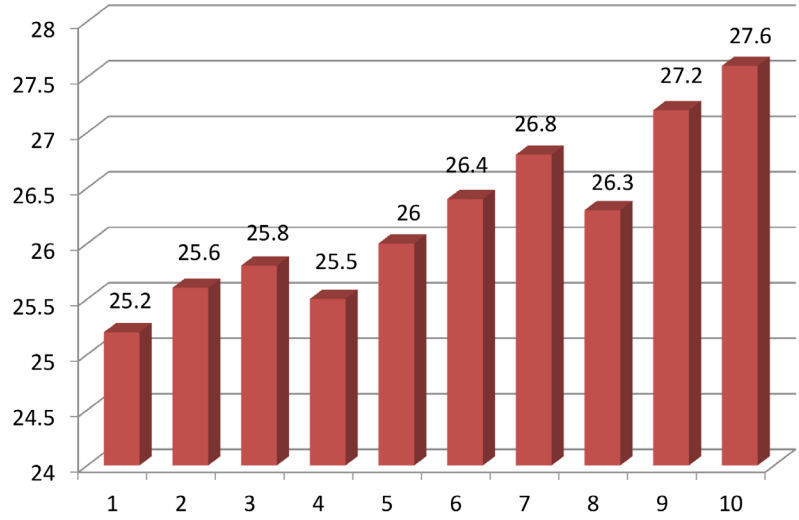


Рис. 1. Маса 1000 насінин гречки, г

Маса 1000 насінин гречки теж змінювалась залежно від удобрення. Так на контролі вона становила 25,2 г і збільшувалась на 0,4–2,4 г за застосування біопрепарату (рис. 1).

Зокрема найвищою була маса тисячу насінин при бактеризації насіння Азограном (10^8 кл/мл) та дворазовому позакореневому підживленні Вермимагом, де вона становила 27,6 г, що на 2,4 г більше за контроль.

Аналогічна закономірність була і при аналізі натури зерна. При цьому, як застосування бактеризації насіння так і позакореневі підживлення сприяли збільшенню натури зерна. На контрольному варіанті вона склала 585 г/л і була вищою на 18 г/л за поєднання обробки насіння Азограном 10^8 кл/мл та дворазовому обприскуванні органічним добривом-біостимулятором (рис. 2).

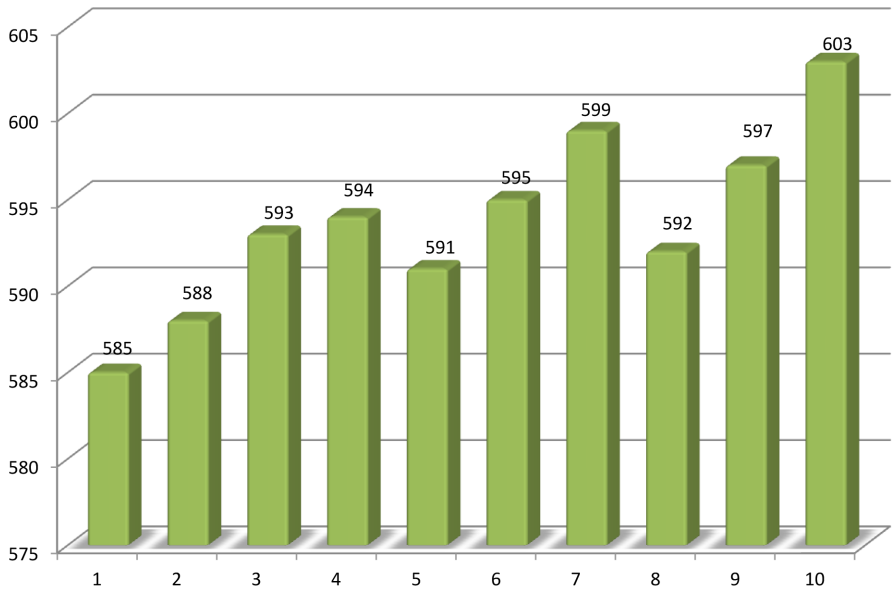


Рис. 2. Натура зерна гречки, г/л

Висновки. Використання біологічних препаратів в органічному вирощуванні гречки ефективно впливало на розвиток рослин, сприяло зниженню забур'яненості посівів. При цьому значно покращувались параметри структури врожаю, що забезпечило збільшення урожайності гречки.

Комплексне застосування в системі удобрення гречки наноком-позитивного комплексного бактеріального препарату Азограном (10^8 кл/мл) та дворазового позакореневого підживлення посівів протягом вегетації рідким органічними добривом-біостимулятором Вермимаг забезпечило зниження забур'яненості посівів на 32,0 %, збільшення маси 1000 насінин гречки на 2,4 г та натури зерна на 18 г/л. За даних заходів підвищення урожайності гречки склало 0,57 т/га або 46,0 % відносно контролю, де біопрепарати не застосовували.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мельник В. І., Романашенко О. А., Пигаренко М. О. та ін. Використання органічних добрив: економіко-екологічні аспекти. Інженерія природокористування. 2020. № 3 (17). С. 29–34. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Iprk_2020_3_7 (дата звернення: 15.01.2026).
2. Танчик С. П., Цюк О. А., В'ялий С. О. Розвиток органічного землеробства в Україні. Вісник аграрної науки. 2010. № 1. С. 11–15.
3. Органічне виробництво в Україні: реалії та перспективи. Agronews. Головні аграрні питання. 2017. 5 квітня. URL: https://agronews.ua/node/75635 (дата звернення: 15.01.2026).
4. Олексієнко А. О. Впровадження принципів і методів органічного землеробства як стратегічний напрямок розвитку фермерських господарств Кіровоградської області. Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. 2012. Вип. 22, ч. II. С. 1–6.
5. Горобець О. В., Горобець С. М. Органічне виробництво як напрям забезпечення продовольчої безпеки України. Органічне виробництво і продовольча безпека. Житомир: Вид-во ПНУ, 2020. С. 317–321.

6. Залізнюк В. П. Оцінка індикаторів продовольчої безпеки України. Інвестиції: практика та досвід. 2019. № 2. С. 128–133.
7. Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції: Закон України від 10.07.2018 № 2496-VIII. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2752845-v-ukraini-vstupiv-vsilu-organicnij-zakon.html (дата звернення: 15.01.2026).
8. Grabovska T., Lavrov V., Rozputnii O. et al. Effect of organic farming on insect diversity. Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10, № 4. P. 96–101. DOI: 10.15421/2020_174.
9. Камінський В. Ф. Наукові засади біологічного землеробства в умовах зміни клімату. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2016. № 1. С. 3–15. URL: https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/04/znp-1-2016.pdf (дата звернення: 15.01.2026).
10. Сонько С. П., Суханова І. П., Василенко О. В. Особливості вермикультури в умовах Правобережного Лісостепу. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2010. Вип. 73. С. 216–224. DOI: 10.31210/spi2025.28.02.17
11. Кващук О. В. Сучасні інтенсивні технології вирощування круп'яних культур: навч. посіб. Кам'янець-Подільський : Абетка, 2008. 244 с.
12. Кващук О. В., Сучек М. М., Хоміна В. Я., Пастух О. Д. Круп'яні культури: навч. посіб. Кам'янець-Подільський: Медобори-2006, 2013. 288 с.
13. Шевчук В. М. Гречка як стратегічна культура в умовах зміни клімату та продовольчої безпеки. Scientific Progress & Innovations. 2025. № 28 (2). С. 112–119. DOI: 10.31210/spi2025.28.02.17
14. Karbivska U., Kunychak H., Dutchak O. et al. Application of Biologization Elements in Buckwheat Organic Cultivation Technology. Ecological Engineering and Environmental Technology. 2024. Vol. 25 (5). P. 235–242. DOI: 10.12912/27197050/186125.
15. Волкогон В. В. та ін. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Київ : Аграрна наука, 2011. 156 с.
16. Патика В. П., Панченко Г. М. Сільськогосподарська мікробіологія на допомогу аграрному виробництву. Чернігів, 2001. 59 с.
17. Vessey J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil. 2003. Vol. 255, Issue 2. P. 571–586.
18. Fuentes-Ramirez L. E. Bacterial biofertilizers. Biocontrol and Biofertilization. Aligarh, 2006. P. 143–172.
19. Іваніна В. В. Баланс біогенних елементів в агроекосистемах Лісостепу. Агробіологія. 2011. № 6. С. 63–67.
20. Domaratskiy E., Shcherbakov V., Bazaliy V. et al. Analysis of Synergetic Effects from Multifunctional Growth Regulating Agents. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10 (2). P. 301–308.
21. Schilling E. E. Helianthus. Flora of North America North of Mexico. New York : Oxford University Press, 2006. Vol. 21. P. 141–169.
22. Карпенко В. П. та ін. Біологічні препарати в технології вирощування сільськогосподарських культур: матеріали всеукр. наук. інтерн. конф. (Умань, 2021). Умань, 2021. С. 18.
23. Бабич А. О., Побережна А. А. Народонаселення і продовольство на рубежі тисячоліть. Київ: Аграрна наука, 2000. 158 с.
24. Panda H. Manufacture of Biofertilizer and Organic Farming. India : Asia Pacific Business Press Inc., 2017. 336 p.
25. Panwar J. D. S., Jain A. Organic farming and biofertilizers. New Delhi : New India Publishing Agency, 2016. 576 p.
26. Бондур І. О. Екологізація виробництва продукції рослинництва. Економіка АПК. 2008. № 6. С. 39–43.

27. Грищенко Р. Є. та ін. Вплив бактеріального препарату Азогран на врожайність гречки. Сільськогосподарська мікробіологія. 2019. Вип. 30. С. 32–38. DOI: 10.35868/1997-3004.30.32-38

28. Куничак Г., Дутчак О., Матвієць Н., Матвієць В. Гречка в органічному виробництві. Агробізнес сьогодні. 2023. № 15–16 (502–503). С. 39.

29. Основи органічного рослинництва: електронний посібник. 2022. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agronomija/Organic_crop_produ-ction/Organic_crop_production/Golovna/Golovna.htm (дата звернення: 15.01.2026).

30. Курдиш І. К. Азогран – гранульований бактеріальний препарат нового покоління. Наука та інновації. 2009. Т. 5, № 2. С. 50–52. DOI: 10.15407/scin5.02.050

31. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант, 2013. 378 с.

Дата першого надходження статті до видання: 28.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 631.43:631.452:631.51] 631.559
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.24

АГРОФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОДЮЧОСТІ ОРНОГО ШАРУ І УРОЖАЙНІСТЬ КУЛЬТУР ЗА МІНІМАЛІЗАЦІЇ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Єщенко В. О. *– д.с.-г.н,*
професор кафедри загального землеробства,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-6109-822X
Коваль Г. В. *– к.с.-г.н,*
доцент кафедри загального землеробства,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-8000-919X
Карнаух О. Б. *– к.с.-г.н, доцент,*
завідувач кафедри загального землеробства,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0003-4241-6154

Дослідження проведені в умовах стаціонарного досліду на фоні п'ятипільної сівозміни з ярими культурами на чорноземі опідзоленому впродовж 2012–2017 рр., націлені на вивчення ефективності двох заходів мінімалізації основного обробітку ґрунту: заміни зяблевої оранки плоскорізним розпушуванням і зменшення глибини обох заходів обробітку. Вивчаючи структурність орного шару ґрунту на фоні зяблевої оранки і плоскорізного розпушування встановлено позитивний вплив використання безполицевого основного обробітку на вміст в ґрунтовому середовищі агрономічно цінних структурних агрегатів. За рахунок цього заходу мінімалізації вміст агрегатів розміром 0,25–10 мм в діаметрі під посівами ячменю, льону олійного, сої, ріпаку і пшениці на середину їх вегетації збільшувався відповідно на 0,7; 0,9; 1,0; 1,2 і 1,3 % в абсолютному виразі. Зменшення глибини основного обробітку ґрунту зумовлювало незначне погіршення структурності орного шару, коли від заміни глибокої оранки середньою і мілкою вміст агрономічно цінної фракції знижувався в середньому по сівозміні лише на 0,9 і 1,4 % відповідно. Щільність ґрунту в орному шарі мала тенденцію до зростання за обох шляхів мінімалізації основного обробітку, коли від заміни зяблевої оранки плоскорізним розпушуванням цей агрофізичний показник родючості ґрунту на початок вегетації культур під посівами ячменю і пшениці підвищувався на 0,03 г/см^3, а під посівами ріпаку, льону олійного і сої – відповідно на 0,04; 0,05 і 0,06 г/см^3. За зменшення глибини оранки від максимальної до мінімальної щільність складення ґрунту в орному шарі збільшувалась в середньому по сівозміні на 0,04 г/см^3, а за такого ж зменшення глибини плоскорізного обробітку – на 0,03 г/см^3. Але за будь-якої мінімалізації основного обробітку показники щільності залишались в межах оптимальності для чорноземного ґрунту. В межах задовільності залишалась і пористість ґрунту після використання різних варіантів мінімалізації обробітку ґрунту. І не дивлячись на відсутність негативного впливу досліджуваних заходів мінімалізації основного обробітку ґрунту, урожайність всіх культур п'ятипільної сівозміни від використання цих заходів помітно знижувалась.

Ключові слова: *мінімалізація основного обробітку, структурність ґрунту, щільність ґрунту, пористість ґрунту, урожайність сільськогосподарських культур.*

© Єщенко В. О., Коваль Г. В., Карнаух О. Б., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Yeshenko V. E., Koval G. V., Karnaukh O. B. Agrophysical indexes of arable layer fertility and crop yields for minimizing of basic soil cultivation

The researches were carried out in the conditions of a stationary experiment under five-row crop rotation with spring crops on podzolized black soil during 2012–2017, aimed at studying the effectiveness of two measures for minimizing basic soil cultivation: replacement of fall ploughing by subsurface loosening and reducing the depth of both cultivation methods. Positive effect of the use of subsurface basic cultivation on the content of agronomically valuable structural aggregates in the soil environment was established by studying the structure of the arable layer of soil under fall ploughing and subsurface loosening. Owing to this minimization measure, the content of aggregates of 0,25–10 mm in diameter under the crops of barley, oil flax, soybean, rape and wheat in the middle of their vegetation increased by 0,7; 0.9; 1.0; 1,2 and 1,3 % respectively in absolute expression. Reducing the depth of basic soil cultivation led to a slight deterioration in the structure of arable layer, when from the replacement of the deep ploughing by medium and shallow the content of agronomically valuable fraction declined in average only by 0.9 and 1.4 %, respectively in the crop rotation. Soil density in the arable layer tended to increasing of both ways to minimize the main cultivation, when this agrophysical index of soil fertility at the beginning of vegetation of crops under barley and wheat increased by 0.03 g/cm^3, and under rape, oil flax and soybean by 0.04; 0.05 and 0.06 g/cm3 respectively from the replacement of fall ploughing by subsurface cultivation. Soil density in the arable layer increased in average by 0.04 g/cm^3 in crop rotation under decreasing the depth of ploughing from maximum to minimum, and by 0.03 g/cm^3 under the same decrease in the depth of subsurface cultivation. However, density indexes remained within the optimum for black soil under any minimization of the basic cultivation. Soil porosity remained within a satisfactory level after using of different options for soil cultivation minimizing. Yielding capacity of all crops of five-row crop rotation significantly decreased after the use of these measures despite the absence of negative influence of the studied measures for minimizing the basic soil cultivation.

Key words: *minimization of main tillage, soil structure, soil density, soil porosity, crop yield.*

Вступ. Впродовж XX століття вітчизняне землеробство йшло в переважній більшості по шляху інтенсифікації механічного обробітку ґрунту, на який покладалось не тільки створення сприятливих умов фізичного стану ґрунту, а й поліпшення фітосанітарного стану ґрунтового середовища і посівів. За прогресивним розвитком хімічної промисловості останнє залишилось за пестицидами, а обробіток ґрунту повинен поліпшувати лише агрофізичні показники родючості ґрунту, які за інтенсивного обробітку можуть навіть погіршуватись [1]. Так, в дослідах В. Г. Крижанівського і Г. Л. Пінчковського (2018) від заміни в системі зяблевого обробітку оранки культивацією вміст агротехнічної структури в шарах ґрунту 10–20 і 20–30 см на період цвітіння гороху збільшувався відповідно з 73,7 до 76,8 і з 75,5 до 77,3 % при HIP_{05} 1,3 %. І пояснюється таке збільшення меншим руйнуванням структурних агрегатів за менш інтенсивного зяблевого обробітку ґрунту [2, 3]. В дослідах Romaneskas та ін. (2009) заміна оранки безполицевим розпушуванням супроводжувалась неістотним зменшенням щільності ґрунту в шарі 0–10 см і таким же збільшенням – в шарі 10–20 см [4]. Істотно позначалось на щільності у бік збільшення і пористості верхнього 20-сантиметрового шару у бік зменшення лише кардинальна мінімалізація механічного обробітку – повна відмова від нього [5]. Разом з цим згідно досліджень Auskalnis (2005) навіть використання безполицевих обробітків замість оранки приводило до погіршення фізичного стану ґрунту через погіршення його структурності, ущільнення та зменшення загальної пористості [6]. Це суперечить наслідкам досліджень Kovar та ін. (2016) де щільність ґрунту і його пористість залишалась практично без змін при заміні оранки на 20–22 см менш інтенсивним основним обробітком ґрунту [7].

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проводились в стаціонарному досліді кафедри загального землеробства Уманського національного

університету садівництва впродовж 2012–2017 рр. на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому.

В орному шарі цього ґрунту вміст гумусу коливається від 3,2 до 3,5 % при середній забезпеченості основними елементами живлення. В досліді вивчались два шляхи мінімалізації основного зяблевого обробітку ґрунту. Заміна полицевого обробітку безполицевим і зменшення глибини обох способів обробітку. Вивчались обидва ці шляхи мінімалізації під ярі культури 5-пільної сівозміни з таким їх чергуванням: ячмінь – соя – ріпак – пшениця – льон олійний. Загальна схема досліду показана в таблицях. Метод розміщення ділянок систематичний, повторність – триразова. Згідно програми досліджень в шарі ґрунту 0–30 см визначались:

– структурність ґрунту на середину вегетації ярих культур – методом сухого просіювання за Саввіновим згідно ДСТУ 4744:2007;

– щільність ґрунту на початок і середину вегетації вирощуваних в сівозміні культур – за Качинським згідно ДСТУ ISO 11272:2001;

– загальна пористість ґрунту на початок і середину вегетації культивованих рослин – методом насичення ґрунту непорушної будови в циліндрах водою.

Урожай вирощуваних культур збирали методом прямого комбайнування з його доведенням до 100-відсоткової чистоти і стандартної вологості.

Результати та їх обговорення. Оптимальні умови для мінімалізації обробітку ґрунту за Медведєвим (2010) складаються тоді коли в орному шарі частка агрономічно цінної структури – розміром від 0,25 до 10 мм в діаметрі – складає більше 70 %, а рівноважна його щільність знаходиться в межах 1,10–1,30 г/см^3, тобто, близька до оптимальних параметрів для цього показника. Такі умови складались і в нашому досліді, де на фоні зяблевої оранки на 25–27 см на середину вегетації ячменю, сої, ріпаку, пшениці, льону олійного і в середньому по сівозміні вміст агрономічно цінної структури в шарі 0–30 см в середньому за 2012–2017 рр. був вищим 70 % складаючи відповідно 72,5; 72,1; 73,7; 71,5; 73,1 і 72,6 %. Коли ж глибина зяблевої оранки зменшувалась до 20–22 і 15–17 см, то вище перелічені показники зменшувались відповідно на 0,7–1,2 і 0,6–1,9 % не виходячи при цьому за межі оптимальності. Це вказує на те, що з врахуванням щільності чорноземного ґрунту є можливість мінімалізувати його обробіток шляхом зменшення глибини оранки від глибокої до мілкої.

Згідно даних таблиці 1 можливий і другий шлях мінімалізації основного обробітку ґрунту – заміна полицевого обробітку безполицевим. Від такої заміни структурність ґрунту не тільки не погіршувалась, а навіть поліпшувалась. При цьому від заміни глибокої, середньої за глибиною і мілкої оранки такими ж плоскорізними розпушуваннями, то вміст агрономічно цінних структурних агрегатів в середньому по сівозміні підвищувався відповідно на 0,9; 1,1 і 1,0 %, хоч з врахуванням абсолютних показників ці зміни не можна вважати істотним.

Інший важливий агрофізичний показник родючості ґрунту – його щільність у шарі 0–30 см в середньому за 2012–2017 рр. на початку вегетації ярих культур в сівозміні на фоні глибокої оранки коливалась від 1,11 до 1,15 г/см^3. Коли ж глибину оранки зменшували до 20–22 і 15–17 см, то щільність ґрунту на цей же період підвищувалась відповідно до 1,13–1,17 і 1,14–1,19 г/см^3. До середини вегетації вирощуваних культур щільність ґрунту зростала в цілому по досліді, залишаючись при цьому в межах оптимальності. Коли різноглибинну оранку заміняли плоскорізним обробітком, то щільність ґрунту під посівами культур у сівозміні зростала, але на невелику величину (табл. 2).

Таблиця 1

Зміна (+, –) частки (%) при заміні агрономічно цінної структури в шарі ґрунту 0–30 см на середину вегетації ярих культур при заміні зяблевої оранки плоскорізним розпушуванням (середнє за 2012–2017 рр.)

Культура сівозміни	Глибина обробітку, см			Середнє по культурі
	25–27	20–22	15–17	
Ячмінь	0,4	0,7	1,1	0,7
Соя	1,6	1,1	0,2	1,0
Ріпак	0,6	1,3	1,6	1,2
Пшениця	1,3	1,4	1,2	1,3
Льон олійний	0,7	1,1	1,0	0,9
Середнє по сівозміні	0,9	1,1	1,0	1,0

Таблиця 2

Заміна (+, –) щільності (г/см^3) в шарі 0–30 см під посівами ярих культур при заміні зяблевої оранки плоскорізним розпушуванням (середнє за 2012–2017 рр.)

Культура сівозміни	Глибина обробітку, см			Середнє по культурі
	25–25	20–22	15–17	
Початок вегетації				
Ячмінь	0,03	0,03	0,03	0,03
Соя	0,06	0,05	0,06	0,06
Ріпак	0,04	0,03	0,04	0,04
Пшениця	0,04	0,03	0,02	0,03
Льон олійний	0,05	0,05	0,05	0,05
Середнє по сівозміні	0,04	0,04	0,04	0,04
Середина вегетації				
Ячмінь	0,03	0,03	0,02	0,03
Соя	0,01	0,02	0,02	0,02
Ріпак	0,02	0,02	0,02	0,02
Пшениця	0,03	0,03	0,01	0,02
Льон олійний	0,02	0,03	0,02	0,02
Середнє по сівозміні	0,02	0,03	0,02	0,02

Дещо більшим це зростання спостерігалось на початок вегетації культур, коли від заміни глибокої, середньої та мілкої оранки плоскорізним розпушуванням на відповідні глибини щільність орного шару в середньому по сівозміні зростала в усіх варіантах заміни на 0,04 г/см^3. На середину вегетації культур від такої заміни щільність ґрунту в цілому по сівозміні збільшувалась відповідно на 0,02; 0,03 і 0,02 %, не досягаючи в жодному випадку критичних для цього показника величин.

Стосовно іншого показника будови ґрунту – його пористості, то загально відомо, що задовільні для рослин умови на чорноземних ґрунтах складаються за пористості орного шару в межах 50–55 %, і сприятливі – коли цей показник вище

55 %. В нашому досліді на початок вегетації культур на фоні глибокої оранки цей показник в шарі ґрунту 0–30 см коливався від 56,3 до 57,8 % при середньому значенні в сівозміні 56,9 %. Коли ж глибина оранки зменшувалась до 20–22 і 15–17 см, то останній показник знижувався тільки на 0,6 і 1,4 % відповідно. На середину вегетації культур в цілому по сівозміні загальна пористість орного шару за глибокої, середньої і мілкої оранки складала відповідно 53,8; 53,5 і 52,9 %, а це значить, що всі вони були в межах задовільних величин.

Заміна різноглибинної зяблевої оранки плоскорізним розпушуванням на ті самі глибини зумовлює в усіх випадках зниження цього показника (табл. 3). Так, на початок вегетації різних культур в середньому по сівозміні від заміни глибокого, середнього і мілкого полицевого зяблевого обробітку плоскорізним розпушуванням ґрунту на відповідні глибини загальна пористість орного шару знижувалась відповідно на 1,7; 1,6 і 1,5 %. Ще меншим це зниження було на середину вегетації культур, становлячи відповідно лише 0,9; 0,9 і 0,7 %. За названих вище абсолютних величин пористості ґрунту на фоні зяблевої оранки за різних глибин її проведення, таке зниження пористості ґрунту на фоні безполицевого обробітку не могло так погіршити умови фізичного стану ґрунтового середовища, щоб вони могли відбитись на умовах формування врожаю вирощуваних культур. І разом з тим, як видно з аналізу даних таблиці 4, урожайність всіх культур сівозміни на фоні плоско різного розпушування помітно знижується.

Таблиця 3

Заміна (+, –) загальної пористості (%) ґрунту в шарі 0–30 см під посівами ярих культур при заміні зяблевої оранки плоско різним розпушуванням (середнє за 2012–2017 рр.)

Культура сівозміни	Глибина обробітку, см			Середнє по культурі
	25–25	20–22	15–17	
Початок вегетації				
Ячмінь	–1,2	–1,1	–1,2	–1,2
Соя	–2,3	–1,9	–2,3	–2,2
Ріпак	–1,5	–1,9	–1,5	–1,6
Пшениця	–1,6	–1,1	–0,7	–1,1
Льон олійний	–1,9	–1,9	–1,9	–1,9
Середнє по сівозміні	–1,7	–1,6	–1,5	–1,6
Середина вегетації				
Ячмінь	–1,2	–1,1	–0,7	–1,0
Соя	–0,4	–0,5	–0,8	–0,6
Ріпак	–0,8	–0,7	–0,8	–0,8
Пшениця	–1,2	–1,2	–0,4	–0,9
Льон олійний	–0,8	–1,2	–0,8	–0,9
Середнє по сівозміні	–0,9	–0,9	–0,7	–0,8

Викликалось зниження врожайності всіх вирощуваних культур і зменшенням глибини обох способів зяблевого обробітку ґрунту.

Разом з тим реакція окремих культур на різні заходи мінімалізації була неоднаковою. Якщо від заміни оранки плоскорізним обробітком урожайність пшениці,

Таблиця 4

Урожайність ярих культур на фоні різних заходів і глибин основного зяблевого обробітку ґрунту, т/га (середнє за 2012–2017 рр.)

Захід обробітку	Глибина обробітку, см	Культура сівозміни				
		Ячмінь	Соя	Ріпак	Пшениця	Льон олійний
Оранка	25–27	3,28	2,52	1,93	3,47	1,67
	20–22	3,11	2,47	1,79	3,31	1,53
	15–17	2,87	2,39	1,66	3,19	1,46
Середнє по культурі на фоні оранки		3,09	2,46	1,79	3,32	1,55
Плоскорізне розпушування	25–27	3,02	2,13	1,81	3,26	1,49
	20–22	2,89	2,03	1,66	3,13	1,37
	15–17	2,69	1,97	1,55	3,05	1,27
Середнє по культурі на фоні плоскорізного обробітку		2,87	2,04	1,67	3,15	1,38

ріпаку і ячменю знижувалась відповідно на 5,1; 6,3 і 7,1 %, то льону олійного і сої – на 11,0 і 17,1 % відповідно. Якщо від заміни найглибшої оранки наймілкішою урожайність сої і пшениці знижувалась на 5,2 і 8,1 %, то зниження урожайності ячменю, льону олійного і ріпаку сягало 12,5; 12,6 і 14,0 %.

Висновки.

1. Заміна полицевої зяблевої оранки плоскорізним розпушуванням ґрунту позитивно впливає на структурність ґрунту при незначному зростанні щільності та зниженні загальної пористості орного шару, які при цьому залишались в межах оптимальності.

2. За зменшення глибини оранки і плоскорізного розпушування з 25–27 до 20–22 і 15–17 см структурність ґрунту знизилась на початок вегетації культур в середньому по сівозміні відповідно на 0,9–1,4 і 0,6–1,4 %, щільність орного шару зростала відповідно з 1,13 до 1,15 і 1,17 та з 1,18 до 1,19 і 1,21 г/см^3, а загальна пористість знижувалась відповідно з 56,9 до 56,3 і 55,5 та з 55,2 до 54,7 і 54,0.

3. Відмічені негативні зміни окремих фізичних показників родючості ґрунту не могли призвести до погіршення умов формування врожаю вирощуваних культур, хоч їх урожайність за обох досліджуваних шляхів мінімалізації обробітку ґрунту. Виявити причинність такого зниження і буде завданням наших наступних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Єщенко В. О., Головчук А. Ф., Слаута В. А., Калієвський М. В. Обробіток ґрунту та наукові основи його мінімалізації. Умань: Видавець «Сочінський», 2011. 308 с.

2. Крижанівський В. Г., Пінчковський Г. Л. Вміст структурних агрегатів ґрунту в літній період вегетації гороху, пшениці озимої та буряка цукрового за різних заходів основного обробітку. Зб. наук. пр. Уманського національног університету садівництва. Вип. 92. Умань, 2018. С. 141–149.

3. Медведєв В.В. Нульовий обробіток ґрунту в Європейських країнах. Харків: ТОВ «ЕДЕНА», 2010. 202 с.

4. Romaneckas K., Romaneckiene R., Sarauskis E., Pilipavicius V., Sakalauskas A. 2009. The effect of conservation primary and zero tillage on soil bulk density, water content, sugar beet growth and weed infestation. Agronomy Research 7(1). 73–86.
5. Strudley, M. W., Green, T. R., Accough, J. C. 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. Soil and Tillage Research 99. 4–48.
6. Auskanis, A. 2005. Different soil tillage regimes on sandy loam cambisols. In Romaneckas K (ed) Resent results and future challenges in soil tillage research international scientific seminar. Lithuanian University of Agriculture Academia. Lithuania. pp. 6–9.
7. Kovar, S., Kovaricek, P., Novak, P., Kroulik, M. 2016. The effect of soil tillage technologies on the surface of the infiltration speed of water into the soil. Agronomy Research 14(20). 434–441.

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.15:582.644.2
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.25

ПОСТАСЕПТИЧНА АДАПТАЦІЯ ВИНОГРАДУ *IN VITRO*

Зеленянська Н. М. *– д.с.-г.н., с.н.с.,*
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
Гогулінська О. І. *– к.с.-г.н., с.н.с.,*
завідувач лабораторії культури винограду in vitro,
Національний науковий центр
«Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова»
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-3542-6143
Борун В. В. *– к.с.-г.н., с.н.с.,*
завідувач лабораторії фізіології винограду,
Національний науковий центр
«Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова»
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3431-5612
Самофалов М. О. *– м.н.с.,*
Національний науковий центр
«Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова»
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-8785-0651

Адаптація мікроклональних рослин винограду після культивування in vitro є відповідальним етапом технології мікроклонального розмноження, оскільки саме в цей період спостерігаються найбільші втрати рослин-регенерантів. Метою дослідження було визначення впливу складу поживних середовищ in vitro, зокрема концентрацій фітогормонів та додавання структуруючих компонентів, на приживлюваність мікроклонів винограду під час адаптації до умов in vivo. Дослідження проводили у 2020–2022 рр. у Національному науковому центрі «Інститут виноградарства і виноробства ім. В. Є. Таїрова» НААН України. Матеріалом для роботи були мікроклони винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило» та «Загрей». Рослини культивували на поживному середовищі MS (Мурасіге і Скуга) із різними концентраціями ІОК і 6-БАП, а також із додаванням препаратів Радіфарм, Clonex gel, агроперліту, вермикуліту та їх сумішей. Приживлюваність мікроклонів визначали через 30, 60 і 90 діб адаптації in vivo. Встановлено, що рівень приживлюваності мікроклонів винограду суттєво залежав від умов їх культивування in vitro. Найвищі показники життєздатності рослин спостерігали у варіантах, де мікроклони культивували на поживних середовищах із структуруючими компонентами – агроперліт, вермикуліт та їх суміші, у поєднанні зі зменшеними концентраціями фітогормонів (0,3 мг/л ІОК та 0,2 мг/л 6-БАП). У цих варіантах приживлюваність мікроклонів через 30 діб адаптації дорівнювала 80,0–98,0 %, через 60 діб – 72,5–90,0 %, через 90 діб – 65,0–82,5 %. У варіантах досліду, де до поживних середовищ додавали препарати Радіфарм і Clonex gel також також було відмічено підвищену приживлюваність мікроклонів, але тільки на ранніх

© Зеленянська Н. М., Гогулінська О. І., Борун В. В., Самофалов М. О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

етапах адаптації: у перший місяць – 46,9–68,0 %, у другий місяць – 47,0–65,5 %, з подальшим зниженням показника до 44,5–58,5 % на 90 добу. Мікроклони винограду, вирощені на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів, мали вищу приживлюваність на всіх етапах адаптації: на 30 добу перевищення (порівняно з варіантами із більшими концентраціями фітогормонів) дорівнювало 7,2–9,1 % для підщепних та 8,5–9,1 % для технічних сортів, на 60 добу – 6,8–8,0 % та 8,5–9,1 %, відповідно, на 90 добу – 6,9–7,8 % та 6,7–9,2 %.

Ключові слова: *виноград, in vitro, in vivo, мікроклони, поживні середовища, фітогормони, адаптація, приживлюваність.*

Zelenianska N. M., Gogulinska O. I., Borun V. V., Samofalov M. O. Post-Aseptic Adaptation of Grapevine In Vitro

The adaptation of microclonal grapevine plants after in vitro cultivation is a critical stage of micropropagation technology, as this period is associated with the highest losses of plant regenerants. The aim of the study was to determine the effect of the composition of in vitro nutrient media – specifically phytohormone concentrations and the addition of structuring components – on the survival rate of grapevine microclones during adaptation to in vivo conditions. The research was conducted in 2020–2022 at the National Scientific Center "V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking" of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The experimental material comprised grapevine microclones of the cultivars 'Dobrynia', 'Garant', 'Yarylo', and 'Zahrei'. Plants were cultured on Murashige and Skoog (MS) medium with varying concentrations of IAA and 6-BAP, as well as with the addition of Radifarm, Clonex gel, agroperlite, vermiculite, and their mixtures. The survival rate of microclones was assessed after 30, 60, and 90 days of in vivo adaptation.

It was established that the survival rate of grapevine microclones significantly depended on their in vitro cultivation conditions. The highest levels of plant viability were observed in variants where microclones were grown on nutrient media supplemented with structuring components – agroperlite, vermiculite, and their mixtures – in combination with reduced phytohormone concentrations (0.3 mg/L IAA and 0.2 mg/L 6-BAP). Under these conditions, microclone survival reached 80.0–98.0 % after 30 days of adaptation, 72.5–90.0 % after 60 days, and 65.0–82.5 % after 90 days. In experimental variants where Radifarm and Clonex gel were added to the nutrient media, increased microclone survival was also observed; however, this effect was limited to the early stages of adaptation: 46.9–68.0 % during the first month and 47.0–65.5 % during the second month, followed by a decrease to 44.5–58.5 % by day 90. Grapevine microclones cultivated on nutrient media with lower phytohormone content exhibited higher survival rates at all stages of adaptation. On day 30, the increase (compared with variants containing higher phytohormone concentrations) amounted to 7.2–9.1 % for rootstock cultivars and 8.5–9.1 % for technical cultivars; on day 60, 6.8–8.0 % and 8.5–9.1 %, respectively; and on day 90, 6.9–7.8 % and 6.7–9.2 %.

Key words: *grapevine, in vitro, in vivo, microclones, nutrient media, phytohormones, adaptation, survival rate.*

Постановка проблеми. Сучасне виноградарство потребує впровадження ефективних біотехнологічних підходів для отримання високоякісного, здорового та генетично однорідного садивного матеріалу. Одним із найперспективних методів розмноження винограду є мікроклональне розмноження в культурі *in vitro*. Воно забезпечує швидке відтворення цінних сортів і клонів, а також їх оздоровлення від вірусних та бактеріальних хвороб.

Адаптація є фінальним і найважливішим етапом у цілісній схемі мікроклонального розмноження, яка передбачає переведення рослин-регенерантів із умов *in vitro* в умови *in vivo* [1, с. 300–302; 2]. Саме на цьому етапі гине чи ушкоджується найбільша кількість рослин. Це пов'язано з тим, що в культурі *in vitro* рослини перебувають в умовах, які відрізняються від природних за багатьма фізико-хімічними параметрами: світловим, водним, температурним, газовим складом повітря у середині культуральних ємкостей, консистенцією поживного середовища [2]. Як результат, в умовах *in vitro*, формуються рослини з недосконалими

анатомічними і фізіологічними характеристиками: недорозвинена або неактивна воскова кутикула листків, пошкоджений продиховий апарат, слабка фотосинтетична активність, вітрифікація, слабкий судинний зв'язок між коренем і пагоном, недорозвинені (а часто і відсутні) кореневі волоски, тому вони дуже легко піддаються зневодненню і впливу патогенної інфекції [1, с. 303].

Сьогодні є багато способів підвищення адаптивного потенціалу мікроклональних рослин, зокрема шляхом регулювання вологості, освітлення, складу субстратів, застосування біопрепаратів і фітогормонів. Разом із тим питання оптимізації поживних середовищ *in vitro* з використанням структуруючих компонентів, а також їх впливу на подальшу приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* залишаються недостатньо вивченими, особливо з урахуванням сортових особливостей винограду. У зв'язку з цим дослідження, спрямовані на підвищення ефективності адаптації мікроклонів винограду шляхом удосконалення складу поживних середовищ та умов культивування *in vitro*, є актуальними та мають важливе наукове й практичне значення.

Метою дослідження було визначення впливу складу поживних середовищ *in vitro*, зокрема різних концентрацій фітогормонів та додавання структуруючих компонентів, на рівень приживлюваності мікроклонів винограду під час їх адаптації до умов *in vivo*.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підвищення приживлюваності мікроклональних рослин після перенесення з умов *in vitro* до умов *in vivo* часто застосовують комплекс агротехнологічних і фізіолого-біохімічних прийомів. Найпоширенішими серед них є зниження відносної вологості повітря в культуральних ємкостях, стимуляція ризогенезу на етапі *in vitro*, поетапне загартування рослин після пересаджування, використання мікоризи, а також застосування фотоавтотрофних систем мікроклонального розмноження [1, с. 303].

Зниження вологості в культуральних ємкостях на етапі передадаптації здійснюють різними способами, зокрема шляхом часткового відкривання кришечок або використання перфорованої ПВХ-плівки. Такі прийоми сприяють зменшенню інтенсивності транспірації та покращенню газообміну, що доведено в дослідженнях з культивуванням *in vitro* рослини паутерії ґарднеріанської (*Pouteria gardeneriana* (A.DC.) та евкаліпту сольового (*Eucalyptus saligna* Sm.). Після ці рослини пересаджували у субстрат Bioplant® і вирощували в тепличних умовах із поступовим зниженням вологості, що забезпечувало 62,2 % приживлюваності [3; 4, с. 180–181].

У дослідженнях Х. М. Колісник передадаптацію рослин роду *Carlina* (*C. onopordifolia*, *C. cirsioides*, *C. acaulis*) здійснювали за багатоступеневою схемою. Живці культивували на поживному середовищі з мінімальним вмістом сахарози (5 г/л) без додавання фітогормонів. Через 30 діб відбирали рослини з добре розвиненою кореневою системою та 3–5 листковими пластинками і додатково витримували їх протягом 5–7 діб у культуральному посуді з поступовим зниженням вологості до 60–65 %, що сприяло підвищенню адаптивного потенціалу рослин [5].

Значну увагу в наукових роботах приділено оптимізації субстратів для адаптації мікроклонів в умовах *in vivo*. Так, для мікроклонів перцевої м'яти (*Mentha piperita* L.) ефективною виявилась ґрунтосуміш із торфу, універсального ґрунту, перліту та піску у співвідношенні 2 : 1 : 1 : 1, що забезпечувало 96,0–98,9 % приживлюваності рослин після перенесення їх в умови *in vivo* [6, с. 52–54].

В інших дослідженнях адаптацію проводили поетапно з попереднім відбором рослин із добре сформованою кореневою системою. Рослини висаджували

у касети з субстратом (торф : перліт = 3 : 1) і адаптували в кліматичних камерах зі штучним туманом та клімат-контролем 20 діб, а далі дорощували у плівковій теплиці. Така схема адаптації забезпечувала приживлюваність мікроклональних рослин на рівні 85,0–95,0 % [7].

Ефективним підходом до підвищення приживлюваності мікроклонів є також адаптація в тепличних умовах, що дозволяє регулювати параметри температури, вологості, освітлення та вентиляції. У роботах Jofre-Garfias A. et al., Teixeira da Silva J. et al., Подгаєцького А. А. та ін. таким способом успішно адаптовано рослини полуниці садової (*Fragaria ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier), дендробіуму (*Dendrobium* spp.), туї західної (*Thuja occidentalis* L.) та малини звичайної (*Rubus idaeus* L.). При цьому рівень приживлюваності знаходився в межах 80,0–97,0 % [8; 9, с. 111–112; 10].

Важливим фактором успішної адаптації рослин є оптимізація світлового режиму на етапі мікророзмноження *in vitro*. Застосування природного та флуоресцентного освітлення, регулювання тривалості фотоперіоду, інтенсивності й спектрального складу світла забезпечувало високий рівень приживлюваності мікроклональних рослин різних культур – від 78,0 до 96,0 % у картоплі їстівної (*Solanum tuberosum* L.) [11, с. 153–154], 90,0–95,0 % у алоказії амазонської (*Alocasia amazonica André*) [12, с. 207] та 85,0–92,0 % у хризантеми шовковицелистої (*Chrysanthemum grandiflorum* L.) після перенесення в тепличні умови [13, с. 348].

У роботі Н. В. Титаренко адаптацію мікроклонів ожини звичайної (*Rubus fruticosus* L.) проводили у два етапи: поступове підвищення газообміну в умовах *in vitro* та інокуляцію рослин актинобактеріями (*Conc11, Myt7ch, Conc4, Conc32, Lim4*), що забезпечило приживлюваність 85,0 % на 30-ту добу адаптації [14, с. 25].

Незважаючи на значну кількість узагальнених досліджень щодо адаптації мікроклональних рослин до умов *in vivo*, для винограду (*Vitis vinifera* L. та міжвидових гібридів) ця проблема має низку специфічних особливостей, пов'язаних із високою чутливістю рослин до зміни мікрокліматичних умов, водного режиму та субстратів.

Сьогодні адаптацію мікроклонів винограду здійснюють як у контрольованих умовах *in vitro*, так і безпосередньо в умовах *in vivo* з використанням різних схем передадаптації. Зокрема, Bettoni J. проводив адаптацію мікроклонів винограду сорту «IAC 571-6» (*Vitis caribaea* Pirovano 57) на сумішах поживних субстратів, що включали Dystroferric Red Nitosol (природний фералітний ґрунт із високим умістом заліза й алюмінію), Tecnomax® (торф + пісок + вермікуліт) та пісок у співвідношенні 1 : 1 : 1. Рослини культивували в лотках, накритих склом, протягом 60 діб у приміщенні з контрольованими умовами, що забезпечило 100,0 % приживлюваності мікроклонів [15, с. 1806].

Подібний підхід застосовували Melyan G. et al. при адаптації мікроклонів винограду сорту «Parvana». Рослини з добре сформованою кореневою системою пересаджували у стерильний субстрат (ґрунт + пісок + торф, 1 : 1 : 1), накривали поліетиленовими пакетами та утримували у міні-тепличці при температурі 26 °С, відносній вологості 75 % і 16-годинному фотоперіоді. Поступове зниження вологості протягом 4–6 тижнів забезпечило 82,2 % приживлюваності після адаптації [16, с. 254–255].

З метою підвищення виходу адаптованих *in vivo* мікроклонів винограду низка дослідників рекомендує використання мінеральних субстратів. Застосування перліту, вермікуліту як у чистому вигляді, так і в поєднанні з кокосовим субстратом або торфом забезпечувало приживлюваність мікроклонів сортів «Pusa Navrang»,

«Hybrid 76-1», «Жемчуг Саба», «Julesky Muscat» [17, с. 2108], а також сорту "Піон" на рівні 85,0–90,0 % [18, с. 929–930].

Т. М. Черевата досліджувала адаптацію мікроклонів різних сортів винограду, які з добре сформованою кореневою системою висаджували у суміш іонітного субстрату «Біона» та цеоліту з поетапним відкриванням ємкостей, що забезпечило 92,0 % приживлюваності вже через 10 діб культивування в тепличних умовах [19].

Комплексний підхід до адаптації мікроклонів винограду запропоновано у роботі Н. М. Зеленянської. Автором розроблено три способи адаптації, що включали поступове зниження вологості в культуральних ємкостях, застосування антитранспірантів, пересаджування рослин на різні органічні та мінеральні субстрати, поєднання етапів укорінення й адаптації безпосередньо в умовах *in vitro*. Приживлюваність мікроклонів винограду in vivo збільшувалась до 85,5–94,0 % [2].

Попри значну кількість наукових праць, присвячених адаптації мікроклонів винограду до умов *in vivo*, залишаються недостатньо вивченими питання впливу складу поживних середовищ *in vitro* на формування адаптивних ознак рослин та їх приживлюваність на етапі акліматизації, що й зумовило необхідність проведення даних досліджень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Методика дослідження. Робота проводилась у відділі розсадництва, розмноження та біотехнології винограду Національного наукового центру «Інституту виноградарства і виноробства ім. В. Є. Таїрова» НААН України протягом 2020–2022 рр.

Матеріалом для дослідження були мікроклони винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило» і «Загрей». Схема проведення дослідження: варіант 1 (контроль 1) – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП; варіант 2 (контроль 2) – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП; варіант 3 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + Радіфарм 2,5 мл/л; варіант 4 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + Радіфарм 2,5 мл/л; варіант 5 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + Clonex gel; варіант 6 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + Clonex gel; варіант 7 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + агроперліт (1:1); варіант 8 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + агроперліт (1:1); варіант 9 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + вермикуліт (1:1); варіант 10 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + вермикуліт (1:1); варіант 11 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + (агроперліт + вермикуліт) (1:1:1); варіант 12 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + (агроперліт + вермикуліт) (1:1:1).

Роботи, пов'язані з розмноженням винограду *in vitro*, здійснювали в асептичних умовах ламінарних та культуральних боксів. Фізичні параметри культивування: температура 24–25 °С, 16-годинний фотоперіод, освітлення 2500–3000 люкс, вологість повітря 60–70 %.

Приживлювання мікроклонів винограду (%) визначали через 30, 60 та 90 діб культивування.

Результати дослідження та їх обговорення. Після проведення передадаптації в умовах *in vitro* мікроклони винограду висаджували у касети, заповнені сумішшю агроперліту та вермикуліту (1 : 1) і переносили до адаптаційної кімнати (умови не контрольовані). Безпосередньо після пересадки рослини накривали поліетиленовою плівкою, під якою вони знаходилися протягом чотирьох діб для забезпечення стабільної вологості та зменшення випаровування. Полив рослин проводили дистильованою водою, рослини додатково обробляли фунгіцидним препаратом Хорус. Починаючи з четвертої доби адаптації, плівку поступово привідкривали для збільшення доступу повітря та зниження рівня вологості (від 15 хв. до 60 хв.),

а надалі до 7 годин (з 8:00 до 15:00). Через тиждень після висадки, проводили полив розчином Мурасіге-Скуга, але без додавання сахарози та агару.

На 30 добу адаптації визначали кількість рослин, що збереглися після першого етапу адаптації.

Впродовж другого місяця культивування мікроклони винограду щоденно виносили до теплиці з природними умовами освітлення, температури та вологості, щоденно збільшуючи тривалість їх перебування (15 хв. – 6 год.). На 60 добу адаптації визначали кількість рослин, що збереглися після другого етапу загартування.

Впродовж третього місяця культивування рослини культивували в умовах теплиць і на 90 добу проводили остаточний облік приживлюваності адаптованих рослин.

Після першого місяця адаптації показники приживлюваності мікроклонів винограду, які культивували в умовах *in vitro* на стандартних поживних середовищах MS (контролі), дорівнювали для рослин сорту «Добриня» – 46,5 і 37,5 %, сорту «Гарант» – 53,5 і 49,0 %, сорту «Ярило» – 60,0 і 52,0 %, сорту «Загрей» – 57,0 і 47,5 % (рис. 1). Найбільшим показником приживлюваності характеризувалися мікроклони сьомого – 80,0 % («Добриня»), 96,0 % («Гарант»), 79,5 % («Ярило»), 75,0 % («Загрей»), дев'ятого – відповідно 85,5 %, 86,0 %, 81,0 %, 77,5 %, одинадцятого – 90,0 %, 87,5 %, 98,0 %, 94,0 % та дванадцятого варіантів – 80,0 %, 84,0 %, 80,0 %, 80,0 %. Це варіанти з додаванням структуруючих компонентів – агроперліту, вермикуліту та їх суміші до стандартного поживного середовища MS із вмістом фітогормонів – 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП. Порівняно з контролем показник приживлюваності мікроклонів винограду, у цих варіантах, збільшувався на 32,5–43,5 % (підщепні сорти), 18,0–38,0 % (технічні сорти) та на 16,0–17,2 %, на 12,4–14,1 % порівняно з іншими дослідними варіантами.

У варіантах, де до поживного середовища додавали агроперліт (восьмий варіант), вермикуліт (десятий варіант), де поживне середовище містило більшу кількість фітогормонів, приживлюваність мікроклонів також була більшою у порівнянні з контролем, але поступалася аналогічним варіантам з їх меншим вмістом. Так, для мікроклонів підщепних сортів цей показник дорівнював 76,0–81,5 %, для мікроклонів технічних сортів 64,0–75,0 %. Порівняно з контролем це на 16,5–39,5 % більше.

У варіантах, де до поживного середовища додавали препарат Радіфарм (третій, четвертий варіанти) приживлюваність мікроклонів також збільшувалася порівняно з контролем: для сорту «Добриня» до 54,5–60,0 % (що на 13,5–17,0 % більше від контрольних значень), для сорту «Гарант» до 55,0–68,0 % (що на 6,0–14,5 % більше контрольних значень). Слід зазначити, що для сорту «Ярило» дія препарату була найбільш вираженою: показник приживлюваності дорівнював 58,0–65,0 %, що на 5,0–6,0 % перевищувало контрольні значення. Для сорту «Загрей» показник приживлюваності збільшувався до 58,0–65,5 %, що перевищувало контрольні значення на 8,5–10,5 %. Подібна тенденція відзначалася у мікроклонів п'ятого і шостого варіантів після застосування препарату Clonex gel.

Мікроклони, які культивували на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП, 0,3 мг/л ІОК) краще приживалися в неконтрольованих умовах довкілля, порівняно з мікроклонами, які культивували на поживних середовищах із більшим вмістом фітогормонів (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК). Така перевага перебувала у межах 7,2–9,1 для мікроклонів підщепних, 8,5–9,1 для мікроклонів технічних сортів.

Після двох місяців адаптації показники приживлюваності мікроклонів винограду зменшувалися за всіма варіантами досліджень, що є закономірним для

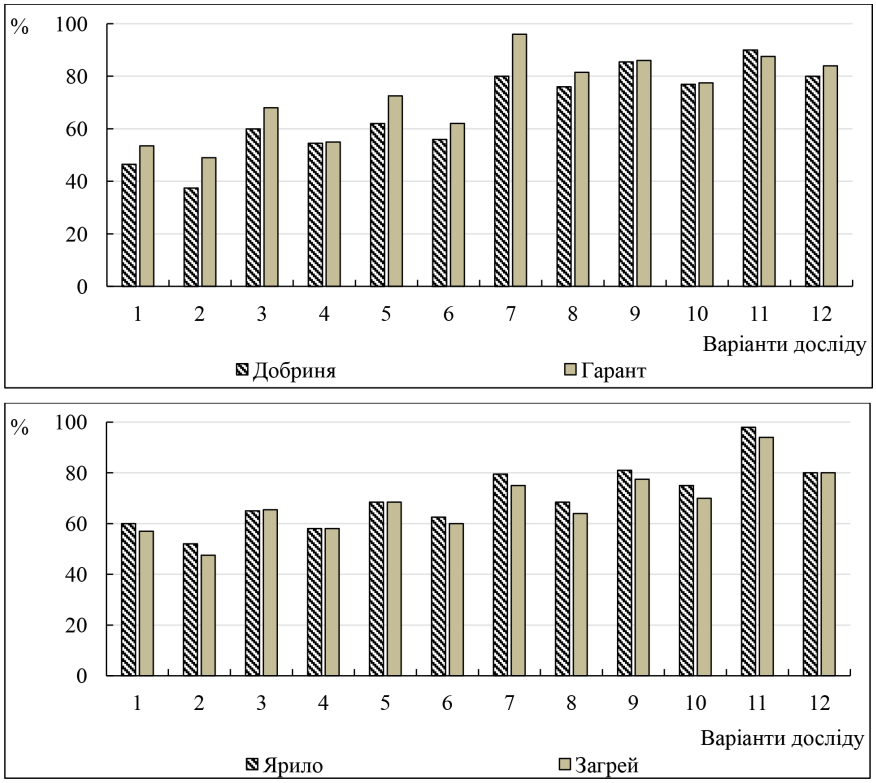


Рис. 1. Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах in vivo через 30 діб культивування

періоду переходу рослин до умов *in vivo*. У контрольних варіантах рівень приживлюваності дорівнював 29,5–36,3 % для підщепних сортів та 29,5–40,0 %, для технічних сортів (рис. 2). Незважаючи на загальне зменшення цього показника, у ряді дослідних варіантів спостерігалося збереження високої життєздатності рослин.

Найкращі результати були характерні для варіантів, де мікроклони культивували на поживних середовищах із агроперлітом (сьомий варіант), вермикулітом (дев'ятий варіант) та сумішшю агроперліту і вермикуліту (одинадцятий, дванадцятий варіанти). У цих варіантах показник приживлюваності мікроклонів сорту «Добриня» дорівнював 72,0–84,5 %, мікроклонів сорту «Гарант» – 67,0–77,0 %, мікроклонів сорту «Ярило» – 70,0–85,5 %, мікроклонів сорту «Загрей» – 58,8–77,2 %. У порівнянні з контрольними значеннями він був більший на 30,7–48,5 % (підщепні сорти), та на 21,9–40,5 % (технічні сорти). У порівнянні з іншими дослідними варіантами цей показник збільшувався на 9,3–20,2 % і 9,3–10,5 %. З використанням структурованих поживних середовищ (восьмий, дев'ятий, десятий варіанти) показник приживлюваності був меншим, але достовірно відмінним від контролю.

Варіанти, де до складу поживних середовищ додавали препарат Радіфарм (третій, четвертий варіанти), приживлюваність мікроклонів була на рівні 47,0–52,0 % («Добриня», «Гарант»), 46,9–58,0 % («Ярило», «Загрей»), що на 14,0–18,0 % та на 17,4–18,0 % було більшими за контрольні показники. Позитивний вплив БАП

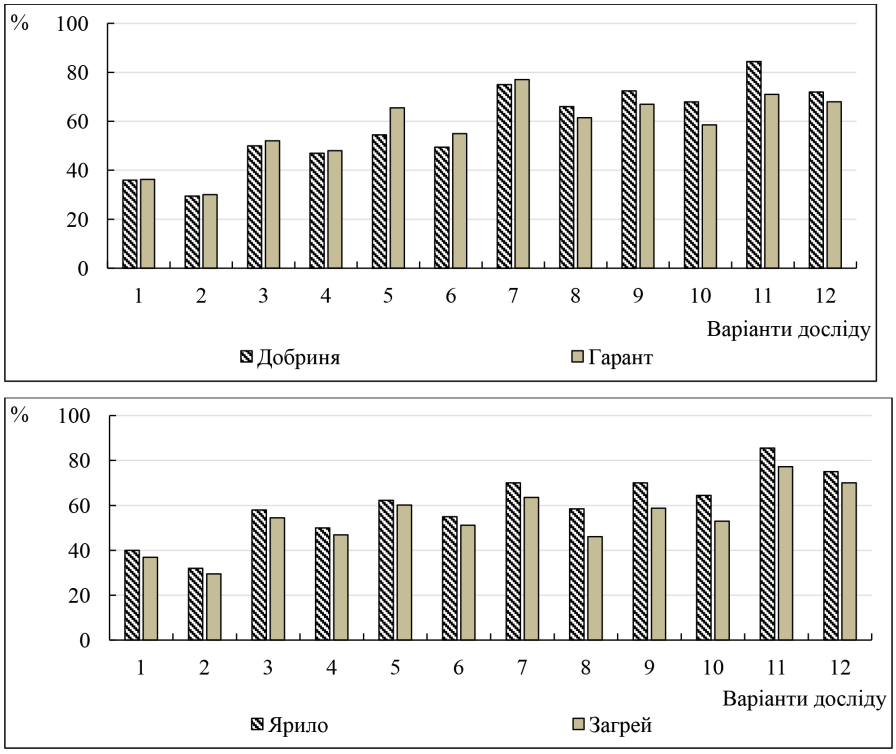


Рис. 2. Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах in vivo через 60 діб культивування

також відмічено і в п'ятому, шостому варіантах. У підщепних сортів показник приживлюваності був на рівні 47,0–65,5 %, у технічних сортів – 51,2–62,3 %.

Мікроклони, які культивували на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП) характеризувалися вищим рівнем приживлюваності і після двох місяців адаптації. У середньому їх приживлюваність перевищувала варіанти з підвищеним вмістом фітогормонів (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК) на 6,8–8,0 % для підщепних сортів і 8,5–9,1 % – для технічних сортів винограду.

Після трьох місяців адаптації мікроклонів винограду їх рівень приживлюваності *in vivo* знижувався, але у подальшому вже залишався постійним. За цей період, у першому та другому варіантах (контролі), показник приживлюваності мікроклонів винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило» і «Загрей» дорівнював 21,5–28,1 %, 25,5–28,5 %, 28,0–35,5 % і 25,0–28,5 % (рис. 3).

Найбільше було життєздатних мікроклонів винограду після культивування на MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,3 мг/л ІОК + Clonex gel; MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + агроперліт (1:1); MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + вермікуліт (1:1); MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + (агроперліт + вермикуліт) (1:1:1); MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + (агроперліт + вермикуліт) (1:1:1) (п'ятий, сьомий, дев'ятий, одинадцятий і дванадцятий варіанти).

У підщепних сортів приживлюваність мікроклонів дорівнювала 50,5–81,0 % («Добриня»), 58,5–74,0 % («Гарант»), у технічних сортів – 58,5–82,0 % («Ярило»),

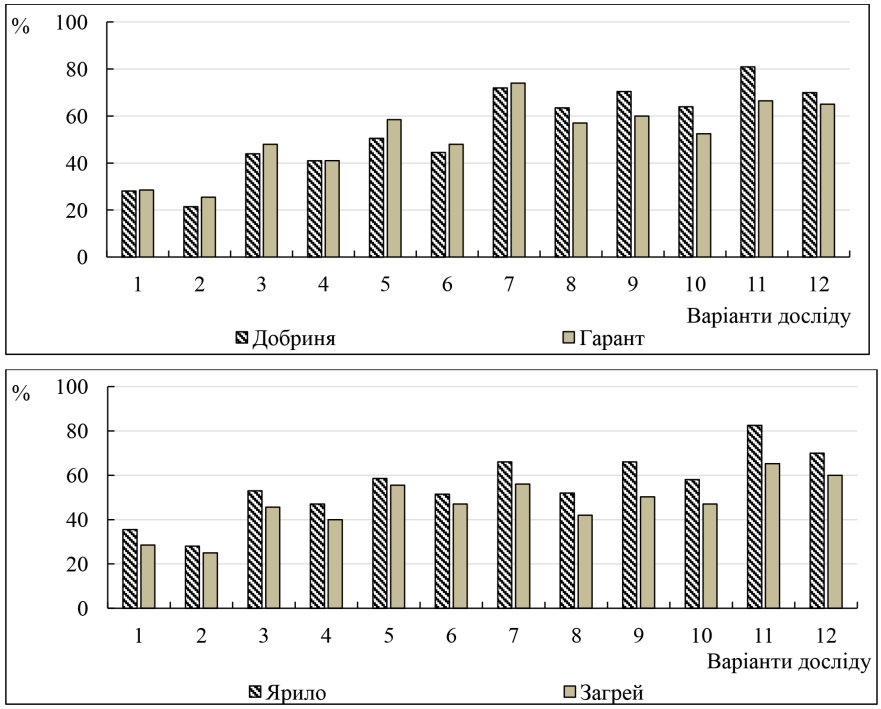


Рис. 3. Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах in vivo через 90 діб культивування

50,3–65,2 % («Загрей»), при 24,8 % («Добриня»), 27,0 % («Гарант»), 31,8 % («Ярило») та 26,8 % («Загрей») у контрольних варіантах. У третьому і четвертому дослідних варіантах приживлюваність була на середньому рівні – 40,0–53,0 %, проте для всіх сортів вона була більшою, ніж у контролі. У п'ятому та шостому варіантах приживлюваність збільшувалася ще суттєвіше, як у підщепних, так і у технічних сортів, і знаходилась на рівні 44,5–58,5 %.

Висновки даного дослідження та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі.

1. Етап адаптації мікроклональних рослин після культивування *in vitro* є критичним для подальшого росту і розвитку мікроклонів винограду, оскільки саме в цей період відбувається поступова перебудова фізіологічних процесів: активується робота продихового апарату, інтенсифікується фотосинтез, формується кутикула, відновлюється водозатримувальна здатність клітин, що загалом визначає рівень приживлюваності рослин у неконтрольованих умовах. Як показують результати наших досліджень, приживлюваність мікроклонів винограду *in vivo* залежала від особливостей їх культивування в умовах культури *in vitro*.

2. Приживлюваність мікроклонів винограду суттєво залежала від складу поживних середовищ за умов культивуання *in vitro*. Найбільші показники життєздатності протягом 30, 60 та 90 діб адаптації відмічено у варіантах зі структуруючими компонентами (агроперліт чи вермикуліт або їх суміші), які додавали до стандартного MS. У цих варіантах показники приживлюваності у 1,5–2,0 рази перевищували контроль. Використання агроперліту та суміші агроперліту з вермикулітом забезпечувало найкращі умови культивування, за яких зберігалося

80,0–98,0 % життєздатних мікроклонів через 30 діб та 65,0–82,5 % – через 90 діб адаптації.

Адаптаційна здатність мікроклонів винограду суттєво залежала і від фітогормонального складу поживного середовища. Найвищий рівень приживлюваності, на всіх етапах обліку рослини, був характерний для мікроклонів, які культивували на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП). На 90-ту добу культивування *in vivo* цей показник перевищував контроль на 6,9–7,8 % для підщепних і на 6,7–9,2 % для технічних сортів. Застосування Радіфарму і Clonex gel підвищувало приживлюваність переважно на початковому етапі адаптації, особливо у сортів «Ярило» та «Загрей», однак у подальші строки ця закономірність не зберігалася.

Перспективним напрямом подальших досліджень є вивчення особливостей розвитку продихового апарату нижнього епідермісу листкових пластинок адаптованих мікроклонів, оскільки саме стан продихового апарату визначає інтенсивність випаровування води рослинами та рівень їх транспірації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Медведєва Т. В. Проблеми акліматизації культивованих *in vitro* рослин. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2008. Т. 40. № 4. С. 299–309.

2. Зеленянська Н. М. Наукове обґрунтування та розробка сучасної технології вирощування садивного матеріалу винограду: дис. … д-ра с.-г. наук : 06.01.08. Одеса, 2015. 642 с.

3. Leite M. S., Furtado-Pinto T. E., Rabelo-Centofante A., Rubio-Neto A., Guimaraes-Silva F., Goncalves-Selari P. J. R., Martins P. F. Acclimatization of *Pouteria gardeneriana* Radlk micropropagated plantlets: role of *in vitro* rooting and plant growth–promoting bacteria. *Current Plant Biology*. 2021. Vol. 27 27:100209.

4. Silva A. L. L., Oliveira Y., Costa J. L., Scheidt G. N., Carvalho D. C., Santos J. D., Guerra E. P. Pré-aclimatização e aclimatização em cultivo hidropônico de plantas micropropagadas de *Eucalyptus saligna* Sm. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*. 2011. Vol. 9, No. 2. P. 179–184.

5. Колісник Х. М. Розробка біотехнологічних підходів до підвищення адаптивного потенціалу рідкісних видів роду *Carlina* L. *in vitro*: дис. … д-ра філософії : 091. Тернопіль, 2025. 176 с.

6. Таланкова-Середа Т. Є., Коломієць Ю. В., Григорюк І. П. Клональне мікророзмноження сортів м'яти перцевої (*Mentha piperita*) української селекції. *Біотехнологія та безпека*. 2016. № 2(31). С. 50–56.

7. Manushkina T. M., Kovalenko O. A., Khomut V. P., Kolomiiets N. P. Clonal micropropagation of *Paulownia in vitro*. *Аграрні інновації*. 2023. Вип. 17. С. 173–177. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.24

8. Jofre-Garfias A. E., Vazquez-Sanchez M. N., Hernandez-Razo A. R., Davalos-Gonzalez P. A. Production and acclimatization of *in vitro* produced strawberry plants. *Acta Horticulturae*. 2006. Vol. 727. DOI: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.727.5

9. Teixeira da Silva J. A., Hossain M. M., Sharma M., Dobránszki J., Cardoso J. C., Songjun Z. Acclimatization of *in vitro*-derived *Dendrobium*. *Horticultural Plant Journal*. 2017. Vol. 3, No. 3. P. 110–124. DOI: https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.07.009

10. Подгаєцький А. А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин : монографія / А. А. Подгаєцький, В. В. Мацкевич, А. А. Подгаєцький. Біла Церква : БНАУ, 2018. 209 с.

11. Rehana S., Ahmed F. Y. H., Zeba N., Husna A. Effect of sunlight and artificial light on micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 2018. Vol. 3, No. 2. P. 151–156. DOI:10.26832/24566632.2018.030208

12. Jo E.-A., Tewari R. K., Hahn E.-J., Paek K. Y. Effect of photoperiod and light intensity on *in vitro* propagation of *Alocasia amazonica*. *Plant Biotechnology Reports*. 2008. Vol. 2, No. 3. P. 207–212. DOI: https://doi.org/10.1007/s11816-008-0063-6

13. Miler N., Zalewska M. The influence of light colour on micropropagation of *Chrysanthemum*. *Acta Horticulturae*. 2006. Vol. 725, No. 1. P. 347–350.

14. Титаренко Н. В., Теслюк Н. І., Іваниця В. О. Вплив актинобактерій на адаптацію до умов *ex vitro* та ріст мікроклонованих рослин *Rubus fruticosus* L. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2023. Т. 1, № 57. С. 24–33. DOI: https://doi.org/10.18524/2307-4663.2023.1(57).276078

15. Bettoni J. C., Costa M. D., Gardin J. P. P., Kretzchmar A. A., Souza J. A. *In vitro* propagation of grapevine cultivars with potential for South of Brazil. *American Journal of Plant Sciences*. 2015. Vol. 6. P. 1806–1815. DOI: https://doi.org/10.4236/ajps.2015.611181

16. Melyan G., Sahakyan A., Harutyunyan A. Micropropagation of grapevine (*Vitis vinifera* L.) seedless cultivar 'Parvana' through lateral bud development. *Vitis*. 2015. Vol. 54 (Special Issue). P. 253–255.

17. Dev R., Singh S. K., Dayal V., Kumar K., Singh T. Standardization of *in vitro* hardening strategies for tissue cultured wine grape (*Vitis vinifera* L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. Vol. 8, No. 2. P. 2108–2117. DOI: https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.244

18. Yang X., Pei Q., He S., Lu M., Jia H. Pi'ao ni putao butong jizhi zaipei tiaojian xia de shengzhang yu guoshi pinzhi fenxi. *Zhejiang Nongye Xuebao*. 2014. Vol. 26, No. 4. P. 929–932.

19. Черевата Т. М. Розробка і оптимізація прийомів клонального мікророзмноження для виробництва садивного матеріалу винограду: автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.08. Одеса, 2006. 22 с.

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 634.75:631.531:631.67:631.559(477.7)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.26

ПРОДУКТИВНІСТЬ СУНИЦІ САДОВОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ І СОРТОВОГО СКЛАДУ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Каращук Г. В. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри технологій виробництва та переробки с.-г. продукції
імені академіка В. Г. Пелиха,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-4948-0952

У статті наведені результати досліджень щодо вивчення впливу садивного матеріалу та сортового складу на продуктивність суниці садової в умовах зрошення Півдня України. У середньому за 2023–2024 рр. установлено, що застосування саджанців фріго збільшує показник кількості квіток на одній рослині, порівняно зі свіжовикопаними саджанцями, у сортів Румба і Хоней на 0,9, Алегро – 1,3, Апріка – 1,0 шт., а вкорінених у горщечках відповідно – 1,4, 1,6, 2,4 та 2,1 шт. Сорт Алегро характеризується найбільшою кількість квіток на одній рослині – 4,7–7,1 шт. залежно від садивного матеріалу, що більше на 4,4–16,4 % порівняно з іншими сортами. Найбільша середня маса ягоди по всім зборам (19,2–25,0 г) спостерігається при використанні саджанців вкорінених у горщечках, що більше, ніж у свіжовикопаних саджанців, на 6,4–45,5 %, а саджанців фріго – на 15,7–33,7 %. У сортів Апріка та Алегро формується найбільша середня маса ягоди по всім зборам – 25,0 і 22,6 г відповідно за умови використання саджанців вкорінених у горщечках, що більше ніж у інших сортів на 13,0–30,2 %. Показник маси ягід з однієї рослини найбільшим спостерігали у сортів суниці садової при застосуванні садивного матеріалу вкоріненого у горщечках – 395,2–504,6 г, що більше, ніж у свіжовикопаних саджанців, на 32,3–36,6 %, а у саджанців фріго – на 14,6–16,4 %. Сорти Алегро та Апріка характеризуються найбільшою масою ягід з однієї рослини – відповідно 504,6 і 495,4 г у варіанті з використанням саджанців вкорінених у горщечках, що більше на 16,5–27,7 % ніж у інших сортів суниці садової. Варіант з висаджуванням саджанців укорінених у горщечках забезпечує найбільшу врожайність ягід суниці садової 16,5–21,2 т/га по сортам суниці садової, що на 31,0–36,7 % більше, порівняно зі свіжовикопаними саджанцями. Найвищий показник урожайності показали сорти Алегро і Апріка – відповідно 21,2 та 20,5 т/га за використання саджанців вкорінених у горщечках. Фактор садивний матеріал незначно впливав на показник суми цукрів у ягодах. Серед сортів суниці даний показник найбільшим був у сортів Румба та Апріка – 6,9–7,2 % по варіантам фактору садивний матеріал. Найбільша кількість вітаміну С (61,6–64,9 мг%) була у сортів Апріка та Румба, а загальна кислотність найменшою – у сорту Алегро – 0,74–0,77 % залежно від фактору садивний матеріал. За вирощування суниці садової в умовах краплинного зрошення на Півдні України для отримання врожаю ягід у межах 20,5–21,2 т/га для споживання їх у свіжому вигляді та для переробки рекомендується вирощувати високоврожайні сучасні сорти Алегро і Апріка, в якості садивного матеріалу необхідно використовувати саджанці вкорінені в горщечках.

Ключові слова: *суниця садова, сорт, садивний матеріал, продуктивність, якість.*

Karashchuk H. V. Productivity of garden strawberry depending on planting material and variety composition under irrigation conditions of Southern Ukraine

The article presents the results of studies on the influence of planting material and variety composition on the productivity of garden strawberry under irrigation conditions in Southern Ukraine. On average, over 2023–2024, it was found that the use of frigo plants increased the

© Каращук Г. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

number of flowers per plant compared with freshly dug plants by 0.9 flowers in the cultivars Rumba and Honey, by 1.3 in Allegro, and by 1.0 in Aprica. When potted (plug) plants were used, the increase amounted to 1.4, 1.6, 2.4, and 2.1 flowers per plant, respectively. The Allegro cultivar was characterized by the highest number of flowers per plant (4.7–7.1), depending on the type of planting material, which was 4.4–16.4 % higher compared with other cultivars. The highest average berry weight across all harvests (19.2–25.0 g) was observed when potted plants were used, exceeding that of freshly dug plants by 6.4–45.5 % and frigo plants by 15.7–33.7 %. The cultivars Aprica and Allegro formed the highest average berry weight across all harvests – 25.0 and 22.6 g, respectively – when potted plants were used, which was 13.0–30.2 % higher than in other cultivars. The highest berry weight per plant was recorded in garden strawberry cultivars grown using potted planting material (395.2–504.6 g), which exceeded the values obtained with freshly dug plants by 32.3–36.6 % and frigo plants by 14.6–16.4 %. The cultivars Allegro and Aprica were characterized by the highest berry weight per plant – 504.6 and 495.4 g, respectively, when potted plants were used, which was 16.5–27.7 % higher than in other strawberry cultivars. The use of potted plants ensured the highest strawberry yield, amounting to 16.5–21.2 t/ha depending on the cultivar, which was 31.0–36.7 % higher compared with freshly dug plants. The highest yield was recorded for the cultivars Allegro and Aprica, reaching 21.2 and 20.5 t/ha, respectively, when potted plants were used. The planting material factor had a minor effect on total sugar content in berries. Among the cultivars, the highest sugar content was observed in Rumba and Aprica (6.9–7.2 %) across planting material treatments. The highest vitamin C content (61.6–64.9 mg%) was recorded in Aprica and Rumba, while the lowest total acidity was found in Allegro (0.74–0.77 %), depending on the planting material. Under drip irrigation conditions in the southern region of Ukraine, in order to obtain strawberry yields of 20.5–21.2 t/ha for fresh consumption and processing, it is recommended to cultivate high-yielding modern cultivars Allegro and Aprica, using potted (container-grown) rooted plants as planting material.

Key words: *garden strawberry, cultivar, planting material, productivity, quality.*

Постановка проблеми. Ягідництво в нашій країні характеризується значним потенціалом для розвитку, особливо вирощування суниці садової. Ареал культивування цієї культури збільшується, незважаючи на події останніх років, а впровадження новітніх технологій у виробництво постійно прискорюється. Особливо зросли об'єми промислового виробництва ягід суниці для заморожування та перероблення через зростання попиту на дану продукцію та впровадження у виробництво сучасних холодильних потужностей.

Упродовж останніх років різкі зміни погодних умов впливають на рівень урожайності сільськогосподарських культур відкритого ґрунту. Сільськогосподарські угіддя зазнають впливу тривалої посухи, надмірної кількості опадів, а у деяких регіонах, і паводків.

Для формування стабільної врожайності та високих показників якості ягід суниці садової, необхідно, окрім дотримання вимог агротехніки, використовувати якісний садивний матеріал найкращих сортів. Тому, розробка й впровадження у виробництво удосконалених елементів технології вирощування суниці садової при краплинному зрошенні на Півдні України, зокрема, визначення ефективного садивного матеріалу та кращого сортового складу забезпечить сталий рівень урожайності культури з високими показниками якості ягід для перероблення, а тому являється важливою й актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із важливих елементів технології вирощування суниці садової є сорт. Правильний добір сортів, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов конкретної зони вирощування, може забезпечити сталу врожайність та високі прибутки [1].

В умовах виробництва вирощують звичайні сорти суниці та ремонтантні. Перших, які культивують як для отримання ягід на переробку, так і для продажу на ринку свіжої продукції, значно більше [2]. Їм необхідний 8-годинний світловий

день та понижені температури для диференціації плодових бруньок. Плодові бруньки, що закладаються в осінній період, у травні на наступний рік формують квітконоси, з яких формується врожай наприкінці весни – на початку літа.

Сорти суниці різняться за габітусом куща, ознаками листків, квітконосів, квіток, ягід та за біологічними і господарськими властивостями, які необхідно враховувати при розробленні технологічних прийомів вирощування [3, 10].

Що стосується садивного матеріалу суниці садової, то виділяють дві його групи. Першу складає садивний матеріал з відкритою кореневою системою: фріго і свіжовикопані (зелені) саджанці. До другої групи відносять горщечкову розсаду. Розуміння особливостей садивного матеріалу являється суттєвим чинником при плануванні насаджень та прогнозуванні результату вирощування [4, 10].

Постановка завдання. Польові досліди із суницею садовою проводили згідно методик дослідної справи [5] упродовж 2023–2024 рр. в умовах ФГ «КОГСОН» Херсонського району Херсонської області. Дослід двофакторний: фактор А – сорти: 1) Румба; 2) Хоней; 3) Алегро; 4) Апріка; фактор В – садивний матеріал: 1) свіжовикопані саджанці; 2) саджанці вкорінені в горщечках; 3) саджанці фріго. Повторність досліду – чотириразова. Площа облікової ділянки останнього порядку – 20 м^2. Ґрунт дослідних ділянок – темно-каштановий слабосолонцюватий. Вміст у ґрунті рухомого азоту низький, а рухомого фосфору і обмінного калію – середній. Фенологічні спостереження та біометричні вимірювання проводили згідно загальноприйнятих методик.

Технологія вирощування суниці садової у дослідах була загальноприйнятою для зони зрошення Півдня України, окрім факторів, які досліджували. Попередник – ячмінь ярий. До моменту висаджування саджанців, поле підтримували у стані чорного пару. Висаджували садивний матеріал у весняні строки. Перед висадженням підготовлених згідно схеми досліду саджанців досліджуваних сортів сформували гряди з одночасним укладанням краплинної стрічки та мульчуючої плівки. Отвори в плівці робили за допомогою спеціального колеса який встановлювався на грядоформувачі. Застосовували стрічковий спосіб висаджування садивного матеріалу. У стрічці два рядки. Відстань між рядками 30 см, між рослинами в рядку 20 см, між стрічками – 90 см.

Збирання врожаю здійснювали вручну поділяночно з усієї облікової площі в спеціальні картонні ящики місткістю 2,0–2,5 кг.

Метеорологічні умови в роки проведення польових дослідів достатньою мірою відобразили кліматичну характеристику Південного Степу України, що дозволило одержати достовірні експериментальні дані, сформувати висновки і дати рекомендації виробництву щодо вирощування суниці садової для даних ґрунтово-кліматичних умов.

Аналіз показників якості ягід суниці садової включав визначення вмісту цукрів [6], вітаміну С [7], загальних кислот [8].

Виклад основного матеріалу дослідження. Одержання високих урожаїв суниці садової значно залежить від умов закладання і розвитку квіткових бруньок. Тривалість же плодоношення корелює від сортових особливостей, погодних умов і агротехнічних заходів.

Найбільш цінними у виробництві та для перероблення є сорти, які дружно достигають, що дозволяє скоротити число вибірок. Дозрівання ягід починається через місяць після цвітіння і триває близько 30 днів залежно від сортового складу, віку насаджень і метеорологічних умов.

Результати наших досліджень показали, що використання різного садивного матеріалу впливає на показники плодоношення сортів суниці садової (табл. 1).

Застосування саджанців фріго збільшує кількість квіток на одній рослині, порівняно зі свіжовикопаними саджанцями, у середньому за 2023–2024 рр. у сортів Румба і Хоней на 0,9, Алегро – 1,3, Апріка – 1,0 шт., а саджанців вкорінених у горщечках відповідно – 1,4, 1,6, 2,4 та 2,1 шт.

Таблиця 1

Показники плодоношення сортів суниці садової під впливом садивного матеріалу (середнє за 2023–2024 рр.)

Садивний матеріал (В)		Кількість квіток на одній рослині, шт.	Середня маса ягоди по всім зборам, г	Маса ягід з однієї рослини, г
Румба(А)				
свіжовикопані саджанці		4,5	16,8	318,1
саджанці вкорінені в горщечках		5,9	20,0	425,2
саджанці фріго		5,4	18,4	365,2
Хоней (А)				
свіжовикопані саджанці		4,3	13,2	298,7
саджанці вкорінені в горщечках		5,9	19,2	395,2
саджанці фріго		5,2	16,6	341,6
Алегро (А)				
свіжовикопані саджанці		4,7	19,4	369,5
саджанці вкорінені в горщечках		7,1	22,6	504,6
саджанці фріго		6,0	20,9	440,2
Апріка (А)				
свіжовикопані саджанці		4,0	23,5	358,5
саджанці вкорінені в горщечках		6,1	25,0	495,4
саджанці фріго		5,0	18,7	444,1
$НІР_{05}$ у роки досліджень	А	0,2–0,4	1,2–1,4	9,8–12,2
	В	0,3–0,6	0,9–1,2	8,4–13,2
	АВ	0,3–0,7	0,8–1,3	10,1–14,3

Найбільшою кількість квіток на одній рослині була у сорту Алегро 4,7–7,1 шт. залежно від садивного матеріалу, що більше на 4,4–16,4 % порівняно з іншими сортами.

Саджанці вкорінені в горщечках у середньому за 2023–2024 рр. формують найбільшу середню масу ягоди по всім зборам 19,2–25,0 г, що більше, порівняно зі свіжовикопаними саджанцями на 6,4–45,5 %, а із саджанцями фріго на 15,7–33,7 %.

Найбільшою середня маса ягоди по всім зборам була у сортів Апріка та Алегро – відповідно 25,0 і 22,6 г при використанні саджанців вкорінених у горщечках, що більше на 13,0–30,2 % за інші сорти.

Маса ягід з однієї рослини найбільшою була у сортів суниці садової у середньому за два роки при використанні саджанців вкорінених у горщечках – 395,2–504,6 г,

що більше, порівняно зі свіжовикопаними саджанцями, на 32,3–36,6 %, а із саджанцями фріго на 14,6–16,4 %.

Найбільшою маса ягід з однієї рослини була у сортів Алегро та Апріка – відповідно 504,6 і 495,4 г при використанні саджанців вкорінених у горщечках, що більше на 16,5–27,7 % за інші сорти.

За результатами наших досліджень встановлено, що висаджування саджанців укорінених у горщечках збільшує урожайність суниці садової у середньому по сортах за 2023–2024 рр. на 31,0–36,7 % порівняно зі свіжовикопаними саджанцями (рис. 1).

Найвищу урожайність у середньому за два роки досліджень сформували сорти Алегро і Апріка – відповідно 21,2 та 20,5 т/га при використанні саджанців вкорінених у горщечках.

Використання саджанців вкорінених у горщечках забезпечує кращу приживаність садивного матеріалу, про що повідомлялось у попередніх публікаціях [9], забезпечує кращий контроль за розвитком кореневої системи, полегшує транспортування, зменшує вірогідність стресу рослин після висаджування, а це в кінцевому підсумку впливає на показники плодоношення та урожайність суниці садової, що співпадає з твердженнями науковців [10].

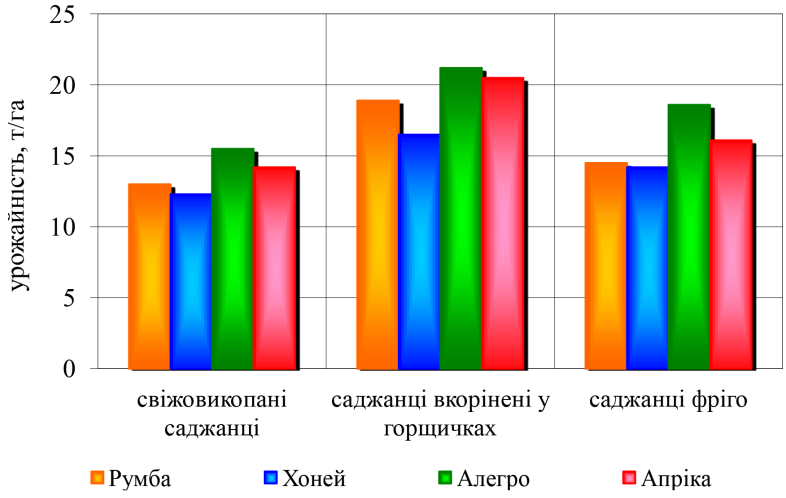


Рис. 1. Урожайність сортів суниці садової залежно від садивного матеріалу, т/га (середнє за 2023–2024 рр.)

Дослідженнями встановлено, що сума цукрів незначно змінювалась залежно від садивного матеріалу (табл. 2).

Серед сортів суниці садової найбільшим даний показник був у сортів Румба та Апріка – у середньому за 2023–2024 рр. – 6,9–7,2 % залежно від садивного матеріалу.

Не впливав садивний матеріал і на інші показники якості ягід суниці садової.

Найбільшим вміст вітаміну С (61,6–64,9 мг%) був у сортів Апріка та Румба залежно від садивного матеріалу.

Загальна кислотність найменшою була у сорту Алегро – 0,74–0,77 %.

Висновки і пропозиції. За вирощування суниці садової в умовах краплинного зрошення на Півдні України для отримання врожаю ягід у межах 20,5–21,2 т/га

Таблиця 2

Вплив сортового складу та садивного матеріалу на основні показники якості ягід суниці садової (середнє за 2023–2024 рр.)

Садивний матеріал (В)		Цукри, %	Вітамін С, мг%	Загальна кислотність, %
Румба (А)				
свіжовикопані саджанці		6,9	61,6	0,95
саджанці вкорінені в горщечках		7,1	61,7	0,93
саджанці фріго		7,2	61,7	0,92
Хоней (А)				
свіжовикопані саджанці		5,9	56,2	0,78
саджанці вкорінені в горщечках		6,1	56,4	0,80
саджанці фріго		6,0	56,3	0,79
Алегро (А)				
свіжовикопані саджанці		5,7	56,3	0,74
саджанці вкорінені в горщечках		5,9	56,3	0,77
саджанці фріго		5,9	55,8	0,76
Апріка (А)				
свіжовикопані саджанці		6,9	64,6	0,98
саджанці вкорінені в горщечках		7,0	64,9	1,00
саджанці фріго		7,1	64,8	1,00
HIP_{05} у роки досліджень	А	0,2–0,4	1,2–1,7	0,1–0,3
	В	0,1–0,2	0,1–0,1	0,03–0,05
	АВ	0,2–0,5	1,3–1,8	0,13–0,32

для споживання їх у свіжому вигляді та для переробки рекомендується вирощувати високоврожайні сучасні сорти Алегро і Апріка, в якості садивного матеріалу необхідно використовувати саджанці вкорінені в горщечках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гель І., Рожко І. Деякі елементи сучасних технологій вирощування позасезонної продукції суниці. Пропозиція. Веб-сайт. URL: https://lnk.ua/2V5gawk4M (дата звернення: 22.12.2025).
2. Власова О. Суниця садова: основні правила вирощування. Агробізнес сьогодні. Веб-сайт. URL: https://lnk.ua/k4xJ9zKVy (дата звернення: 22.12.2025).
3. Копитко П. Г., Буцик Р. М. Формування вегетативних і генеративних органів суниці сорту Дарунок вчителю залежно від утримання ґрунту та умов мінерального живлення. *Зб. наук. пр. Уманського ДАУ*. К. 2008. Вип. 67. С. 219–225.
4. Звежинські А. Типи і різновиди саджанців суниці – що потрібно знати. Ягідник. Веб-сайт. URL: https://lnk.ua/pVJ5q3aeP (дата звернення: 22.12.2025).
5. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П. та ін. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство): навч. посіб. Херсон : Грінь Д. С. 2014. 448 с.
6. ДСТУ 4954:2008 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання цукрів. [Чинний від 2009-01-01]. К.: ДП «УкрНДНЦ». 2009.
7. ДСТУ 7803:2015 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання вітаміну С [Чинний від 2016-04.01]. К.: ДП «УкрНДНЦ». 2016.

8. ДСТУ 4957:2008 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення титрованої кислотності [Чинний від 2009-07-01]. К. : ДП «УкрНДНЦ». 2009.
9. Каращук Г. В. Вплив садивного матеріалу та сортового складу на ріст і розвиток рослин суниці садової в умовах зрошення півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 143. Ч. 1. С. 121–127.
10. Гель І. М. Рожко І. С. Суниця: біологія, сорти, технології вирощування та переробки. Львів : Український бестселер, 2011. 110 с.

Дата першого надходження статті до видання: 28.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.854.78:581.144.4:661.152.5:632.952
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.27

ФОРМУВАННЯ ПЛОЩІ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД МІКРОДОБРИВ І ФУНГІЦИДНОГО ЗАХИСТУ

Качинська І. В. *– аспірантка кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,*
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0009-0007-7058-4709
Григор'єв В. М. *– к.с – г.н.,*
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0002-8567-5466

Досліджено вплив листкового підживлення мікродобривами та фунгіцидів на розвиток площі листкової поверхні й фотосинтетичний потенціал посівів соняшнику.

У фазі стеблування (ВВСН 34) площа листкової поверхні соняшника була в межах 19,15–21,29 тис. м^2/га. Максимальний показник серед досліджуваних гібридів демонстрував гібрид Каньйон – 21,01 тис. м^2/га, тоді як у ЛГ5478 цей показник складав 20,54 тис. м^2/га, а у НК Бріо – 19,49 тис. м^2/га.

У фазу зірочки (ВВСН 51) за листкового підживлення мікродобривом Соняшник Аміно Хелат у фазу 5–7 листків площа листкової поверхні була в межах 28,37–30,07 тис. м^2/га та перевищувала контрольний варіант на 0,2–0,23 тис. м^2/га за дворазового внесення препарату – 30,9–35,8 тис. м^2/га збільшення на 0,37–0,43 тис. м^2/га.

Максимальні показники площі листкової поверхні у гібридів соняшника зафіксовано у фазі повного цвітіння (ВВСН 65): Каньйон – 43,36 тис. м^2/га, НК Бріо – 42,85 тис. м^2/га, для ЛГ5478 – 44,41 тис. м^2/га.

У варіантах за обприскування фунгіцидом Фокс® – 0,8 л/га в фазі наливу насіння (ВВСН 75) спостерігалося зростання площі листкової поверхні на 1,97–2,9 тис. м^2/га. При дворазовому внесенні фунгіцидів Фокс® – 0,8 л/га та Пропульс® – 1 л/га у фазі повного цвітіння зростання площі листкової поверхні становило 4,23–6,5 тис. м^2/га.

Найбільшу роль у формуванні листкової поверхні у фазі зірочки відігравали біологічні особливості гібридів (71 %.), тоді як фактор мікродобрива впливав на 20 %. У фазі цвітіння частка впливу фактору мікродобрива була найбільша – 41,6 %, в той час як фактор «гібриди» лише 33 %. Вплив мікродобрив на площу листкової поверхні, у фазі наливу насіння зменшувався до 3 %, тоді як вплив фунгіцидного захисту у даний період був на рівні 48 %.

Ключові слова: *соняшник, гібриди, мікродобрива, фунгіциди, площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал.*

Kachynska I. V., Hryhoriev V. M. Leaf surface area formation of sunflower hybrids depending on micro-fertilizers and fungicide protection

The effect of foliar feeding with micronutrients and fungicides on the development of leaf surface area and photosynthetic potential of sunflower crops was studied.

In the stemming phase (BBCH 34–38), the leaf surface area was within 19.15–21.29 thousand m^2/ha. The maximum leaf surface area among the studied hybrids was demonstrated by the Canyon hybrid – 21.01 thousand m^2/ha, while in LG5478 this indicator was 20.54 thousand m^2/ha, and in NK Brio – 19.49 thousand m^2/ha.

In the star phase with foliar feeding with Sunflower Amino Chelate microfertilizer in the 5–7 leaf phase in variants without fungicide protection, the leaf surface area was within 28.37–30.07

© Качинська І. В., Григор'єв В. М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

thousand m^2/ha and exceeded the control variant by 0.2–0.23 thousand m^2/ha with double application of the drug – 30.9–35.8 thousand m^2/ha, an increase of 0.37–0.43 thousand m^2/ha.

The maximum leaf area indicators in sunflower hybrids were recorded in the phase of the beginning of flowering (Canyon – 43.36 thousand m^2/ha, for NK Brio – 42.85 thousand m^2/ha, for LG5478 – 44.41 thousand m^2/ha (35.0 and 37.6 thousand m^2/ha).

Determination of the leaf surface area, which was carried out In the seed filling phase, spraying with the fungicide Fox – 0.8 l/ha, an increase in the leaf surface area by 1.97–2.9 thousand m^2/ha was observed. In the variants with two-time application of the fungicides Fox – 0.8 l/ha and Propuls – 1 l/ha in the flowering phase, the increase in the leaf surface area was 4.23–6.5 thousand m^2/ha.

In the star phase, the greatest role in the formation of the leaf surface played biological features of hybrids (71 %). While the microfertilizer factor influenced 20 %. In the flowering phase, the share of the influence of the microfertilizer factor was the largest – 41.6 %, while the factor "hybrids" only 33 %. In the seed filling phase, the influence of microfertilizers on the leaf surface area decreased to 3 %, while the influence of fungicide protection in this period was at the level of 48 %.

Key words: *sunflower, hybrids, microfertilizers, fungicides, leaf surface area, photosynthetic potential.*

Актуальність теми дослідження. Для отримання високого урожаю соняшника ключовим фактором є забезпечення оптимальної площі листкової поверхні, що здатна функціонувати максимально тривалий період вегетації культури [3]. Метою досліджень було визначення впливу позакореневого підживлення мікродобривами та фунгіцидного захисту на формування площі листкової поверхні та фотосинтетичного потенціалу гібридів соняшнику.

Постановка проблеми. В залежності від умов вирощування, соняшник здатний формувати листковий апарат у діапазоні від 50 до 80 тисяч м^2/га. Проведення кореляційного аналізу між показниками площі листків рослин та урожайністю вказує на наявність прямої кореляційної залежності із коефіцієнтом кореляції – 0,978 [1]. Проте тісний кореляційний зв'язок спостерігається лише до певної межі збільшення площі листкової поверхні, після чого ефективність використання фотосинтетично активної радіації знижується [2]. Такий процес зумовлений надмірною кількістю листків, що затінюють один одного та не здатні в повній мірі брати участь у фотосинтезі за умови загущення посіву [13]. Також зменшення продуктивності культури відбувається через недостатню площу листкової поверхні, що зумовлено низькою густотою посівів [7]. Отже, формування посівів з ефективно розвиненим листковим апаратом – один із головних інструментів підвищення продуктивності фотосинтезу. Листки як основний фотосинтезуючий орган забезпечують використання сонячної енергії для синтезу органічних речовин, які необхідні для розвитку рослин та утворення врожаю.

Продуктивність фотосинтезу залежить не тільки від розміру листкової поверхні, але і від рівня хлорофілів у листках, які безпосередньо беруть участь у цьому процесі. За даними досліджень, застосування мікродобрив та регуляторів росту позитивно впливає на формування й збереження хлорофілів *a* та *b* у рослинах, відповідно, підвищуючи ефективність фотосинтезу [7, 14, 16].

Формування фотосинтетичної поверхні посівів залежить як від погодних особливостей періоду вегетації та генетичних особливостей гібридів, так низки агротехнічних заходів, таких як строки сівби, норма висіву та ширина міжрядь. С. М Каленська та ін. [5] відмічають, що максимальні показники площі листків, ФП і ЧПФ були отримані за вирощування гібридів PR64F50, PR64A15 та Ясон, за їх сівби у рекомендовані строки та ширини міжряддя 35 см, а у гібридів Форвард та PR64A89 – за сівби в ранні строки, які становили 5,16 та 5,11 г/м^2 за добу.

Результати досліджень Гарбар Л. А та Ванджури М. В. [3] показали, що параметри асимілюючої поверхні гібридів соняшника залежали від групи стиглості, генетичних особливостей гібриду, варіантів удобрення та погодних умов років проведення досліджень. Максимальну площу листкової поверхні було сформовано гібридом П64ЛЛ155 середньостиглої групи стиглості за внесення $N_{80}P_{80}K_{120}$ – 35,6 тис. м^2/га.

Листкове підживлення мікродобривами – фактор, що може бути застосований у технології вирощування культури, особливо в критичні фази вегетації рослин соняшнику, коли рослини особливо чутливі до нестачі елементів живлення. Багато вчених відзначають позитивний вплив позакореневого підживлення на площу листкової поверхні та врожайність культури [4, 6, 8, 10, 12, 15, 17].

Фунгіциди, за обприскування ними рослин, обмежують розвиток патогенних збудників хвороб листя соняшнику, не допускають утворення некротичних плям, що в свою чергу призводить до підвищення індексу листкової поверхні (особливо в другій половині вегетації) та збільшення маси листя. За сумісного застосування мікродобрив та фунгіцидів створюються кращі умови для збільшення площі асиміляційного апарату чим за внесення їх окремо [11].

Методика досліджень. Дослідження проводили в 2023–2025 рр. в умовах Науково–дослідного центру «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», зоні південної частини Лісостепу Західного.

Дослід проводили за такою схемою: Фактор А. Гібриди соняшника. 1. Каньйон; 2. НК Бріо; 3. ЛГ5478. Фактор В. Мікродобрива. 1. Контроль без мікродобрив; 2. Соняшник Аміно Хелат – (внесення у фазу 4–5 листків) 3. Соняшник Аміно Хелат – (1 внесення у фазу 4–5 листків; 2 – у фазу зірочки); Фактор С. Фунгіциди. 1. Контроль (без застосування фунгіцидів); 2. Фокс® (Трифлоксістробін, 150 г/л + протіоконазол, 175 г/л.), внесення у фазу зірочки – 0,8 л/га; 3. Фокс® внесення у фазу зірочки – 0,8 л/га та Пропульс® (флуопірам, 125 г/л та + протіоконазол, 125 г/л), у фазу «повного цвітіння» – 1 л/га.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем глибокий середньосуглинковий, що характеризується такими показниками: вміст гумусу – 2,78 %, pH сольової витяжки – 6,05, вміст рухомого азоту (амонійного) – 8,8 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 89,5 мг/кг ґрунту, рухомого калію – 64,8 мг/кг ґрунту.

Попередником у досліді була пшениця озима. Технологія вирощування соняшника загальноприйнята для зони Правобережного Лісостепу, крім елементів, що вивчалися.

Площа облікової ділянки становила 52 м^2, повторність – чотириразова. Розміщення варіантів – послідовне. Дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик польового досліду.

Площу листкової поверхні визначали методом висічок.

Фотосинтетичний потенціал розраховували за формулою:

$$ФП = \frac{L_1 + L_2}{2} \times te:$$

ФП – фотосинтетичний потенціал, млн. м^2 діб/га; L_1, L_2 – площа листкової поверхні у конкретні фази розвитку, тис. м^2/га; t – тривалість міжфазного періоду, діб.

Всі результати оброблялися за допомогою дисперсійного та регресійного аналізу в MS Excel та Statistica.

Результати досліджень. У процесі росту та розвитку рослин соняшника спостерігалося поступове зростання площі листкової поверхні всіх досліджуваних

гібридів. Показники змін параметрів листкової поверхні значною мірою залежали від генетичних особливостей кожного гібрида, метеорологічних умов вегетаційного періоду років досліджень, а також від досліджуваних факторів: листкового внесення мікродобрив і застосування фунгіцидів.

У фазі стеблування (ВВСН 34) площа листкової поверхні була в межах 19,15–21,29 тис. м^2/га. Низька температура повітря у травні з заморозками у 2025 році мала негативний вплив на формування цього показника (19,51 тис.м^2/га). Для порівняння у 2023 і 2024 роках площа листкової поверхні досягала 20,92 і 20,60 тис. м^2/га відповідно.

Максимальний показник площі листкової поверхні серед досліджуваних гібридів демонстрував гібрид Каньйон – 21,01 тис. м^2/га, тоді як у ЛГ5478 цей показник складав 20,54 тис. м^2/га, а у НК Бріо – 19,49 тис. м^2/га.

До фази «зірочки» (ВВСН 51) темпи наростання листкової маси соняшника були найвищими. У цей період більшість листків були вже сформовані, а новоутворені листки продовжували активний розвиток. Серед гібридів найменшою площа листкової поверхні була у гібриду Каньйон (31,2 тис. м^2/га), тоді як для НК Бріо –34,3 тис. м^2/га, а найвищий рівень у ЛГ5478 – 35,0 тис. м^2/га (Табл. 1)

Розвиток листкової поверхні зростає до цвітіння соняшнику після чого наступає поступовий спад через процеси старіння і відмирання листя. За середніми показниками площа листкової поверхні у фазі повного цвітіння (ВВСН 65) становила: для сорту Каньйон – 43,36 тис. м^2/га, для НК Бріо – 42,85 тис. м^2/га, для ЛГ5478 – 44,41 тис. м^2/га.

Серед розглянутих факторів, найбільша площа листкової поверхні у даній фазі забезпечувалася у варіантах за листкового підживлення мікродобривом Соняшник Аміно Хелат.

У варіантах, де проводилось обприскування фунгіцидом Фокс®, спостерігався кращий розвиток листків, що в свою чергу позначилось на площі їх поверхні, яка зросла в межах 0,8–1,1 тис. м^2/га. Слід зазначити, що попри наявність характерних плям септоріозу (збудник *Septoria helianthi*) на варіантах без застосування фунгіцидів відмирання листків не спостерігалось.

На ділянках із внесенням фунгіциду візуальних симптомів прояву септоріозу виявлено не було, що свідчить про дію препарату на грибницю грибів, внаслідок чого спостерігався кращий розвиток листків – збільшення до 1,1 тис. м^2/га.

Аналізуючи динаміку площі листкової поверхні рослин соняшника в фазі наливу насіння з попередньою фазою слід відмітити зниження даного показника у всіх досліджуваних сортів. Зокрема у гібриду ЛГ5478 він становив 35,7 тис. м^2/га зниження на 24 %, у гібриду Каньйон – 33,6 (23 %), НК Бріо – 38,1 (16,9 %).

Визначення площі листкової поверхні, що було проведено в фазі наливу насіння, довели значний вплив фунгіцидів на даний показник. У варіантах за обприскування фунгіцидом Фокс® спостерігалося зростання площі листкової поверхні на 1,97–2,9 тис. м^2/га. У варіантах з дворазовим внесенням фунгіцидів у фазі повного цвітіння зростання площі листкової поверхні становило 4,23–6,5 тис. м^2/га. Таке значне збільшення листкової поверхні на варіантах з фунгіцидним захистом пояснюється значно більшою кількістю живих, фотосинтезуючих листків. Адже хвороби, що мали масовий розвиток саме у даний період, в першу чергу септоріоз та іржа, на варіантах без застосування фунгіцидів призвели до передчасного засихання листя.

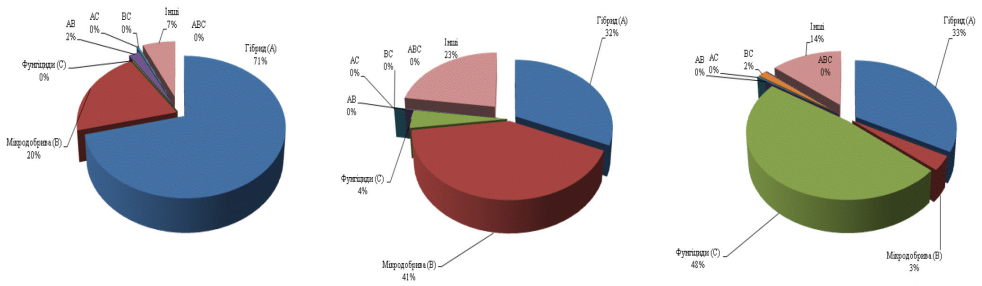
Проведені дослідження показали, що залежно від фаз розвитку соняшника на площу листкового апарата вплив факторів відрізнявся. Зокрема у фазі зірочки найбільшу роль у формуванні листкової поверхні відігравали біологічні особливості

Таблиця 1

Площа листкової поверхні та фотосинтетичний потенціал гібридів соняшнику за впливу позакореневих підживлень та фунгіцидів, тис. м²/га (2023–2025 рр.)

Гібрид (фактор А)	Мікродобрива (фактор В)	Фунгіциди (фактор С)	Площа листкової поверхні гібридів, тис. м²/га			Фотосинтетичний потенціал тис. м²/га	
			зірочка ВВСН 51	повне цвітіння ВВСН 65	наливу насіння ВВСН 75	ВВСН 51 – ВВСН 65	ВВСН 65 – ВВСН 75
Каньйон	без мікродобрив	1	30,13	41,13	28,37	1,15	0,76
		2	30,3	41,93	30,33	1,16	0,87
		3	30,47	42,1	32,6	1,22	1,05
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	31,13	42,53	28,6	1,24	0,78
		2	31,07	43,37	31,37	1,3	0,9
		3	31,23	43,53	34,8	1,31	1,06
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	32,23	44,57	28,6	1,29	0,8
		2	32,13	45,33	31,53	1,35	0,96
		3	32,2	45,7	35,1	1,36	1,09
Середнє			31,21	43,36	31,26	1,26	0,92
НК Бріо	без мікродобрив	1	33,13	40,47	30,07	1,28	0,85
		2	32,9	41,3	32,07	1,34	0,92
		3	32,97	41,43	33,63	1,34	1,01
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	34,47	41,97	30,3	1,39	0,87
		2	34,2	42,93	33,07	1,45	0,95
		3	34,3	43,1	36,03	1,45	1,07
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	35,67	44	30,43	1,44	0,89
		2	35,47	45,23	33,27	1,51	0,98
		3	35,53	45,23	35,9	1,51	1,09
Середнє			34,29	42,85	32,75	1,41	0,96
ЛГ5478	без мікродобрив	1	34,03	42,03	27,4	1,27	0,79
		2	34,17	42,9	29,6	1,33	0,89
		3	34,27	43,1	31,67	1,34	1,00
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	35,23	43,43	27,6	1,37	0,80
		2	35,4	44,37	30,43	1,44	0,96
		3	35,4	44,63	34,07	1,44	1,05
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	35,2	45,6	27,77	1,39	0,87
		2	35,4	46,7	30,67	1,47	0,95
		3	35,53	46,9	33,97	1,53	1,04
Середнє			34,96	44,41	30,35	1,40	0,93

Примітка. Контроль (без застосування фунгіцидів); 2. Фокс® – 0,8 л/га; 3. Фокс® – 0,8 л/га, Пропульс® – 1 л/га.



А **В** **С**

Рис. 1. Частки впливу факторів на площу листкової поверхні гібридів соняшнику. А – фаза зірочки ВВСН 51, В – фаза повного цвітіння ВВСН 65, С – фаза наливу насіння ВВСН 75, (середнє за 2023–2025 рр.)

гібридів, які становили 71 % (рис. 1). Тоді як фактор мікродобрива впливав на 20 %.

У фазі повного цвітіння частка впливу фактору мікродобрива була найбільша – 41,6 %, в той час як вплив фактору гібриди становив 33 %.

Вплив мікродобрив на площу листкової поверхні в фазі наливу насіння зменшувався до 3 %, тоді як вплив фунгіцидного захисту у даний період був на рівні 48 %.

Показник фотосинтетичного потенціалу посівів (ФПП) є критерієм для оцінки ефективності обраних елементів технології вирощування культур. У період ВВСН 51 – ВВСН 65 фотосинтетичний потенціал посівів соняшника був в межах 1,15 – 1,53 тис. м^2/га. Середні показники у гібриду Каньйон становили 1,28 тис. м^2/га, ЛГ5478 – 1,4, та у гібриду НК Бріо – 1,41 тис. м^2/га. У період ВВСН 65 – ВВСН 75 середні показники фотосинтетичного потенціалу соняшника знижувалися у гібриду Каньйон до 0,92 тис. м^2/га, у ЛГ5478 – 0,96 у НК Бріо – 0,96 тис. м^2/га.

Більший вплив мікродобрив на фотосинтетичний потенціал спостерігався у міжфазний період ВВСН 51 – ВВСН 65, тоді як вплив фунгіцидів був вищим в період ВВСН 65 – ВВСН 75.

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено, що площа листкової поверхні залежала від генетичних особливостей гібридів, мікродобрив та фунгіцидів.

У фазу зірочки за листкового підживлення мікродобривом Соняшник Аміно Хелат у фазу 5–7 листків у варіантах без фунгіцидного захисту площа листкової поверхні була в межах 28,37–30,07 тис. м^2/га та перевищувала контрольний варіант на 0,2–0,23 тис. м^2/га за дворазового внесення препарату – 30,9–35,8 тис. м^2/га, збільшення на 0,37–0,43 тис.м^2/га.

Максимальні показники площі листкової поверхні у гібридів соняшника зафіксовано у фазі повного цвітіння: Каньйон – 43,36 тис. м^2/га, для НК Бріо – 42,85 тис. м^2/га, для ЛГ5478 – 44,41 тис. м^2/га (35,0 і 37,6 тис. м^2/га).

У фазі наливу насіння за обприскування фунгіцидом Фокс® – 0,8 л/га спостерігалося зростання площі листкової поверхні на 1,97–2,9 тис. м^2/га. У варіантах з дворазовим внесенням фунгіцидів Фокс® – 0,8 л/га та Пропульс® – 1 л/га зростання площі листкової поверхні становило 4,23–6,5 тис. м^2/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Борисенко В. В. Вплив умов вирощування на формування листкової поверхні і фотосинтетичний потенціал посіву гібридів соняшника. Таврійський науковий вісник. 2021. № 117. С. 16–21. https://doi. org/10.32851/2226-0099.2021.117.3

2. Бориасенко В. В. Листкова поверхня та фотосинтетичний потенціал посіву соняшнику залежно від умов вирощування. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2013. Вип. 83. С. 79–84.

3. Гарбар Л. А, Ванджура М. В. Біометричні параметри асимілюючої поверхні рослин соняшнику. Аграрні інновації, № 31. 2025. С. 29–33. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.5

4. Гуска С.В. Урожайність соняшнику залежно від використання біопрепаратів та мікродобрив. Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти : матеріали IV міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Полтава, 18 грудня 2020 р. Полтава, 2020. С. 110–113.

5. Каленська С. М., Гарбар Л. А., Горбатюк Е. М. Роль регламентів сівби у формуванні фітометричних показників соняшнику. Таврійський науковий вісник. № 113. 2020. С. 49–54

6. Коваленко О. А., Федорчук М. І., Нерода Р. С., Донець Я. Л. Вирощування соняшника за використання мікродобрив та бактеріальних препаратів Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 2. С. 26–35. – doi: 10.31210/visnyk2020.02.02

7. Когут І. М., Валентюк Н. О., Щетінікова Л. А. Формування продуктивності соняшнику залежно від густоти стояння рослин в умовах Південного Степу України. Таврійський науковий вісник. Херсон, 2020. Вип. 112. С. 93–98. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.13

8. Козирський Д. В., Сидорак І. Я., Григор'єв В. М., Коруняк О. П., Трач І. В. Формування продуктивності сої залежно від мікродобрив та фунгіцидного захисту. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка № 46 2025 С. 53–59. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.6

9. Любицька Д. М., М'ялковський Р. О. Фотосинтетична активність ранньостиглих гібридів соняшнику в умовах Лісостепу Західного. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Вип. 32. 2024. С. 38–48. https://doi.org/10.47414/np.32.2024.322357

10. Паламарчук В. Д. Позакореневі підживлення у сучасних технологіях вирощування гібридів соняшнику. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2020. № 1. С. 137–144 doi: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-137-144

11. Потапов А., Грабовський М. Формування площі листкової поверхні та фотосинтетичних показників посівів буряків цукрових залежно від мікродобрив та систем фунгіцидного захисту. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2023. Вип. 74 (1). С. 110–128.

12. Сидякіна, О. В.; Павленко, С. Г. Ефективність застосування мікроелементів у системі живлення рослин соняшнику Таврійський науковий вісник № 118 2021 С. 152–158 http://hdl.handle.net/123456789/6799

13. Харченко М. І. Чиста продуктивність фотосинтезу і площа листкової поверхні різних за густотою сортів і гібридів соняшника. Степове землеробство. 1993. Вип. 27. С. 61–66.

14. Babaeian, M., I. Piri, A. Tavassoli, Y. Esmaeilian and H. Gholami. Effect of water stress and micronutrients (Fe, Zn and Mn) on chlorophyll fluorescence, leafchlorophyll content and sunflower nutrient uptake in Sistan region. Afr. J. Agric. Res., 6(15): 2011. P. 3526–3531.

15. Hlisnikovský, L.; Kunzová, E.; Hejcman, M.; Škarpa, P.; Menšík, L. Effect of Nitrogen, Boron, Zinc and Molybdenum Application on Yield of Sunflower (Helianthus annuus L.) on Greyic Phaeozem in the Czech RepublicHelia 2016, 39, 91–111.

16. Mercer K. L., Wyse D. L., Shaw R. G. Effects of competition on the fitness of wild and crop-wild hybrid sunflower from a diversity of wild populations and crop lines. Evolution. 2006. Vol. 60, Iss. 10. P. 2044–2055. DOI: 10.1111/j.0014-3820.2006.tb01842.x

17. Mirzapour, M. H. and A. H. Khoshgoftar. Zinc application effects on yield and seed oil content of sunflower grown on a saline calcareous soil. J. Plant Nutr., 2006. 29: P. 1719–1727.

Дата першого надходження статті до видання: 28.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.11:632.4: 632.95
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.28

АГРОХІМІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ҐРУНТІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ДОВГОСТРОКОВОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

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
Венгер О. В. *– к.с.-г.н., п.н.с.,*
завідувач відділу захисту рослин
Інститут сільського господарства Полісся
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-2213-4670
Пасічник І. О. *– к.с.-г.н., с.н.с.,*
Інститут сільського господарства Полісся
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-5361-2375
Романчук Л. М. *– н.с.,*
Житомирський регіональний центр державної установи
«Інститут охорони ґрунтів України»
orcid.org/0009-0003-8360-372X

У статті представлено результати комплексного дослідження динаміки агрохімічних показників, зокрема кислотності ґрунту та суми ввібраних основ, на полях Ярунської сільської територіальної громади Звягельського району Житомирської області впродовж 2009–2024 років. Дослідження спрямоване на оцінку довгострокових змін агрохімічних властивостей ґрунтів у контексті сучасних агротехнологій та кліматичних умов Житомирського Полісся. Загальна площа ґрунтів, що досліджувались становила 369 га, розподілених по чотирьох полях із різним ґрунтовим профілем, що забезпечило репрезентативність отриманих результатів для регіону.

За 15-річний період дослідження виявлено складний характер агрохімічних трансформацій ґрунтів, спостерігалося незначне, але стабільне їх підкислення (зниження pH на 0,15–0,25 одиниць) із одночасним збільшенням суми ввібраних основ на 2,1–3,4 мг-екв/100 г на більшості полів, що свідчить про неоднозначність і багатофакторність агрохімічних змін у ґрунтово-кліматичних умовах регіону. Найбільш критичні показники кислотності зафіксовані на полях 3 і 4, де середнє значення pH знизилося до 4,8–5,1 одиниць, що відповідає сильно- та середньокислій реакції ґрунтового середовища. На цих ділянках також відмічено найменші значення суми ввібраних основ (8,2–9,7 мг-екв/100 г), що негативно впливає на доступність поживних речовин для рослин і загальну родючість ґрунтів.

Результати дослідження обґрунтовують необхідність впровадження інтегрованих агротехнічних заходів, спрямованих на стабілізацію кислотно-лужного балансу і підвищення родючості ґрунтів. Рекомендовано проведення вапнування на полях із критичними

© Ключевич М. М., Залевський Р. А., Венгер О. В., Пасічник І. О., Романчук Л. М. 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

показниками кислотності, оптимізацію системи органо-мінерального живлення та впровадження ґрунтозахисних технологій обробітку.

Вперше для умов Ярунської територіальної громади проведено довгостроковий моніторинг агрохімічних показників ґрунтового покриву з урахуванням просторової варіабельності. Встановлено регіональні особливості динаміки кислотно-лужних властивостей ґрунтів у контексті сучасних агротехнологій Житомирського Полісся. Отримані результати мають важливе значення для розуміння агрохімічних процесів і розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо управління родючістю та сталого розвитку агроекосистем регіону.

Ключові слова: *кислотність ґрунту, pH, сума ввібраних основ, гідролітична кислотність, катіонний обмін, Ярунська територіальна громада, агрохімічний стан, Житомирська область.*

Kliuchevych M. M., Zalevsky R. A., Venger O. V., Pasichnyk I. O., Romanchuk L. M. Dynamics of Soil Acidity and the Sum of Exchangeable Bases in the Lands of the Yarunska Rural Territorial Community of Zviahel District, Zhytomyr Region (2009–2024)

The article presents the results of a comprehensive study of the dynamics of agrochemical parameters, particularly soil acidity (pH) and the sum of absorbed bases, in the fields of Yarunska rural territorial community, Zvyahel district, Zhytomyr region, during 2009–2024. The research aims to assess long-term changes in agrochemical soil properties in the context of modern agricultural technologies and climatic conditions of Zhytomyr Polissia. The total study area was 369 ha, distributed across four fields with different soil profiles, which ensured the representativeness of the obtained results for the region.

Over the 15-year study period, a complex nature of agrochemical soil transformations was revealed. A slight but stable soil acidification (pH decrease by 0.15–0.25 units) was observed with a simultaneous increase in the sum of absorbed bases by 2.1–3.4 mg-eq/100 g of soil in most fields, indicating the ambiguity and multifactorial nature of agrochemical changes in the soil-climatic conditions of the region. The most critical acidity indicators were recorded in fields 3 and 4, where the average pH value decreased to 4.8–5.1 units, corresponding to strong and medium acid soil reaction. These areas also showed the lowest values of the sum of absorbed bases (8.2–9.7 mg-eq/100 g), which negatively affects the availability of nutrients for plants and overall soil fertility.

The research results substantiate the need to implement integrated agrotechnical measures aimed at stabilizing the acid-base balance and increasing soil fertility. Liming on fields with critical acidity indicators, optimization of organic-mineral nutrition systems, and implementation of soil-protective tillage technologies are recommended.

For the first time in the conditions of Yarunska territorial community, long-term monitoring of agrochemical indicators was conducted, taking into account the spatial variability of soil cover. Regional features of the dynamics of acid-base soil properties in the context of modern agricultural technologies of Zhytomyr Polissia were established. The obtained results are important for developing scientifically substantiated recommendations on soil fertility management and sustainable development of regional agroecosystems.

Key words: *soil acidity, pH, sum of absorbed bases, hydrolytic acidity, cation exchange, Yarunska territorial community, agrochemical status, Zhytomyr region.*

Постановка проблеми. Збереження і підвищення родючості ґрунтів у процесі агровиробництва є ключовим завданням сталого розвитку сільського господарства. Однією з їх найважливіших характеристик агрохімічного стану є кислотність, яка безпосередньо впливає на доступність поживних речовин і розвиток рослин. Особливо актуальною є оцінка динаміки кислотності та сумарної ємності ввібраних основ на сільськогосподарських угіддях, що дає змогу прогнозувати зміни родючості і коригувати агротехнічні заходи. Для оцінки наслідків довготривалого використання, нами були обрані землі Ярунської сільської територіальної громади, які є досить типовими для господарств зони Полісся як за структурою так і за генетичним потенціалом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема кислотності ґрунтів широко досліджується як в Україні, так і за кордоном. Науковці [1], наголошують

на важливості підтримки оптимального рівня pH для забезпечення доступності макро- та мікроелементів, а також для підтримання мікробіологічної активності ґрунту. В сучасних фахових виданнях, [2, 3], дослідники показують, що зростання вмісту гідролітичної кислотності, особливо в карбонатних ґрунтах, призводить до значного зниження продуктивності сільськогосподарських культур і потребує застосування комплексних заходів, включаючи вапнування та органічне удобрення. Результати наукових досліджень [4] підкреслюють, що агротехнічні системи повинні бути адаптовані під місцеві гідрометеорологічні умови та тип ґрунту з урахуванням довгострокових змін кислотності.

Зарубіжні дослідження [5] демонструють, що застосування буферних систем на основі органічних кислот здатне стабілізувати pH ґрунту в межах 6,2–6,8 одиниць, що є оптимальним для більшості сільськогосподарських культур. Автор зазначає, що ефективність такого заходу підвищується на 23–27 % порівняно з традиційним вапнуванням.

Комплексні дослідження [6] показали, що сезонна динаміка кислотності ґрунтів тісно корелює з режимом ґрунтового зволоження та температурними змінами. Встановлено, що найбільші коливання pH (до 0,4–0,6 одиниць) спостерігаються у весняний період після танення снігу, що необхідно враховувати за планування агротехнічних заходів.

Дослідники підтверджують [7], що мікробіологічна активність ґрунтової мікрофлори знижується на 35–42 % за зниження pH нижче 5,5, при цьому особливо пригнічується азотфіксуюча здатність. Існують рекомендації щодо комбінованого застосування вапнування і біопрепаратів для відновлення біологічного потенціалу кислих ґрунтів. У наукових роботах [6, 7] відмічають взаємозв'язок між кислотністю ґрунту та динамікою вмісту органічної речовини, і за pH нижче 5,0 швидкість мінералізації гумусу зростає на 15–20 %, що призводить до додаткового підкислення ґрунтового розчину та формування негативного циклу деградації. Дослідження науковців підтверджують ефективність застосування цеолітів природного походження для буферування кислотності ґрунтів. Експериментально доведено, що внесення цеолітів у нормі 2–3 т/га забезпечує стабілізацію pH на 3–4 рік та покращує катіонний склад ґрунтового поглинального комплексу.

Науковці [1] акцентують увагу на ролі кислотності у формуванні стійкості агроекосистем до кліматичних змін. Автор стверджує, що ґрунти з оптимальними показниками pH мають кращу адаптивність до посухи та підвищених температур, що критично важливо в умовах глобального потепління.

Наукова новизна дослідження полягає у встановленні довгострокових тенденцій зміни кислотно-лужних властивостей ґрунтів Ярунської територіальної громади з урахуванням їх просторової неоднорідності та агрогрупового складу. Уперше для даної території проведено комплексний аналіз взаємозв'язку між гідролітичною кислотністю, сумою ввібраних основ та активною реакцією ґрунтового розчину на основі п'ятнадцятирічного моніторингу, що дозволило обґрунтувати диференційовані підходи до управління родючістю ґрунтів у системі сталого землекористування зони Полісся.

Постановка завдання. Актуальність проведення дослідження зумовлена необхідністю комплексного моніторингу агрохімічного стану ґрунтів в умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та змін кліматичних умов регіону. Ярунська територіальна громада, розташована в межах типових ландшафтів Житомирського Полісся, характеризується мозаїчністю ґрунтового покриву та

варіабельністю агрохімічних показників, що потребує детального аналізу просторово-часових змін основних параметрів родючості.

Довгостроковий характер досліджень обумовлений необхідністю виявлення стійких тенденцій у динаміці кислотно-лужних властивостей ґрунтів, оскільки короткочасні спостереження не дозволяють адекватно оцінити направленість агрохімічних процесів та їх зв'язок із системами землекористування. П'ятнадцятирічний період моніторингу забезпечує можливість виділення як циклічних коливань показників, пов'язаних із погодними умовами та агротехнічними заходами, так і системних змін, зумовлених довгостроковими факторами впливу.

Мета досліджень. Метою дослідження було оцінити динаміку кислотності та суми ввібраних основ у виробничих ґрунтах характерних для зони Полісся на прикладі Ярунської сільської територіальної громади за період 2009–2024 років, виділити основні зміни та сформувати рекомендації для підтримки агрохімічного балансу.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили на чотирьох полях Ярунської громади загальною площею 369 га із врахуванням шифрів і площ ґрунтових агрогруп: поле 1: 33г – 64,1 га, 36г – 73,6 га, 142 – 0,6 га. Поле 2: 33г – 9,2 га, 36г – 8,9 га, 142 – 2,1 га, 179д – 51,0 га. Поле 3: 36г – 62,2 га, 45г – 0,2 га, 179д – 69,7 га. Поле 4: 33г – 23,4 га, 36г – 2,2 га, 179д – 1,8 га.

Агрогрупа 33г представлена дерново-підзолистими піщаними та супіщаними ґрунтами на давньоалювіальних відкладах із глибиною гумусового горизонту 20–25 см і вмістом гумусу 1,2–1,8 %. Ці ґрунти характеризуються легким гранулометричним складом, високою водопроникністю та схильністю до підкислення внаслідок інтенсивного промивного режиму. Агрогрупа 36г об'єднує дерново-підзолисті супіщані ґрунти на моренних відкладах із дещо важчим механічним складом, глибиною гумусового шару до 28–32 см та підвищеним вмістом органічної речовини (1,8–2,4 %). Агрогрупа 142 представлена торфово-болотними ґрунтами низинного типу із потужністю торфового шару 0,5–1,2 м, що характеризуються високою вологоємністю та специфічним гідрохімічним режимом. Ґрунти агрогрупи 45г є перехідними від дернових до лучних, формуються в умовах періодичного перезволоження та відрізняються підвищеною щільністю будови профілю.

Найбільшу площу в межах дослідної території займає агрогрупа 179д, що включає дерново-глеєві та лучно-болотні ґрунти, сформовані в умовах близького залягання ґрунтових вод (1,5–2,5 м від поверхні). Ці ґрунти характеризуються наявністю глейового горизонту на глибині 40–60 см, що обумовлює специфіку їх водно-повітряного режиму та агрохімічних властивостей. Вміст гумусу в ґрунтах цієї агрогрупи коливається в межах 2,0–3,2 %, що є відносно високим показником для регіону, проте їх родючість часто лімітується надмірним зволоженням і несприятливими фізичними властивостями. Просторове розподілення ґрунтових агрогруп на піддослідних полях відображає типову для Житомирського Полісся мозаїчність ґрунтового покриву, зумовлену складною геоморфологічною будовою території та різноманітністю материнських порід. Така неоднорідність ґрунтових умов потребує диференційованого підходу до агротехнічних заходів і вимагає детального моніторингу агрохімічних показників для кожної агрогрупи окремо.

Аналізи проводили на базі лабораторії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». Визначення реакції ґрунтового середовища (pH) здійснювали відповідно до ДСТУ ISO 10390:2007, який регламентує потенціометричний метод вимірювання pH у водній або сольовій витяжці. Суму увібраних (обмінних) основ визначали згідно з вимогами ДСТУ 4115-2002 «Ґрунти. Методи визначення суми ввібраних

основ», що передбачає екстрагування катіонів кальцію, магнію, калію та натрію з подальшим кількісним аналізом. Застосування зазначених стандартів забезпечує порівняння і достовірність результатів агрохімічної оцінки ґрунтів.

Виклад основного матеріалу. Систематичне вивчення динаміки кислотно-лужних властивостей дозволяє виявити тенденції деградаційних або відновлювальних процесів у ґрунтах і розробити стратегії сталого землекористування.

Результати п'ятнадцятирічного моніторингу основних агрохімічних показників ґрунтів Ярунської територіальної громади представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

Комплексний аналіз агрохімічних показників ґрунту за 2009–2024 роки

№ поля	Показники	2009	2014	2019	2024
1	pH водної витяжки	6,8	6,8	6,8	6,7
	Гідролітична кислотність (мг-екв/100г)	0,52	0,61	0,88	0,95
	Сума ввібраних основ (мг-екв/100г)	18,8	19,5	27,8	29,2
2	pH водної витяжки	6,3	6,8	6,8	6,6
	Гідролітична кислотність (мг-екв/100г)	0,73	1,07	0,85	0,92
	Сума ввібраних основ (мг-екв/100г)	25,0	12,0	31,8	28,5
3	pH водної витяжки	6,8	6,8	6,4	6,2
	Гідролітична кислотність (мг-екв/100г)	0,44	0,49	1,14	1,28
	Сума ввібраних основ (мг-екв/100г)	27,8	41,6	17,8	21,3
4	pH водної витяжки	6,8	6,3	6,1	5,9
	Гідролітична кислотність (мг-екв/100г)	0,40	1,07	1,31	1,42
	Сума ввібраних основ (мг-екв/100г)	18,0	12,0	28,9	25,7

Для більшої наочності тенденцій змін у ґрунті, результати представлено також у вигляді графіків із зазначенням усереднених даних показників по полях для демонстрації виявлених тенденцій (рис. 1, *а*, *б*, *в*).

Аналіз результатів по першому полю чітко вказує на відносно стабільний кислотно-лужний режим. Значення pH водної витяжки упродовж усього періоду залишалися близькими до нейтральних і змінювалися незначно – від 6,8 у 2009 році до 6,7 у 2024 році. Це свідчить про сприятливі умови для більшості польових культур. Водночас гідролітична кислотність за цей період зросла майже вдвічі – з 0,52 до 0,95 мг-екв/100 г ґрунту, що вказує на накопичення потенційної кислотності та поступове виснаження кальцієвого фонду. Позитивною тенденцією є збільшення суми ввібраних основ з 18,8 до 29,2 мг-екв/100 г, що характеризує підвищення ємності катіонного обміну та певне покращення агрохімічних властивостей ґрунту. Загалом стан першого поля можна оцінити як задовільний, проте вже помітні чіткі ознаки підкислення, які потребують профілактичних заходів.

На другому полі спостерігається більш нестабільна динаміка показників. Гідролітична кислотність коливалася в межах від 0,73 до 1,07 мг-екв/100 г, а у 2024 році становила 0,92 мг-екв/100 г, що свідчить про тенденцію до помірного підкислення ґрунту. Реакція ґрунтового розчину залишалася в межах слабокислої – pH змінювався від 6,3 до 6,8 і у 2024 році дорівнював 6,6. Такий рівень кислотності ще є сприятливим для вирощування більшості культур, однак подальше зниження може призвести до обмеження доступності поживних елементів. Особливої уваги

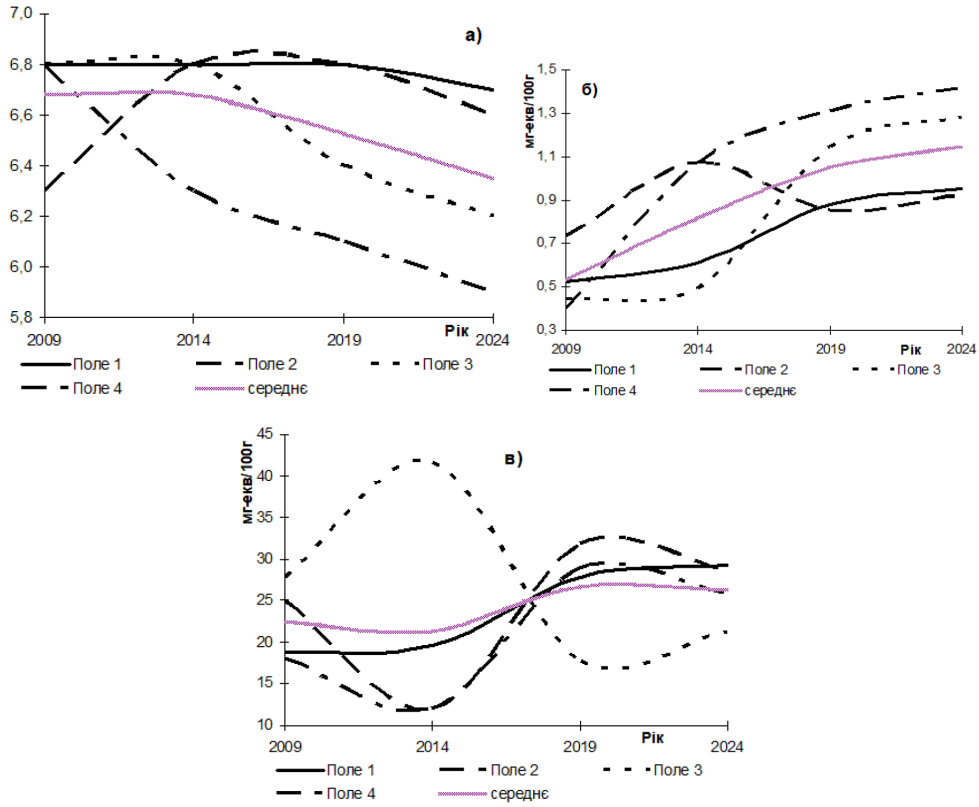


Рис. 1. Динаміка агрохімічних показники ґрунту 2009–2024 рр.:
а) pH водної витяжки; б) Гідролітична кислотність (мг-екв/100г);
в) Сума ввібраних основ (мг-екв/100г)

потребує сума ввібраних основ, яка характеризується різкими коливаннями: зниженням до 12,0 мг-екв/100 г у 2014 році та підвищенням до 28,5 мг-екв/100 г у 2024 році. Це може бути наслідком нерівномірного внесення органічних і мінеральних добрив або процесів вилуговування кальцію та магнію.

Найбільш несприятлива тенденція простежується на третьому полі. За період досліджень гідролітична кислотність зросла з 0,44 до 1,28 мг-екв/100 г, тобто майже утричі. Одночасно відбулося зниження pH з 6,8 у 2009 році до 6,2 у 2024 році. Обидві ці тенденції свідчать про однозначний перехід ґрунту у більш кислий діапазон. Також тривожною є динаміка суми ввібраних основ, яка у 2014 році досягала високого рівня – 41,6 мг-екв/100 г, але до 2024 року зменшилася до 21,3 мг-екв/100 г. Це вказує на втрату основних катіонів, зниження буферної здатності ґрунту та розвиток деградаційних процесів, що негативно впливає на родючість.

Четверте поле характеризується найгіршим кислотним станом серед усіх досліджуваних ділянок. Гідролітична кислотність зросла з 0,40 до 1,42 мг-екв/100 г, що свідчить про суттєве накопичення потенційної кислотності. Водночас pH водної витяжки знизився з 6,8 до 5,9, тобто ґрунт перейшов у категорію помірно кислих. А враховуючі значення потенційної кислотності, цей процес має тенденцію до подальшого розвитку. Така реакція середовища суттєво обмежує доступність

фосфору, кальцію та магнію і пригнічуючи впливає на розвиток кореневої системи культурних рослин. Сума ввібраних основ характеризується нестабільністю, що також вказує на порушення катіонного балансу і зниження родючості.

Висновки. П'ятнадцятирічний моніторинг агрохімічних властивостей угідь свідчать про суттєві зміни хімічного стану ґрунтів досліджуваних полів упродовж 2009–2024 років. Загальною тенденцією для всіх ділянок є поступове підкислення ґрунтового середовища, що супроводжується зміною буферних властивостей і порушенням балансу ввібраних основ, а отже – погіршенням умов живлення сільськогосподарських культур.

Узагальнюючи отримані результати, визначено, що на всіх досліджуваних полях відбувається процес поступового підкислення ґрунтів, зниження їх буферної здатності та порушення балансу поживних елементів, причому швидкість цього процесу значно відрізняється між полями господарства.

Встановлені тенденції свідчать про необхідність термінового впровадження системних заходів щодо стабілізації кислотно-лужного балансу ґрунтів досліджуваної території. Швидкість підкислення 0,05–0,08 одиниць pH за п'ятирічний період перевищує природні темпи подібних процесів у 2–3 рази, що підтверджує антропогенний характер виявлених змін і вказує на недостатню ефективність застосовуваних агротехнічних заходів.

Для стабілізації кислотно-лужного режиму та підвищення родючості ґрунтів доцільно впровадити диференційовану систему вапнування, особливо на полях із підвищеною гідролітичною кислотністю. Найбільш ефективним є застосування доломітового борошна, яке одночасно забезпечує ґрунт кальцієм і магнієм. Поряд із цим необхідно оптимізувати систему мінерального живлення, зменшивши частку фізіологічно кислих азотних добрив і поєднуючи їх з кальцієвмісними препаратами, внесенням органічних добрив – гною, компостів, а також використання сидеральних культур, які покращують структуру ґрунту та підвищують вміст гумусу.

Результати досліджень демонструють необхідність розробки диференційованої системи хімічної меліорації ґрунтів із урахуванням просторової нестійкості показників буферності та обов'язковим проведенням вапнування на полях із гідролітичною кислотністю понад 1,0 мг-екв/100г. Виявлені зміни агрохімічних властивостей ґрунтів Ярунської територіальної громади можуть бути перенесені на аналогічні ґрунтово-кліматичні умови Житомирської області та використані для прогнозування тенденцій розвитку деградаційних процесів в агроландшафтах Полісся України, а регулярний агрохімічний моніторинг, який рекомендується проводити не рідше одного разу на 4 роки, дозволить своєчасно коригувати систему удобрення та підтримувати оптимальний кислотно-лужний баланс.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ткаченко М. А., Павліченко А. І., Кондратюк І. М., Дмитренко О. В. Кислотні властивості сірих лісових ґрунтів залежно від систем удобрення. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 2. С. 62–68.

2. Kyrylchuk A. M., Shylo L. H., Zapasnyi V. S., Stetsiuk L. M. Кислотність ґрунтів Київської області. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*, 2022. Том 4 (100). С. 103–119.

3. Прецизійні фітотехнології в агропромисловому комплексі України / Л. В. Аніскевич, Д. Г. Войтюк, С. М. Вигера, Н. І. Адамчук, Ф. М. Захарін, С. О. Пономаренко, М. М. Ключевич : монографія. Київ : НУБіП України. 2019. 798 с.

4. Заришня А. С., Сипко А. О., Стрілец О. П., Зацерковна Н. С., Зінченко О. А., Сінчук Г. А., Гончарук Г. С., Грицишина Л. Г., Костащук М. В., Мазур Г. М. Стабілізація кислотно-лужного балансу слабокислих ґрунтів за біологізації вирощування буряків цукрових в умовах Лісостепу України. Вісник аграрної науки. 2019. № 3. С. 20–27.

5. Гавриш Н. С. Правова охорона ґрунтів в Україні. Одеса : Одеська нац. юрид. Академія. 2008. 228 с.

6. Літвінов Д. В., Тонха О. Л., Забалуєв В. О., Забалуєв С. В. Відновлення та реабілітація пошкоджених земель сільськогосподарського призначення. Ґрунтозахисні технології як фактор родючості ґрунтів і високих врожаїв» : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 100-річчю від Дня народження професора М. К. Шикули, 20–21 лютого 2025 р. м. Київ : НУБіП. С. 38.

7. Бідня І., Лиховид П., Писаренко П., Гетьман М., Каращук Г. Трансформація органічної речовини ґрунту під впливом мікробіологічних препаратів і обробітку ґрунту в зернових та олійних культурах Півдня України. Scientific Horizons. 2025. № 5. С. 9–20.

Дата першого надходження статті до видання: 26.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 631.147:579.6
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.29

ЕКОЛОГО-БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЦИКЛІЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ГЛИВИ ЗВИЧАЙНОЇ

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

У статті експериментально досліджено еколого-біотехнологічні аспекти циклічного використання органічних відходів при вирощуванні гливи звичайної (Pleurotus ostreatus) з метою створення замкнутого циклу виробництва в рамках циркулярної біоекономіки. Щорічне світове виробництво грибів генерує понад 100 мільйонів тонн відпрацьованого субстрату, утилізація якого становить серйозний екологічний виклик. Дослідження виконували впродовж 2019–2024 років з використанням штамів P. ostreatus К-17 та НК-35 на субстратах різного складу: контроль (термічна пастеризація при 80 °С), холодна ферментація з препаратом ЕМ Біоактив, а також композиції з додаванням 10 % і 20 % відпрацьованого субстрату вирощування (ОСВ).

Встановлено, що застосування ЕМ-технологій скорочує термін колонізації субстрату міцелієм з 35 до 20–21 доби (економія 40 % часу) та повністю усуває конкурентну мікрофлору Trichoderma viride, яка на контролі уражувала 5–25 % блоків. Оптимальною композицією визначено суміш пшеничної соломи (90 %) та ОСВ (10 %), що забезпечила найвищу біологічну ефективність: 68,4 % для штаму К-17 та 74,0 % для НК-35, перевищуючи контроль у 2,0–2,1 рази. Збільшення частки ОСВ до 20 % знижувало продуктивність на 10,5–12,3 %, що вказує на критичність дотримання оптимальних пропорцій.

Агрохімічний аналіз виявив, що ЕМ-ферментація збільшує вміст загального азоту з 0,18 % до 0,47–0,58 % (у 2,6–3,2 рази), фосфору – з 0,15 % до 0,46–0,54 %, оптимізуючи співвідношення C:N з 78:1 до 31–38:1. Реакція середовища стабілізувалася на рівні pH 5,6–5,8, сприятливому для розвитку міцелію та пригнічення патогенів. Штам НК-35 продемонстрував перевагу над К-17 за всіма показниками: на 6,0–8,2 % вищу урожайність, на 2,0–5,6 % вищу біологічну ефективність та на 1 добу швидшу колонізацію субстрату.

Розроблена технологія дозволяє знизити собівартість продукції на 25–30 % за рахунок відмови від енергоємної пастеризації, скорочення виробничого циклу на 14 днів та часткової заміни свіжої сировини відходами попереднього циклу. Дисперсійний аналіз підтвердив домінуючий вплив складу субстрату (фактор Б) на продуктивність – понад 85 % загальної варіації, тоді як вплив штаму становив 12 %. Кореляційний аналіз виявив сильний позитивний зв'язок (r = 0,87) між вмістом доступного азоту та біологічною ефективністю.

Результати дослідження обґрунтовують доцільність впровадження циклічного використання органічних відходів у промислове грибівництво як ефективної стратегії зниження екологічного навантаження, підвищення ресурсної ефективності та реалізації принципів циркулярної біоекономіки при виробництві їстівних грибів.

Ключові слова: *Pleurotus ostreatus, циркулярна біоекономіка, відпрацьований субстрат, ЕМ-технології, біологічна ефективність, ферментація, ресурсозбереження.*

© Ковальов М. М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Kovalov M. M. Ecological and biotechnological aspects of cyclic use of organic waste in oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) cultivation

The study experimentally investigates the ecological and biotechnological aspects of cyclic organic waste utilization in oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) cultivation to establish a closed-loop production system within the circular bioeconomy framework. Annual global mushroom production generates over 100 million tons of spent substrate, whose disposal presents a serious environmental challenge. The research was conducted during 2019–2024 using P. ostreatus strains K-17 and NK-35 on substrates of various compositions: control (thermal pasteurization at 80 °C), cold fermentation with EM Bioactive preparation, and compositions supplemented with 10 % and 20 % spent mushroom substrate (SMS).

Results demonstrated that EM-technology application reduces substrate colonization time from 35 to 20–21 days (40 % time saving) and completely eliminates Trichoderma viride contamination, which affected 5–25 % of control blocks. The optimal composition was determined as a mixture of wheat straw (90 %) and SMS (10 %), providing the highest biological efficiency: 68.4 % for strain K-17 and 74,0 % for NK-35, exceeding control values by 2,0–2,1 times. Increasing SMS proportion to 20 % reduced productivity by 10,5–12,3 %, indicating critical importance of maintaining optimal ratios.

Agrochemical analysis revealed that EM-fermentation increases total nitrogen content from 0,18 % to 0,47–0,58 % (2,6–3,2 times), phosphorus from 0,15 % to 0,46–0,54 %, optimizing C:N ratio from 78:1 to 31–38:1. Medium reaction stabilized at pH 5,6–5,8, favorable for mycelial development and pathogen suppression. Strain NK-35 demonstrated superiority over K-17 across all parameters: 6,0–8,2 % higher yield, 2,0–5,6 % higher biological efficiency, and 1-day faster substrate colonization.

The developed technology enables production cost reduction by 25–30 % through elimination of energy-intensive pasteurization, 14-day production cycle shortening, and partial fresh raw material replacement with previous cycle waste. Variance analysis confirmed dominant substrate composition influence (factor B) on productivity – over 85 % of total variation, while strain effect accounted for 12 %. Correlation analysis revealed strong positive relationship (r = 0,87) between available nitrogen content and biological efficiency.

Research findings substantiate the feasibility of implementing cyclic organic waste utilization in industrial mushroom production as an effective strategy for reducing environmental impact, enhancing resource efficiency, and realizing circular bioeconomy principles in edible mushroom production.

Key words: *Pleurotus ostreatus, circular bioeconomy, spent mushroom substrate, EM-technologies, biological efficiency, fermentation, resource conservation.*

Актуальність теми дослідження. Зростання світового виробництва грибів, яке у 2017 році досягло 34,8 мільярдів кілограмів на рік, супроводжується накопиченням значних обсягів органічних відходів, що створює серйозні екологічні виклики для сучасного сільського господарства. Глива звичайна (*Pleurotus ostreatus*) займає провідне місце серед культивованих грибів, складаючи близько 19 % світового виробництва, проте виробництво кожного кілограма плодових тіл генерує приблизно 5 кг відпрацьованого субстрату, що потребує ефективних стратегій управління відходами [1, с. 7]. Традиційні методи утилізації, такі як складування на полігонах, спалювання або неконтрольоване захоронення, не лише спричиняють забруднення ґрунтів та водних ресурсів, але й призводять до емісії парникових газів та евтрофікації, що суперечить принципам сталого розвитку [2, с. 2252138].

Біотехнологічний потенціал гливи звичайної полягає у здатності продукувати комплекс лігнолітичних ферментів – лакказу, манганпероксидазу та лігнінпероксидазу, які забезпечують ефективну деградацію целюлози, геміцелюлози та лігніну у широкому спектрі агропромислових відходів [3, с. 3667]. Ця особливість дозволяє використовувати як субстрат різноманітні лігноцелюлозні матеріали, включаючи солому зернових культур, відходи пивоварної промисловості, лушпиння соняшнику та сої, кавову гущу, тирсу деревини та інші органічні залишки,

трансформуючи їх у високоякісний білковий продукт харчування. Дослідження показують, що оптимізовані суміші субстратів, такі як поєднання соломи з пивною дробиною або пшеничними висівками у співвідношенні 70:30 %, забезпечують найвищу біологічну ефективність та швидкість колонізації міцелієм [4, с. 26843].

Концепція циркулярної економіки набуває особливої актуальності у контексті валоризації відпрацьованого грибного субстрату, який зберігає значний вміст органічної речовини, залишкового міцелію, мінеральних елементів та біологічно активних сполук після збору врожаю. Сучасні дослідження демонструють перспективи багатовекторного використання відпрацьованого субстрату: як біодобрива для підвищення біологічної активності ґрунту, компонента кормових раціонів для тваринництва, сировини для виробництва біопалива та біоетанолу, а також джерела цінних біоактивних екстрактів з імуномодулюючими властивостями [5, с. 126157]. Інтеграція цих методів у виробничі цикли не лише забезпечує економічні переваги для підприємств, але й сприяє реалізації принципів «нульових відходів» та промислового симбіозу, узгоджуючись із Цілями сталого розвитку ООН [6, с. 44].

Особливої уваги заслуговує потенціал використання відпрацьованого субстрату у замкнутих циклах вирощування грибів, коли за умови правильного підбору штаму, додавання свіжих лігноцелюлозних компонентів та оптимізації умов культивування можливе повторне використання субстрату для наступних циклів виробництва. Це не лише знижує виробничі витрати та зменшує екологічне навантаження, але й сприяє формуванню більш стійких та ресурсоефективних систем виробництва їстівних грибів. У контексті глобальних екологічних викликів та необхідності переходу до циркулярної біоекономіки, дослідження еколого-біотехнологічних аспектів циклічного використання органічних відходів при вирощуванні гливи звичайної набуває стратегічного значення для розвитку сталого сільського господарства та раціонального використання біоресурсів.

Постановка проблеми. Незважаючи на визнаний потенціал гливи звичайної у трансформації лігноцелюлозних відходів у високоякісний білковий продукт, оптимізація складу субстратів залишається складним багатофакторним завданням, що потребує врахування фізико-хімічних властивостей сировини, співвідношення вуглецю та азоту, а також активності лігнолітичних ферментних систем на різних етапах культивування. Дослідження показують, що співвідношення C:N у субстраті суттєво впливає на швидкість міцеліального росту, термін формування плодових тіл та біологічну ефективність: для гливи звичайної оптимальним вважається діапазон C:N від 30:1 до 70:1, проте точне значення залежить від конкретних компонентів субстрату та умов культивування [7, с. 1308053]. Комбінації агропромислових відходів у різних пропорціях демонструють значну варіативність результатів: зокрема, суміші пшеничної соломи з пивною дробиною або пшеничними висівками у співвідношенні 70:30 % забезпечують найвищу біологічну ефективність, швидку колонізацію міцелієм та скорочення загального циклу вирощування, тоді як використання окремих компонентів часто призводить до зниження врожайності або підвищення ризику контамінації [4, с. 26843].

Динаміка продукції лігнолітичних ферментів під час вегетативного росту та плодоношення гливи звичайної є критичним фактором, що визначає ефективність деградації субстратних компонентів та якість кінцевого продукту. Лакказа, манганпероксидаза та універсальна пероксидаза демонструють різні патерни активності протягом циклу культивування: максимальна активність лаккази спостерігається під час вегетативної фази, манганпероксидази – при індукції плодоутворення, тоді

як целюлозо- та геміцелюлозодеградуючі ферменти досягають піку активності на початку флашу та під час збору врожаю [8, с. 1357]. Ця часова гетерогенність ферментативної активності створює можливості для цілеспрямованої модуляції процесів делігніфікації через додавання специфічних індукторів або регуляцію умов культивування, проте механізми координації між окисними та гідролітичними ферментними системами залишаються недостатньо вивченими для практичного застосування у промислових масштабах [9, с. 8353].

Проблема управління відпрацьованим грибним субстратом набуває особливої гостроти у контексті стрімкого зростання світового виробництва їстівних грибів: за прогнозами, до 2026 року обсяг утвореного відпрацьованого субстрату може перевищити 100 мільйонів тонн щорічно, що вимагає розробки ефективних стратегій валоризації та запобігання екологічним ризикам. Традиційні методи утилізації, такі як складування на полігонах або спалювання, спричиняють емісію парникових газів через спонтанну анаеробну ферментацію, появу неприємних запахів, вимивання поживних речовин у водні об'єкти та евтрофікацію, що суперечить принципам сталого розвитку та циркулярної економіки [2, с. 2252138]. Відпрацьований субстрат зберігає значний вміст залишкової органічної речовини, міцелію, мінеральних елементів та ферментів, що робить його цінною сировиною для різноманітних застосувань: як органічного добрива з покращеними властивостями біологічної активності ґрунту, компонента кормових раціонів у тваринництві, сировини для виробництва біопалива та біоетанолу, джерела лігнолітичних ферментів для промислових біотехнологічних процесів, а також субстрату для наступних циклів культивування грибів за умови правильного підбору штаму та оптимізації поживного складу [10, с. 68].

Концептуальна модель циркулярної біоекономіки у грибівництві передбачає багатоступеневе каскадне використання біомаси, де відпрацьований субстрат послідовно проходить через серію матеріальних застосувань – від повторного використання у субстратних композиціях через біоремедіацію та компостування до кінцевого енергетичного відновлення, максимізуючи загальну ефективність використання ресурсів та мінімізуючи екологічний слід виробництва [11, с. 7798]. Інтеграція грибівництва у циркулярні сільськогосподарські системи створює синергетичні ефекти: виділений діоксид вуглецю та тепло від культивування грибів можуть використовуватися для стимулювання росту рослин у теплицях, відпрацьований субстрат – як біодобриво для польових культур, а ці культури, у свою чергу, генерують лігноцелюлозні відходи для наступних циклів вирощування грибів, формуючи замкнений цикл перетворення органічної речовини [2, с. 2252138]. Однак практична реалізація таких систем стикається з низкою технологічних викликів: необхідністю стандартизації якості відпрацьованого субстрату, оптимізації логістики його збору та переробки, розробки економічно ефективних методів збагачення свіжими поживними компонентами, а також забезпечення мікробіологічної безпеки при повторному використанні у виробничих циклах.

Ключовим невирішеним питанням залишається розробка інтегрованих підходів до управління якістю субстрату на всіх етапах його життєвого циклу – від первинної підготовки до кінцевої валоризації відпрацьованого матеріалу, що потребує поглибленого вивчення взаємодії між складом субстрату, мікробними спільнотами, ферментативною активністю та умовами середовища для створення стійких, високопродуктивних та екологічно відповідальних систем виробництва їстівних грибів у рамках циркулярної біоекономіки.

Методика дослідженнь. Мета досліджень – встановити ефективність циклічного використання органічних відходів при вирощуванні гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*) шляхом застосування ЕМ-технологій та відпрацьованого субстрату вирощування (ОСВ) для оптимізації субстратних композицій, зниження енергетичних витрат на пастеризацію та створення замкнутого циклу виробництва в умовах циркулярної біоекономіки.

Дослідження проводилися впродовж 2019–2024 років у науковій лабораторії промислового грибівництва та технологій захисту культивованих грибів Центральноукраїнського національного технічного університету.

Об'єкт дослідження: Штами гливи звичайної *Pleurotus ostreatus* К-17 та НК-35 з колекції ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ імені Тараса Шевченка.

Схема досліду: Фактор А – штам: 1) К-17; 2) НК-35. Фактор В – склад субстрату: 1) контроль (пастеризація): Пшенична солома з традиційною пастеризацією (80 °С, 8 годин); 2) (ЕМ-холодний): Пшенична солома + ЕМ Біоактив (1:100) без термічної пастеризації; 3) (ЕМ-ОСВ10): Солома (90 %) + відпрацьований субстрат вирощування (10 %) + ЕМ Біоактив; 4) ЕМ-ОСВ20): Солома (80 %) + відпрацьований субстрат вирощування (20 %) + ЕМ Біоактив

Методи досліджень: Підготовка субстрату: Пшеничну солому подрібнювали до фракції 3–5 см, зволожували до вологості 65–70 %. Контрольний варіант піддавали термічній пастеризації. У дослідних варіантах застосовували препарат ЕМ Біоактив в концентрації 1:100 з періодом ферментації 7–10 діб за температури 18–25 °С.

Інокуляція та культивування: Субстратні блоки масою 2,5–3,0 кг інокулювали зерновим міцелієм у кількості 3–5 % від маси субстрату. Інкубацію проводили за температури 22–24 °С у темряві до повної колонізації. Плодоношення стимулювали зниженням температури до 14–16 °С, підвищенням вологості повітря до 85–90 % та забезпеченням освітлення 200–500 люкс.

Повторність: чотириразова для кожного штаму, по 20 субстратних блоків на варіант (всього 160 експериментальних одиниць).

Показники, що визначалися: швидкість колонізації субстрату міцелієм (днів); тривалість періоду від інокуляції до початку плодоношення (днів); урожайність плодових тіл (г/блок); біологічна ефективність (% до маси субстрату); морфометричні показники плодових тіл. Оцінку врожайності та біологічної ефективності штамів проводили згідно з методикою Ройса [11, с. 7800] та державними стандартами сортовипробування [12, с. 42]

Аналіз експериментальних даних здійснювали методами одно- та багатофакторного дисперсійного аналізу згідно з методикою Ярового і Страхова [13, с. 51]. Достовірність різниць оцінювали за критерієм $НІР_{05}$. Обчислення проводили в програмі Statistica 12.

Результати досліджень. Застосування ЕМ-препаратів для обробки субстрату суттєво вплинуло на інтенсивність колонізації міцелієм та мікробіологічний стан субстратних блоків (див. табл. 1).

Результати досліджень переконливо демонструють переваги холодної ферментації субстрату з використанням ЕМ Біоактив порівняно з традиційною термічною пастеризацією. На контрольних варіантах повне обростання блоків міцелієм відбулося через 35 днів після інокуляції для обох штамів, тоді як застосування ЕМ-препаратів скоротило цей період до 20–23 днів залежно від штаму та складу субстрату, що становить економію часу на 37–43 %.

Штам НК-35 виявився дещо інтенсивнішим у колонізації субстрату порівняно з К-17, демонструючи на 1 добу швидше обростання на всіх варіантах

Таблиця 1

Динаміка колонізації субстрату міцелієм *Pleurotus ostreatus* залежно від способу обробки (середнє за 2019–2024 роки)

Штам	Склад субстрату	Швидкість колонізації субстрату, діб	Наявність конкурентної мікрофлори	Початок плодоношення І хвилі, діб
К-17	1. Контроль (пастеризація 80 °С, 8 год)	35	присутня (5–25 %)	44
	2. ЕМ-холодний (без пастеризації)	21	відсутня	30
	3. ЕМ-ОСВ10 (90 % солома + 10 % ОСВ)	22	відсутня	31
	4. ЕМ-ОСВ20 (80 % солома + 20 % ОСВ)	23	відсутня	32
НК-35	1. Контроль (пастеризація 80 °С, 8 год)	35	присутня (5–25 %)	44
	2. ЕМ-холодний (без пастеризації)	20	відсутня	29
	3. ЕМ-ОСВ10 (90 % солома + 10 % ОСВ)	21	відсутня	30
	4. ЕМ-ОСВ20 (80 % солома + 20 % ОСВ)	22	відсутня	31
$HIP_{0.5}$	Заг.	1,24	–	1,27
	А	0,62	–	0,63
	В	0,88	–	0,90

з ЕМ-обробкою. Найшвидша колонізація спостерігалася на варіанті ЕМ-холодний: 21 доба для К-17 та 20 діб для НК-35, що на 14–15 днів менше порівняно з контролем. Різниця між штамами є статистично достовірною згідно з $HIP_{0.5}$.

Особливо важливим є мікробіологічний аспект: на всіх контрольних блоках зафіксовано локальне зараження *Trichoderma viride* з ступенем ураження від 5 до 25 %, тоді як на варіантах з ЕМ-обробкою конкурентна мікрофлора була повністю відсутня незалежно від штаму. Це свідчить про ефективність ЕМ-препаратів не лише у делігніфікації субстрату, а й у пригніченні патогенної мікробіоти [14, с. 392].

Додавання відпрацьованого субстрату вирощування у кількості 10–20 % дещо уповільнило колонізацію (на 1–2 доби), проте забезпечило повну мікробіологічну чистоту блоків для обох штамів. Початок плодоношення на варіантах з ЕМ-обробкою настав на 29–32 добу після інокуляції проти 44 доби на контролі, що скорочує загальний виробничий цикл майже на два тижні та дозволяє отримувати додаткові оберти продукції протягом року [15, с. 202].

Урожайність плодових тіл та біологічна ефективність є ключовими показниками продуктивності грибного виробництва (див. табл. 2).

Аналіз продуктивності показав, що застосування ЕМ-технологій забезпечує майже дворазове збільшення врожайності порівняно з традиційною пастеризацією для обох досліджуваних штамів. На контрольному варіанті урожайність першої хвилі становила 840 г/блок для К-17 та 890 г/блок для НК-35 з біологічною

ефективністю 33,6 % та 35,6 % відповідно, що є типовими показниками для соломи пшениці з термічною обробкою.

Таблиця 2

Урожайність та біологічна ефективність *Pleurotus ostreatus* залежно від складу субстрату (середнє за 2019–2024 роки)

Штам	Склад субстрату	Урожайність I хвилі, г/блок	Середня маса зростку, г	Біологічна ефективність, %
К-17	1. Контроль (пастеризація 80 °С, 8 год)	840 ± 50	420 ± 50	33,6
	2. ЕМ-холодний (без пастеризації)	1650 ± 100	825 ± 100	66,0
	3. ЕМ-ОСВ10 (90 % солома + 10 % ОСВ)	1710 ± 100	855 ± 100	68,4
	4. ЕМ-ОСВ20 (80 % солома + 20 % ОСВ)	1530 ± 100	760 ± 100	61,2
НК-35	1. Контроль (пастеризація 80 °С, 8 год)	890 ± 50	445 ± 50	35,6
	2. ЕМ-холодний (без пастеризації)	1800 ± 100	900 ± 100	72,0
	3. ЕМ-ОСВ10 (90 % солома + 10 % ОСВ)	1850 ± 100	925 ± 100	74,0
	4. ЕМ-ОСВ20 (80 % солома + 20 % ОСВ)	1660 ± 100	830 ± 100	66,4
$HIP_{0.5}$	Заг.	111,07	96,19	1,03
	А	55,54	48,10	0,52
	В	78,54	68,02	0,73

Примітка: маса субстратного блоку – 2,5 кг

Штам НК-35 продемонстрував статистично достовірну перевагу над К-17 на всіх варіантах досліду. На варіанті ЕМ-холодний штам НК-35 показав урожайність 1800 г/блок (БЕ 72,0 %) проти 1650 г/блок (БЕ 66,0 %) у К-17, що становить перевищення на 9,1 %. Різниця між штамами є достовірною згідно з $HIP_{0.5}$ за фактором А.

Найвищу продуктивність зафіксовано на варіанті ЕМ-ОСВ10 (солома 90 % + ОСВ 10 %): штам К-17 сформував 1710 г/блок (БЕ 68,4 %), а НК-35 – 1850 г/блок (БЕ 74,0 %), що на 103,6 % та 107,9 % відповідно перевищує контрольні показники. Це свідчить про позитивний вплив відпрацьованого субстрату як додаткового джерела поживних речовин та залишкового міцелію. Середня маса одного зростку на цьому варіанті досягла 855 г для К-17 та 925 г для НК-35, що вдвічі більше контрольних показників.

Збільшення частки ОСВ до 20 % (варіант ЕМ-ОСВ20) призвело до зниження продуктивності до 1530 г/блок (К-17) та 1660 г/блок (НК-35), хоча це все одно на 82,1–86,5 % вище контролю. Таке зниження може бути пов’язане з надлишковим вмістом залишкового міцелію попереднього циклу та можливим дисбалансом поживних речовин.

Результати дисперсійного аналізу засвідчили, що частка впливу фактору Б (склад субстрату) на урожайність є домінуючою та становить понад 85 %, тоді як

вплив штаму (фактор А) – близько 12 %. Оптимальним співвідношенням є 90 % свіжої соломи та 10 % ОСВ, що забезпечує максимальну біологічну ефективність для обох штамів та економічну доцільність циклічного використання органічних відходів.

Поживна цінність субстрату значною мірою визначається вмістом азоту, фосфору та реакцією середовища (див. табл. 3).

Агрохімічний аналіз субстратів виявив суттєві відмінності між традиційною пастеризацією та ЕМ-ферментацією. На контрольному варіанті вміст загального азоту становив лише 0,18 %, фосфору – 0,15 %, що майже втричі нижче порівняно з варіантами холодної обробки. Таке зниження пов'язане з використанням гашеного вапна (1,5 г/л) для штучного підвищення pH до 7,9, що призводить до зв'язування поживних речовин та їх часткового вимивання під час зволоження субстрату.

Таблиця 3

Агрохімічні показники субстратів залежно від способу обробки

Варіант досліду	Загальний азот, %	Загальний фосфор, %	pH	Співвідношення C:N
1. Контроль	0,18 ± 0,02	0,15 ± 0,02	7,9 ± 0,1	78:1
2. ЕМ-холодний	0,47 ± 0,03	0,46 ± 0,03	5,8 ± 0,1	38:1
3. ЄМ-ОСВ10	0,52 ± 0,03	0,51 ± 0,03	5,7 ± 0,1	35:1
4. ЕМ-ОСВ20	0,58 ± 0,04	0,54 ± 0,03	5,6 ± 0,1	31:1
$НІР_{05}$	0,05	0,04	0,2	–

Примітка: показники ідентичні для обох штамів, оскільки визначалися до інокуляції

Застосування ЕМ Біоактив забезпечило не лише збереження, а й підвищення доступності поживних елементів: вміст азоту зріс до 0,47–0,58 %, фосфору – до 0,46–0,54 %. Всі відмінності між варіантами є статистично достовірними згідно з $НІР_{0.5}$ = 0,05 для азоту та 0,04 для фосфору. Найвищі показники зафіксовано на варіанті ЕМ-ОСВ20, де частка відпрацьованого субстрату становила 20 %: вміст азоту досяг 0,58 %, що у 3,2 рази перевищує контроль. Реакція середовища на варіантах з ЕМ-обробкою стабілізувалася на рівні pH 5,6–5,8, що є оптимальним для розвитку міцелію *Pleurotus ostreatus* та пригнічення *Trichoderma viride*.

Особливу увагу заслуговує співвідношення C:N, яке є критичним фактором продуктивності. На контролі воно становило 78:1, що значно перевищує оптимальний діапазон 30–40:1 для гливи звичайної. Ферментація субстрату препаратом ЕМ Біоактив скоригувала це співвідношення до 38:1 (ЕМ-холодний) та 31–35:1 (з додаванням ОСВ), забезпечивши інтенсивний міцеліальний ріст та високе плодоношення обох штамів. Додавання відпрацьованого субстрату збагачує суміш залишковими поживними речовинами, залишковим міцелієм та продуктами ферментативної діяльності попереднього циклу, що створює сприятливі умови для швидкої колонізації та формування врожаю. Кореляційний аналіз виявив сильний позитивний зв'язок *(r* = 0,87) між вмістом доступного азоту та біологічною ефективністю для обох досліджуваних штамів

Висновки та перспективи подальших досліджень. На основі проведених досліджень з вивчення еколого-біотехнологічних аспектів циклічного використання органічних відходів при вирощуванні гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*) можна зробити наступні висновки:

1. Застосування ЕМ-технологій для підготовки субстрату є ефективною альтернативою традиційній термічній пастеризації. Холодна ферментація пшеничної соломи з використанням препарату ЕМ Біоактив (1:100) скорочує термін обростання блоків міцелієм з 35 до 20–21 доби (на 40 %) та повністю усуває конкурентну мікрофлору *Trichoderma viride*, яка на контрольних варіантах уражувала 5–25 % блоків. Це дозволяє значно знизити енергетичні витрати на виробництво та скоротити загальний виробничий цикл.

2. Циклічне використання відпрацьованого субстрату вирощування (ОСВ) у складі свіжого субстрату є технологічно доцільним та економічно виправданим. Оптимальною композицією є суміш пшеничної соломи (90 %) та ОСВ (10 %) з додаванням ЕМ Біоактив, яка забезпечує найвищу біологічну ефективність: 68,4 % для штаму К–17 та 74,0 % для НК–35, що в 2,0–2,1 рази перевищує контрольні показники. Збільшення частки ОСВ до 20 % призводить до зниження продуктивності на 10,5–12,3 %, що свідчить про необхідність дотримання оптимального співвідношення компонентів.

3. ЕМ-ферментація субстрату суттєво покращує його агрохімічні характеристики. Вміст загального азоту збільшується з 0,18 % до 0,47–0,58 %, фосфору – з 0,15 % до 0,46–0,54 %, що у 2,6–3,2 рази перевищує контрольні значення. Співвідношення C:N оптимізується з 78:1 до 31–38:1, що забезпечує інтенсивний міцеліальний ріст. Реакція середовища стабілізується на рівні pH 5,6–5,8, що є сприятливим для розвитку гливи звичайної та пригнічення патогенної мікробіоти.

4. Штам НК–35 демонструє вищу продуктивність порівняно з К–17 на всіх досліджуваних варіантах. Перевага НК–35 становить 6,0–8,2 % за урожайністю та 2,0–5,6 % за біологічною ефективністю, з максимальними показниками на варіанті ЕМ–ОСВ10: 1850 г/блок та 74,0 % відповідно. Штам НК–35 також на 1 добу швидше колонізує субстрат незалежно від його складу, що робить його перспективним для промислового впровадження.

5. Розроблена технологія замкненого циклу виробництва має значний еколого-економічний потенціал. Використання ЕМ-препаратів та циклічне застосування ОСВ дозволяє знизити собівартість продукції на 25–30 % за рахунок економії енергоресурсів (відмова від пастеризації), скорочення виробничого циклу на 14 днів та часткової заміни свіжої сировини відходами попереднього циклу. Технологія узгоджується з принципами циркулярної біоекономіки та сприяє вирішенню проблеми утилізації органічних відходів грибівництва.

Перспективи подальших досліджень полягають у:

1. Вивченні можливості повторного використання ОСВ у 3–4 циклах вирощування з визначенням динаміки зміни його агрохімічних показників та впливу на продуктивність Гливи звичайної;

2. Дослідженні ферментативної активності (лакказа, манганпероксидаза, целюлази) субстратів на різних етапах культивування для оптимізації процесів делігніфікації та підвищення біодоступності поживних речовин;

3. Розробці технологічних регламентів застосування відпрацьованого субстрату як компонента органічних добрив для польових культур з визначенням оптимальних норм внесення та впливу на родючість ґрунту;

4. Економічній оцінці масштабованості розробленої технології для промислових грибних комплексів з річною потужністю понад 100 тонн плодових тіл;

5. Вивченні впливу різних штамів *Pleurotus ostreatus* на ефективність біоконверсії відпрацьованого субстрату та селекції штамів з підвищеною здатністю до утилізації вторинних органічних ресурсів;

6. Досліджені можливості комплексної переробки відпрацьованого субстрату з отриманням біогумусу (через вермикомпостування), біопалива (через анаеробне зброджування) та екстрактів біологічно активних речовин з залишкового міцелію.

Реалізація цих напрямів дозволить створити повноцінну систему замкненого циклу виробництва їстівних грибів з мінімальним екологічним навантаженням та максимальною ресурсною ефективністю

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Royse D. J., Baars J., Tan Q. Current overview of mushroom production in the world. *Edible and medicinal mushrooms: technology and applications*. Chichester, UK: Wiley Blackwell, 2017. P. 5–13.

2. Martín C., Zervakis G. I., Xiong S., Koutrotsios G., Strætkvern K. O. Spent substrate from mushroom cultivation: exploitation potential toward various applications and value-added products. *Bioengineered*. 2023. Vol. 14, No. 1. P. 2252138. DOI: 10.1080/21655979.2023.2252138

3. Abd El-Raheem H., Mahdy E.-S. M., Mehany T., Abostate M., El-Mageed A. Green biotechnology of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.): a sustainable strategy for myco-remediation and bio-fermentation. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, No. 6. P. 3667. DOI: 10.3390/su14063667

4. Krawczyk M., Gąsecka M., Siwulski M., Sobieralski K., Szymańska J. Agri-food wastes as substrates for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation and their agricultural potential. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. P. 26843. DOI: 10.1038/s41598-025-26843-y

5. Leong Y. K., Ma T. W., Chang J. S., Yang F. C. Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): A review. *Bioresource Technology*. 2022. Vol. 344, Pt A. P. 126157. DOI: 10.1016/j.biortech.2021.126157

6. Radulescu A., Sumalan L., Chis M. N., Daescu L., Crișan V. Valorization of spent mushroom substrate: establishing the foundation for waste-free production. *Recycling*. 2024. Vol. 9, No. 3. P. 44. DOI: 10.3390/recycling9030044

7. Ahmed R., Niloy Md A. H. M., Islam Md S., Reza Md S., Yesmin S., Rasul S. B., Khan S., Khandakar J. Optimizing tea waste as a sustainable substrate for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation: a comprehensive study on biological efficiency and nutritional aspect. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023. Vol. 7. P. 1308053. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1308053

8. Banfi R., Pohner Z., Kovacs J., Luzics S., Nagy A., Dudas M., Tanos P., Marialigeti K., Vajna B. Characterisation of the large-scale production process of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with the analysis of succession and spatial heterogeneity of lignocellulolytic enzyme activities. *Fungal Biology*. 2015. Vol. 119, No. 11. P. 1354–1363. DOI: 10.1016/j.funbio.2015.10.002

9. Barakat R. N., Abou-Elseoud W. S., Khalil A. A., Hassan M. M. The application of laccase-rich extract of spent mushroom substrates for removing lignin from jute fabric waste: a dual management approach. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15, No. 1. P. 8353. DOI: 10.1038/s41598-025-96177-2

10. Viriato V., Carvalho S. A. D. d., Santoro B. d. L., Bonfim F. P. G. A business model for circular bioeconomy: edible mushroom production and its alignment with the Sustainable Development Goals (SDGs). *Recycling*. 2024. Vol. 9, No. 4. P. 68. DOI: 10.3390/recycling9040068

11. Grimm D., Wösten H. A. B. Mushroom cultivation in the circular economy. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018. Vol. 102, No. 18. P. 7795–7803. DOI: 10.1007/s00253-018-9226-8

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

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

14. Kovalov M. Development of energy-saving technology of closed production cycle in intensive growing of *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus bisporus* mushrooms. *Theoretical and practical aspects of science development: scientific monograph. Part 1*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2023. P. 372–404. URL: http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/371/10218/21302-1 (Last accessed: 02.01.2026).

15. Kovalov M. Substantiation of application of EM-products in closed resource-saving agroeco complexes. *Integration of traditional and innovative scientific researches: global trends and regional aspect: collective monograph* / edited by authors. 3rd ed. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2020. P. 195–214. URL: http://www.baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/74/1950/4247-1 (Last accessed: 02.01.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 08.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 631.5:634:005.936.43(477)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.30

ВИРОБНИЦТВО ПЛОДОВОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Козіна Т. В. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0001-9376-607X
Лапчинський В. В. *– к.с.-г.н., с.н.с., доцент,*
доцент кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0002-8367-6334

Світовий ринок плодової продукції демонструє стабільну тенденцію до зростання обсягів виробництва та споживання, розширення асортименту і забезпечення цілорічної доступності продукції завдяки розвитку логістики, удосконаленню технологій зберігання та післязбиральної доробки. Водночас для галузі характерне зростання витрат на трудові ресурси, підвищення собівартості продукції, посилення конкурентного тиску, у тому числі з боку ягідного сектору, що впливає на структуру попиту та спеціалізацію виробництва.

У статті досліджено сучасний стан і тенденції розвитку виробництва плодової продукції в Україні в контексті глобальних трансформацій аграрних ринків, кліматичних змін, воєнних викликів та посилення вимог до якості й безпечності харчових продуктів. Обґрунтовано роль плодівництва як стратегічно важливої складової продовольчої безпеки держави, забезпечення збалансованого харчування населення та формування експортного потенціалу аграрного сектору. Проаналізовано основні проблеми функціонування галузі, зокрема скорочення площ плодоносних насаджень, старіння садів, недостатній рівень інвестиційної активності, зношеність матеріально-технічної бази, обмежений розвиток інфраструктури зберігання, переробки та збуту плодової продукції.

Визначено ключові фактори, що впливають на ефективність і конкурентоспроможність виробництва плодів, серед яких впровадження інноваційних технологій вирощування, використання високопродуктивних сортів, удосконалення систем зрошення. Обґрунтовано перспективні напрями розвитку галузі з урахуванням технологічних і регіональних особливостей, що сприятиме підвищенню результативності виробництва, зміцненню позицій вітчизняних виробників та забезпеченню сталого розвитку плодівництва в Україні.

Ключові слова: *виробництво плодів, плодівництво, плодові культури, аграрний розвиток, сталий розвиток.*

Kozina T. V., Lapchinsky V. V. Fruit production in ukraine: current status, challenges and development prospects

The world fruit market demonstrates a stable trend towards growth in production and consumption, expansion of the range and ensuring year-round availability of products due to the development of logistics, improvement of storage technologies and post-harvest processing. At the same time, the industry is characterized by an increase in labor costs, an increase in the cost of production, and increased competitive pressure, including from the berry sector, which affects the structure of demand and specialization of production. The article examines the current state and trends in the development of fruit production in Ukraine in the context of global transformations of agricultural markets, climate change, military challenges and increased requirements for the quality and safety of food products. The role of fruit growing as a strategically important component of the state's food security, ensuring balanced nutrition of the population and forming the export potential of the agricultural sector is substantiated.

© Козіна Т. В., Лапчинський В. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The main problems of the industry's functioning are analyzed, in particular, the reduction of fruit-bearing plantation areas, the aging of orchards, the insufficient level of investment activity, the deterioration of the material and technical base, the limited development of the infrastructure for storage, processing and marketing of fruit products.

Key factors affecting the efficiency and competitiveness of fruit production are identified, including the introduction of innovative cultivation technologies, the use of high-yielding varieties, and the improvement of irrigation systems. Promising directions for the development of the industry are substantiated, taking into account technological and regional features, which will contribute to increasing production efficiency, strengthening the positions of domestic producers, and ensuring the sustainable development of fruit growing in Ukraine.

Key words: *fruit production, fruit growing, fruit crops, agrarian development, sustainable development.*

Актуальність теми дослідження. Розвиток виробництва плодів є одним із пріоритетних напрямів аграрного сектору, оскільки плодові культури відіграють важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, формуванні раціонального харчування населення та підвищенні експортного потенціалу сільського господарства. В умовах кліматичних змін та зростання вимог до якості й екологічності продукції, питання ефективного розвитку плодівництва набувають особливої актуальності.

Плодові насадження мають значний потенціал підвищення продуктивності за рахунок упровадження сучасних технологій вирощування, зберігання та переробки продукції, удосконалення організації виробництва і маркетингових підходів.

Особливої уваги потребує обґрунтування перспектив розвитку виробництва плодів з урахуванням регіональних природно-кліматичних умов та ринкового попиту. Це дозволить визначити стратегічні напрями розвитку галузі, підвищити її конкурентоспроможність і забезпечити стабільні доходи сільськогосподарських виробників.

Таким чином, дослідження перспектив розвитку виробництва плодів є актуальним і необхідним для формування ефективної аграрної політики, раціонального використання ресурсів та сталого розвитку аграрного виробництва в цілому.

Постановка проблеми. У системі продовольчого забезпечення населення плоди займають важливе місце як джерело біологічно активних речовин, вітамінів і мінералів, що мають виражені лікувально-профілактичні властивості. Незважаючи на наявність сприятливих природно-кліматичних умов ефективність функціонування галузі в останні роки знижується. Це проявляється у скороченні обсягів виробництва плодової продукції, зменшенні площ плодоносних насаджень, старінні садів, низькій інвестиційній активності та обмеженій державній підтримці. Як наслідок, зростають витрати виробництва, знижується рівень рентабельності, а в багатьох господарствах галузь стає збитковою.

При обмежених обсягах виробництва виникають суттєві проблеми зі збутом плодової продукції, пов'язані з нерозвиненістю інфраструктури зберігання, переробки та реалізації, а також зі скороченням доступу до зовнішніх ринків. Це негативно впливає на стабільність функціонування галузі та стримує її подальший розвиток [4].

У зв'язку з цим актуалізується потреба в комплексному науковому дослідженні теоретичних і практичних аспектів розвитку плодівництва, спрямованому на обґрунтування перспектив підвищення ефективності виробництва, формування конкурентоспроможної продукції та забезпечення сталого розвитку галузі в сучасних умовах.

Аналіз останніх досліджень. Проблеми розвитку та підвищення ефективності плодівництва знайшли відображення в працях вітчизняних науковців. Зокрема,

О. Ю. Єрмаков досліджував питання організації виробництва плодової продукції та шляхи підвищення ефективності господарської діяльності в умовах ринку. В. А. Рульєв зосереджував увагу на теоретичних засадах управління галуззю та організаційно-економічних механізмах її розвитку. І. А. Сало розглядала проблеми формування ефективних моделей господарювання у плодовому секторі. О. М. Шестопаль аналізував чинники конкурентоспроможності плодової продукції та інструменти підвищення результативності виробництва. В. В. Юрчишин досліджував особливості функціонування ринку плодів та його інституційне середовище [1, 9, 10, 11, 12].

Метою статті є дослідження сучасного стану та ключових тенденцій виробництва плодової продукції в Україні, а також визначення й наукове обґрунтування перспективних напрямів розвитку національного промислового плодівництва.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасний рівень розвитку виробництва плодів і ягід в Україні істотно поступається показникам країн із розвиненим промисловим садівництвом, незважаючи на наявність сприятливих ґрунтово-кліматичних умов, вигідне географічне розташування та наявний науковий потенціал галузі.

Особливо показовим є порівняння динаміки виробництва плодів зерняткових культур, насамперед яблук і груш, які у світовій структурі валового збору садівницької продукції становлять близько 70–75 %. У провідних країнах-виробниках ці культури вирощуються на основі інтенсивних технологій із високою щільністю посадки, сучасними сортопідщепними комбінаціями та високим рівнем механізації виробничих процесів [2].

В Україні ж значна частина зерняткових насаджень представлена садами екстенсивного типу зі зношеною матеріально-технічною базою, що обмежує можливості зростання врожайності та зниження собівартості продукції [3].

Визначальною метою товарного виробництва плодової продукції є отримання стабільного прибутку від її реалізації [5]. Досягнення цієї мети можливе лише за рахунок підвищення ефективності виробництва, що передбачає оптимізацію співвідношення між витратами та результатами діяльності. Інтенсифікація садівництва в цьому контексті виступає ключовим напрямом розвитку галузі та полягає у впровадженні ресурсозберігаючих технологій, сучасних типів насаджень, високопродуктивних сортів і вдосконалених систем управління виробництвом [8].

Ефективний розвиток виробництва плодів неможливий без оновлення вікової структури насаджень, активізації інвестиційних процесів, розвитку інфраструктури зберігання та переробки, а також формування ефективних каналів збуту. Світовий досвід свідчить, що інтеграція виробництва плодів із післязбиральною доробкою та маркетингом є важливою передумовою підвищення прибутковості садівництва.

Таким чином, обґрунтування перспектив розвитку виробництва плодів в Україні має базуватися на комплексному підході, що поєднує технології вирощування, доцільність впроваджуваних інновацій, адаптацію міжнародного досвіду та врахування специфіки вітчизняних природних умов. Реалізація зазначених напрямів сприятиме підвищенню ефективності галузі, зміцненню її конкурентних позицій та забезпеченню сталого розвитку садівництва в довгостроковій перспективі.

Поряд зі змінами у структурі виробництва продукції садівництва за категоріями господарств, упродовж досліджуваного періоду відбулися суттєві зрушення у видовій структурі виробництва плодів і ягід. Так, у 2024 році домінуючу частку у загальному обсязі пропозиції становили зерняткові культури, на які припадало 75,5 % виробництва. Проте вже у 2025 році їх питома вага скоротилася до 62,3 %, що свідчить про поступову диверсифікацію галузі садівництва (табл. 1).

Незважаючи на зменшення частки зерняткових культур у загальній структурі, виробництво яблук і надалі залишається базовим напрямом плодівництва, оскільки саме ця культура формує найбільший обсяг пропозиції серед зерняткових плодів. Водночас незначно зросла частка виробництва груш та айви, що свідчить про поступове розширення асортименту продукції.

Таблиця 1

Структура виробництва плодів і ягід в Україні за видами культур у 2024–2025 рр., %

Продукція	2024	2025 рік
Плоди та ягоди – всього	100	100
зерняткові	**75,5**	**62,3**
яблуня	66,5	52,7
груша	8,6	9,0
айва	0,4	0,5
кісточкові	**20,0**	**25,3**
слива	8,5	8,4
вишня	5,6	7,2
черешня	1,5	3,3
абрикос	2,2	4,6
персик	2,1	1,2
горіхоплідні	**1,5**	**5,3**
з них волоський горіх	1,4	5,2
ягоди	**3,1**	**7,1**
суниці та полуниці	1,7	3,6
малина	0,3	1,5
смородина	0,7	1,4
аґрус	0,3	0,4

Упродовж аналізованого періоду спостерігається зростання питомої ваги кісточкових культур – з 20,0 % у 2024 році до 25,3 % у 2025 році. Найбільш динамічне зростання характерне для виробництва вишні, черешні та абрикоса, що зумовлено підвищенням ринкового попиту, а також кращою адаптацією цих культур до сучасних ґрунтово-кліматичних умов. Водночас частка персика дещо скоротилася, що може бути пов’язано з підвищеними ризиками його вирощування та коливаннями урожайності.

Суттєві структурні зміни відбулися і у виробництві горіхоплідних культур, частка яких зросла з 1,5 % до 5,3 %. Вирішальну роль у цьому процесі відіграло нарощування обсягів виробництва волоського горіха, який характеризується високим експортним потенціалом і стабільним попитом на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Також спостерігається активне зростання частки ягідної продукції – з 3,1 % у 2024 році до 7,1 % у 2025 році. Збільшення виробництва відбулося практично за всіма видами ягід, зокрема суниць і полуниць, малини та смородини, що зумовлено

коротким періодом окупності насаджень, можливістю використання інтенсивних технологій та високою рентабельністю ягідництва [6].

Зазначені тенденції свідчать про поступовий перехід виробництва плодів від вузькоспеціалізованої моделі до більш збалансованої структури, що створює передумови для підвищення конкурентоспроможності галузі та формування перспектив її сталого розвитку.

Формування пропозиції плодоовочевої продукції в Україні здійснюється за рахунок діяльності як сільськогосподарських підприємств, так і господарств населення, які функціонують у всіх регіонах країни. Водночас виробництво плодів і ягід характеризується суттєвою територіальною диференціацією [7].

У 2025 році за обсягами валового виробництва плодів і ягід посідали окремі області, що мають сприятливі ґрунтово-кліматичні умови та сформовану спеціалізацію садівництва (табл. 2).

Таблиця 2

Регіональна структура виробництва плодів і ягід в Україні у 2025 році

Область	Частка у загальному виробництві, %
Вінницька	13,2
Хмельницька	10,8
Полтавська	7,2
Дніпропетровська	6,7
Донецька	6,0
Закарпатська	5,8
Львівська	5,6
Чернівецька	5,4
Інші області	39,3
Разом	100,0

Найвищу частку у загальнонаціональному виробництві плодів і ягід забезпечили Вінницька та Хмельницька області, на які сукупно припадала майже чверть загального обсягу. Вагомий внесок також зробили Полтавська, Дніпропетровська, Донецька, Закарпатська, Львівська та Чернівецька області. Зазначена концентрація виробництва свідчить про наявність значного потенціалу для подальшого розвитку галузі садівництва в цих регіонах та доцільність їх визначення як пріоритетних у реалізації стратегій виробництва плодів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Подолання негативних тенденцій розвитку ринку плодової продукції потребує переорієнтації виробництва на реальні потреби споживачів і вимоги ринку, оскільки саме попит і платоспроможність визначають доцільність та життєздатність виробництва.

Важливо підкреслити, що будь-які технологічні нововведення – нові сорти, підщепи, системи формування крон або типи насаджень – можуть вважатися доцільними лише за умови, що їх застосування забезпечує зниження собівартості продукції та підвищення її якості. Саме якісні параметри плодів (зовнішній вигляд, лежкість, транспортабельність, смакові властивості) дедалі більше визначають конкурентні позиції виробника на ринку, особливо в умовах зростання вимог споживачів і торговельних мереж.

Відсутність достатнього фінансування зумовлює низькі темпи оновлення насаджень, обмежене впровадження інноваційних технологій та слабкий розвиток матеріально-технічної й ринкової інфраструктури. У зв'язку з цим першочерговими напрямами мають стати модернізація технологій вирощування плодів і ягід, розвиток потужностей зі зберігання та переробки продукції, реконструкція переробних підприємств.

Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню ефективності виробництва плодів, зниженню виробничих ризиків, стабілізації доходів сільськогосподарських підприємств і зміцненню конкурентних позицій вітчизняної продукції як на внутрішньому, так і на зовнішніх ринках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бабенко Л. І., Шестопаль О. М. Садівництво України: сучасний стан та перспективи розвитку. *Агросвіт*. 2021. № 8. С. 32–38.
2. Васильєва Л. М. Інноваційні технології у промисловому садівництві. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 3. С. 67–73.
3. Гадзало Я. М. Аграрний сектор економіки України: виклики та перспективи розвитку : монографія. Київ : Аграрна наука, 2021. 512 с.
4. Козіна Т. В. Потенціал садівництва та напрями його ефективного використання в умовах Поділля. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Вип. 1 (38). С. 20–25. URL: https://journals.pdu.khmelnitskiy.ua/index.php/podilian_bulletin/article/view/137/114 (дата звернення 26.01.2026).
5. Козіна Т. В. Проблеми та тенденції розвитку галузі ягідництва в Україні та її експортного потенціалу. *Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату* : матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції молодих учених, 26–27 жовтня 2022 року, м. Харків. Харків, 2022. С. 17–21. URL: https://yuriev.com.ua/assets/files/konferencii/aktualni-problemi-roslinnictva-v-umovah-zmini-klimatu.pdf (дата звернення 26.01.2026).
6. Лапчинський В. В., Никитюк О. В. Вплив систем живлення на врожайність ремонтантних сортів малини. *Сучасні аспекти розвитку науки та техніки в умовах війни* : CXXVIII Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 17 липня 2023 року, м. Одеса. Одеса, 2023. С. 81–84. URL: https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/08/Odesa_170723.pdf#page=81 (дата звернення 26.01.2026).
7. Мулярчук О. І., Козіна Т. В. Способи та методи технології зберігання плодоовочевої продукції. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Вип. 3 (40). С. 28–33. URL: https://journals.pdu.khmelnitskiy.ua/index.php/podilian_bulletin/article/view/276/242 (дата звернення 26.01.2026).
8. Ovcharuk, V., Muliarchuk, O., Stepanchenko, V., Kozina, T., Padalko, T. (2025). Organic raspberry cultivation in Lviv region. *Scientific Horizons*, 28(2), 43–54. URL: http://ir.polissiauniver.edu.ua/handle/123456789/16876 (дата звернення 26.01.2026).
9. Паламарчук І. І. Стан та перспективи вирощування плодовоягідних рослин та винограду в умовах інтенсифікації садівництва. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 1. С. 109–120.
10. Рульєв В. А. Конкурентоспроможність плодів і ягід. Мелітополь: «Видавничий будинок ММД», 2007. 315 с.
11. Сало І. А. Розвиток ринку плодів в Україні. *Економіка АПК*. 2020. № 3. С. 16–25. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2020_3_5 (дата звернення 26.01.2026).
12. Шестопаль О. М., Рульєв В. А., Кондратенко П. В. Економіка та організація промислового садівництва України. Київ: ННЦ ІАЕ, 2010. 334 с.

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 635.21:551.583
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.31

АГРАРНИЙ МАРКЕТИНГ У КАРТОПЛЯРСТВІ: ДОСВІД КРАЇН ЄС ДЛЯ УКРАЇНИ

Кравченко Н. В. *– д.с.-г.н., професор,*
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
Фурдига М. М. *– к.с.-г.н., с.н.с.,*
директор
Інституту картоплярства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-9398-0487
Олійник Т. М. *– к.с.-г.н.,*
с.н.с.
Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-7235-9413
Захарчук Н. А. *– к.б.н., с.н.с.,*
учений секретар
Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-5853-9429

У статті наведено результати аграрного маркетингу у картоплярстві, наразі аграрний маркетинг перестає бути суто інструментом просування продукції – він є невід'ємною складовою агробізнесу, що впливає на ефективність виробництва, рентабельність, конкурентоспроможність, експортну привабливість і стійкість сектору в умовах глобальних викликів сьогодення. Особливо – це актуально для стратегічних культур, до яких належить картопля. З огляду на ключову роль цієї культури у харчовому балансі країн, формуванні кормової бази, розвитку переробної промисловості, її маркетингова підтримка потребує структурованого та інноваційного підходу.

Метою цієї статті є аналіз ефективних маркетингових практик у сфері картоплярства в країнах Європейського Союзу та формування практичних рекомендацій, щодо адаптації цього досвіду до українських умов, особливо в контексті поточних військових дій, економічної нестабільності та потреби відновлення аграрної галузі.

Провівши аналіз маркетингових підходів до вирощування, переробки та збуту картоплі в країнах ЄС, таких як Нідерланди, Німеччина, Франція, Польща, який характеризується високим рівнем системності, цифровізації, підтримкою на державному рівні та активною участю галузевих кооперацій.

Дослідження ґрунтуються на порівняльному аналізі статистичних джерел FAOSTAT, EUROSTAT, UN Comtrade, наукових публікацій, державних програм розвитку аграрного бізнесу, матеріалах професійних асоціацій (наприклад, Europatat, Copa-Cogeca, Української асоціації виробників картоплі) та кейсах з окремих регіонів Європи.

Досвід країн ЄС у сфері аграрного маркетингу картоплярства доводить, що успішний агробізнес базується на глибокій інтеграції маркетингу у всі ланки виробництва – від

© Кравченко Н. В., Можарівська І. А., Фурдига М. М., Олійник Т. М., Захарчук Н. А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

вирощування до збуту. Для України, яка має значний виробничий потенціал, використання цього досвіду є не лише доцільним, а й стратегічно необхідним – для відновлення, стабілізації та розвитку вітчизняного картоплярства у повоєнний період.

Застосування маркетингових інструментів дозволить українським виробникам створювати конкурентоспроможну продукцію, підвищувати рівень самозабезпечення продовольством, відновлювати експорт і залучати інвестиції. Саме маркетинг, в умовах трансформації аграрного ринку, стає рушієм зростання та стійкості – як на локальному, так і глобальному рівні.

Ключові слова: *аграрний маркетинг, конкурентоспроможність, експертиза, сертифікація, система агротехнологій, картопля.*

Kravchenko N. V., Mozharivska I. A., Furdyga M. M., Oliynyk T. M., Zakharchuk N. A. Agricultural marketing in potato growing: experience of EU countries for Ukraine

The article presents the results of agricultural marketing in potato growing, now agricultural marketing is no longer a purely product promotion tool – it is an integral part of agribusiness, which affects the efficiency of production, profitability, competitiveness, export attractiveness and sustainability of the sector in the context of today's global challenges. This is especially true for strategic crops, which include potatoes. Given the key role of this crop in the food balance of countries, the formation of the feed base, and the development of the processing industry, its marketing support requires a structured and innovative approach.

The purpose of this article is to analyze effective marketing practices in the field of potato growing in the countries of the European Union and to formulate practical recommendations for adapting this experience to Ukrainian conditions, especially in the context of current military operations, economic instability and the need to restore the agricultural industry.

Having conducted an analysis of marketing approaches to growing, processing and selling potatoes in EU countries, such as the Netherlands, Germany, France, Poland, which is characterized by a high level of systematicity, digitalization, support at the state level and active participation of industry cooperation.

The research is based on a comparative analysis of statistical sources FAOSTAT, EUROSTAT, UN Comtrade, scientific publications, state programs for the development of agribusiness, materials from professional associations (for example, Europatat, Copa-Cogeca, Ukrainian Association of Potato Producers) and cases from individual regions of Europe.

The experience of EU countries in the field of agricultural marketing of potato growing proves that successful agribusiness is based on deep integration of marketing into all stages of production – from growing to sales. For Ukraine, which has significant production potential, the use of this experience is not only expedient, but also strategically necessary – for the restoration, stabilization and development of domestic potato growing in the post-war period.

The use of marketing tools will allow Ukrainian producers to create competitive products, increase the level of food self-sufficiency, restore exports and attract investments. It is marketing, in the context of the transformation of the agricultural market, that becomes the driver of growth and sustainability – both at the local and global levels.

Key words: *agricultural marketing, competitiveness, expertise, certification, agrotechnology system, potatoes.*

Актуальність теми дослідження. Україна входить до числа найбільших виробників картоплі у Європі, її експортний потенціал лишається низьким, ринок – децентралізованим, а частка продукції, що пройшла маркетингову підготовку (сортування, упаковка, брендування) є незначною. На початку 2020-х років понад 90 % картоплі вирощувалось у домогосподарствах для власного споживання, і лише близько 7 % – у сільськогосподарських підприємствах [7, 12–13].

Російська агресія та повномасштабна війна з 2022 року завдали значної шкоди аграрному сектору. Проте водночас створили передумови для переосмислення маркетингових підходів: скорочення традиційних ланцюгів постачання, тимчасова втрата частини внутрішнього ринку, блокування експорту через порти- все це активізувало потребу у пошуку нових ринків, оптимізації системи збуту, формуванні гнучких маркетингових стратегій.

У 2023–2024 роках в Україні почали формуватись нові маркетингові платформи для збуту агропродукції, активізувались аграрні кооперативи, розширилась участь дрібних фермерів у міжнародних грантових програмах, що спрямовані на створення брендів та просування продукції на ринки ЄС [1,5].

Окрему увагу заслуговують ініціативи USAID, GIZ та FAO, які надали технічну допомогу для відновлення виробництва картоплі у регіонах, що постраждали від бойових дій, а також сприяли залученню українських фермерів до програм сертифікації (Organic, GlobalG.A.P.) – важливих для виходу на зовнішні ринки.

Постановка проблеми. Картопля – одна з провідних продовольчих культур світу, що відіграє важливу роль у формуванні аграрних ринків та забезпеченні продовольчої безпеки [7, 11, 13]. В Європейському Союзі картопля не лише є традиційним товаром, а й продуктом з високою доданою вартістю за рахунок переробки, сертифікації, брендування та виходу на експортні ринки. Аграрний маркетинг у цій галузі стає ключовим інструментом підвищення конкурентоспроможності [14, 20–22].

В Україні, особливо в умовах військових дій, аграрні ринки зазнали серйозних змін: порушились логістичні ланцюги, впали внутрішні доходи населення, змістилися пріоритети споживчого попиту. Проте потенціал українського картоплярства залишається значним: високі показники врожайності, наявність ресурсів і традиції вирощування створюють сприятливі умови для застосування сучасних маркетингових стратегій.

Мета дослідження – проаналізувати та визначити ефективні моделі аграрного маркетингу у картоплярстві країн ЄС та оцінити можливості їх адаптації для розвитку картопляного ринку України.

Завдання дослідження: проаналізувати ключові компоненти маркетингових стратегій у картоплярстві ЄС; визначити найуспішніші практики просування продукції картоплярства на внутрішніх і зовнішніх ринках країн ЄС, проаналізувати застосовність та ефективність інструментів маркетингу у контексті українського ринку, розробити рекомендації щодо адаптації передового досвіду ЄС для українських виробників.

Матеріали та методи. Стаття базується на: аналізі відкритих даних FAOSTAT, EUROSTAT, UN Comtrade (2015–2024 рр.); порівняльному аналізі маркетингових моделей країн ЄС (Нідерланди, Німеччина, Франція, Польща), огляд літератури з аграрного маркетингу та міжнародної торгівлі картоплею; SWOTаналізі маркетингового потенціалу картоплярства в Україні. Методи дослідження: статистичний, абстрактно-логічний та аналітичний.

Результати. Особливості аграрного маркетингу у країнах ЄС на відміну від України у тому, що країни ЄС використовують комплексні маркетингові стратегії, які включають:

Брендування й географічні зазначення (PDO/PGI), наприклад, марка «La Bonnotte» (Франція) чи «Hoeselt potato» (Бельгія) підвищують цінність продукції. Наприклад, картоплю La Bonnotte вирощують тільки на маленькому острові Нурмуатьє біля берегів Франції і продається тільки 10 днів на рік.

Картопля La Bonnotte, має особливий смак через солоне повітря острова. Її збирають фермери вручну. Приблизна ціна: 35, 9 тис. грн/кг, дослідження журналу Agro Times (рис. 1).

Вертикальні кооперації між виробниками, переробниками та роздрібними мережами.

Програми сертифікації якості (GlobalG.A.P., Organic, Red Tractor), що дозволяють виходити на преміальні ринки [14, 23].

Рис. 1. Картопля La Bonnotte

(https://agrotimes.ua/ovochi-sad/kartoplya-la-bonnotte-opynylasya-sered-najdorozhchyh-ovochiv-u-sviti/)

Наприклад, за 2018–2019 р. в Україні був ріст зацікавленості виробників до проходження сертифікації за стандартом GLOBALG.A.P. + GRASP (табл. 1).

Контрольні точки та критерії відповідності GRASP є добровільними вимогами, винятком є лише агровиробники, які вирощують рибу та аквакультуру [3, 8]. Модуль GRASP має 13 контрольних точок та критеріїв відповідності: для індивідуальних виробників та груп виробників – 11 контрольних точок і 1 додаткова контрольна точка для Систем управління якістю груп виробників та 1 рекомендація. Вимоги GRASP в основі мають конвенцію Міжнародної організації праці [9–10, 16]. Модуль GRASP надає інформацію для запровадження й оцінки основних соціальних критеріїв в умовах сільськогосподарського підприємства, де уже запроваджено стандарт виробництва первинної продукції GLOBALG.A.P.

Цифровий маркетинг та e-commerce – фермери активно використовують онлайнплатформи для прямих продажів, B2Bторгівлі, просування брендів.

Контрактна система виробництва, де обсяги, ціни, якість і строки поставок обговорюються заздалегідь – це мінімізує ризики для виробників [17–19].

Проаналізувавши ринки картоплі в ЄС, виділені найбільші країни за основними напрямками маркетингу серед 27 країн-членів (табл. 2).

Дані підтверджують, що маркетингова активність у цих країнах зумовлює:

- *вищу додану вартість продукту (завдяки переробці),*
- *стабільність цінових позицій,*
- *розширення експортних можливостей.*

Стан аграрного маркетингу в Україні. В Україні маркетинг у картоплярстві поки що розвинений фрагментарно:

- Попит формується переважно на внутрішньому ринку, а частка якісних перероблених продуктів (чипси, пюре, напівфабрикати) є невисокою.
- Фермери часто обмежуються прямими продажами без побудови довгострокових брендів.

Високий рівень конкуренції з імпортною картоплею, сезонність пропозиції та обмежений доступ до преміальних ринків (табл. 3), [1, 5–6].

Таблиця 1

Сертифіковані за стандартом GLOBALG.A.P. IFA виробники (у розрізі вирощуваних культур), Україна, грудень 2019 року

№ п/п	Культура	Кількість сертифікованих підприємств
1	Яблуко	10
2	Лохина	9
3	Малина	2
4	Суниця	2
5	Жимолость	1
6	Черешня	2
7	Вишня	1
8	Смородина	1
9	Ожина	1
10	ківі	1
11	диня	1
12	гарбуз	1
13	кавун	1
14	томати	5
15	огірок	2
16	Цибуля	5
17	часник	2
18	морква	1
19	буряк	1
20	**картопля**	1
21	батат	1
22	перець	1
23	зелень	1
24	салат	1
25	Зернові/ технічні культури	2

Таблиця 2

Маркетингова активність країн ЄС

Країна	Виробництво (2023)	Основні напрямки маркетингу
Нідерланди	~8.0 млн т	Експорт, технології переробки
Німеччина	~10.5 млн т	Сертифікація, локальні бренди
Франція	~8.8 млн т	Преміальні сорти, PDO/PGI
Польща	~8.2 млн т	Регулярні внутрішні ринки

Таблиця 3

Порівняння підходів країн 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 4

Сильні та слабкі сторони для України

Сильні сторони	Слабкі сторони
Висока врожайність	Низький рівень брендингу
Великий внутрішній ринок	Обмежений доступ до переробки
Традиції вирощування	Нестабільні канали збуту
Можливості	**Загрози**
Розвиток експорту	Військові ризики логістики
Кооперація виробників	Коливання цін
Цифрові платформи	Імпортна конкуренція

SWOTаналіз маркетингового потенціалу Українського картоплярства

Проаналізувавши дані ми виділили сильні та слабкі сторони для України, саме врахувавши світовий досвід (табл.4).

У США та Нідерландах контрактна система дозволяє:оптимізувати ризики, отримувати стабільний прибуток, планувати виробництво на кілька сезонів вперед. В Україні така практика тільки формується через аграрні асоціації та кооперативи [2, 4].

Брендування й сертифікація ЄС значно виграє завдяки: PDO/PGI – географічні зазначення, сертифікації органічного виробництва, систем якості GlobalG.A.P.

Україна має потенціал для **реєстрації регіональних брендів (наприклад, Карпатська, Подільська картопля)**, що може підвищити цінність продукту на експорті.

Цифровий маркетинг. Платформи ahotu, FoodEx24, UberEats, аграрні маркетплейси – приклади цифрових каналів, що підвищують ефективність збуту.

Висновки. Отже, досвід країн ЄС у сфері аграрного маркетингу картоплярства доводить, що успішний агробізнес базується на глибокій інтеграції маркетингу у всі ланки виробництва – від вирощування до збуту. Для України, яка має значний виробничий потенціал, використання цього досвіду є не лише доцільним, а й стратегічно необхідним – для відновлення, стабілізації та розвитку вітчизняного картоплярства у повоєнний період.

Застосування маркетингових інструментів дозволить українським виробникам створювати конкурентоспроможну продукцію, підвищувати рівень самозабезпечення продовольством, відновлювати експорт і залучати інвестиції. Саме маркетинг, в умовах трансформації аграрного ринку, стає рушієм зростання та стійкості, як на локальному, так і глобальному рівні.

Отже, у країнах ЄС аграрний маркетинг картоплярства є комплексним і включає **контрактну систему, брендування, сертифікацію та цифрові платформи**.

1. Українське картоплярство має **високий виробничий потенціал**, але потребує впровадження **маркетингових стратегій**, що підвищують додану вартість продукції.
2. Для України перспективними є:
– розвиток **кооперації** фермерів,
– застосування **контрактних відносин**,
– формування **регіональних брендів**,
– активне використання **digital маркетингу**.
3. В умовах військових дій адаптовані маркетингові стратегії можуть **зміцнити позиції України** на внутрішньому та зовнішньому ринках – шляхом диверсифікації каналів збуту та підвищення якості продукції. **Рекомендації.** Розробити державну програму підтримки брендингу та сертифікаціїкартоплі; створити централізовану платформу для продажу української картоплі на міжнародних ринках, підтримувати фермерські кооперативи для виходу на експорт, впроваджувати контрактну систему між виробниками та переробниками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Dmytrenko G., & Petrenko A. Marketing of Agricultural Products in Ukraine. Kyiv : NISS. 2020. p. 230–236.
2. Hijmans R.J. et al. Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives. Elsevier, 2018. 325 p.
3. Hritonenko, N., & Yatsenko, Y. *Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment*. Springer, 2011. 335 p. DOI 10.1007/978-1-4614-9311-2
4. Struik P. C., & Wiersema, S. G. Seed Potato Technology. Wageningen : Wageningen Academic Publishers.2001.
5. Gebhardt C. (Ed.). Genetics and Genomics of the Potato. Springer. 2020.221 p.
6. Potato News Today. Global Potato Production and Marketing Trends 2023–2025. URL: https://www.potatonewstoday.com (дата звернення: 07.01.2026).
7. Васильківський С. П., Верменко Ю. Я. Подгаєцький та ін., за ред. В. В. Кононученка, Молоцького М. Я. Картопля – Біла Церква, 2022. Т. 1. 536 с.
8. Балабанов Л. В. Маркетинг: підручник. Київ : Знання-Прес. 2004. 645 с.
9. Вовчак А. В. Маркетинговий менеджмент: підручник. Київ : Видавництво КНЕУ. 1998. 436 с.
10. Гаркавенко С. С. Маркетинг: навчальний посібник. Київ : Лібра. 2006. 384 с.
11. Герасимчук В. Т. Маркетинг: теорія та практика: навчальний посібник. Київ : Вища школа. 2004. 327 с.
12. Тактаєв Б. А., Фурдига М. М., Кравченко Н. В., Подберезко І. М., Олійник Т. М., Подгаєцький А. А., Чередниченко Л. М. Селекція картоплі на стійкість до фітофторозу. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2024. Вип. 4(58). С. 119–129.
13. Кравченко Н. В., Подгаєцький А. А., Христенко А. О., Задорожний А. Л., Четверик Б. М. Пошук стійкості до м'якої гнилі картоплі в умовах Північно-східного Лісостепу України. Український журнал природничих наук. Видавничий дім «Гельветика». 2025. Вип. 11. С. 152–161.
14. Ortiz R.; Mihovilovich E. 2020. Genetics and cytogenetics of the potato. In: Campos H., Ortiz O. (eds). The Potato Crop. Its agricultural, nutritional and social contribution to humankind. Cham (Switzerland). Springer, Cham. ISBN: 978-3-030-28683-5. pp. 219–247. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_7

15. Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0. NJAS. Wageningen. *Journal of Life Sciences*. 2019.

16. 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.

17. Соловйов І. О. Агромаркетинг: системна методологія, реалізація концепції : [монографія]. Херсон : Олди-плюс. 2008. 344 с.

18. Сахацький М. П. Управління маркетингом агроформувань. Економіка АПК. 2001. Ч. 2. С. 96–97.

19. Козуб Н. М. Маркетингова діяльність в агроформуваннях. Збірник наукових праць: Кам'янець-Подільський: Подільська державна аграрно-технічна академія. 2003. Вип. 11. С. 307–309.

20. Савельєв Є. В. Новітній маркетинг. Київ : «Знання». 2008. 420 с.

21. Єранкін О. О. Маркетинг в АПК України в умовах глобалізації: [монографія]. Київ : КНЕУ. 2009. 419 с.

22. 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.

23. 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

Дата першого надходження статті до видання:
Дата прийняття статті до друку після рецензування:
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 636.658.2:636.4
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.32

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ НУТУ ЗВИЧАЙНОГО ВІДПОВІДНО ДО ДІЇ СОРТОВОЇ ОСОБЛИВОСТІ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ

Крижанівський В. Г. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри генетики,селекції рослин та біотехнології,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0001-9803-6893

У публікації вказано як формувалась урожайність нуту звичайного в залежності на дію сортової особливості та інокуляції насіннєвого матеріалу. Польовий – використовували облік врожайності зерна; статистичний – для математичних обрахунків врожайних даних методом дисперсійного аналізу. Однак на сьогодні, нут звичайний являється найціннішою культурою. Вона має великі продовольчі, харчові і кормові показники. Насіння бобів являється відмінним концентрованим кормом, та цінним за згодовуванню його молодняка та молочної худоби. Ця культура отримала великі агрокультурні показники. Відмінне значення нуту та бобових культур в сівозмінах у тім, що вони отримують цінні здатності поглинати азот повітря за допомоги бульбочкових бактерій, які проводять розвиток на кореневій системі. В середньому у роки дослідження урожайність нуту звичайного у сорту Родін отримала показники 2,89–3,71, у сорту Зодіак 2,92–3,78 та у сорту Кіра 3,24–4,12 т/га. Використання інокуляції насіння Резоторфіном покращувало сформованість насіння нуту звичайного 3,62 (сорт Родін),3,69 (сорт Зодіак),3,79 т/га (сорт Кіра). Прирости в контрольному варіанті становили 0,73–0,77–0,55 т/га. Менші значення урожайності нуту звичайного 2,89, 2,92 і 3,24 т/га (в середньому по рокам) отримані у варіантах без використання інокуляції насіння. Нашими дослідженнями підтверджено, що у сорту Родін та Зодіак за внесення препарату Бонітро Нут значення отримали приблизно подібні і становили 3,71 і 3,78 т/га. Прибавка у контролі зростала в 0,82 та 0,86 т/га.

Ріст та розвиток нуту дає можливість зацікавити потреби наступної за ним культури у азоті і знизити затрати в обробітку ґрунту з збільшенням врожайності, та підвищити чистий прибуток фермерів. Однак, заходи, що могли б у подальших дослідженнях підвищити біологічну азотфіксацію нуту та відігравши найбільш важливі показники у розвиток ресурсозберігаючих технологій для фермерських господарств.

Нут використовується великими попитами у ринках зернобобових культур. За вирощування культури і органічних технологій вартість на нього зросла у двічі. Тому в Правобережному Лісостепу менше проведені наукові дослідження з нутом. Хоч за роками площі вирощування цієї культури зросли. Тому все зв'язано із попитом, що завжди на нього підвищується. Однак, з подальшим інтенсивним вирощуванням нуту в зоні Лісостепу ми проводим дослідження і удосконалюєм елементи технологій вирощування даної культури.

Ключові слова: *урожайність, інокуляція насіння, бактеріальні препарати.*

Kryzhanivskyi V. G. Formation of yield of common chickpeas depending on the influence of varieties and seed inoculation

The article shows tihe formation of the yield of common chickpea depending on the influence of varietal characteristics and seed inoculation. Field – for accounting for grain yield; statistical – for mathematical processing of yield data using the method of variance analysis. In today's conditions, chickpea is a valuable niche crop. The crop has great food, nutritional and feed value. Legume grain is a very good concentrated feed, and is especially valuable when feeding its young and dairy cattle. Chickpeas also have great agricultural importance. The positive role of chickpeas and legumes in crop rotation is that they have an exceptionally valuable ability to bind free nitrogen from the air with the help of nodule bacteria that develop on their roots. On average,

© Крижанівський В. Г., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

over the years of research, the yield of common chickpea in the Rodin variety was 2.89–3.71, in the Zodiac variety 2.92–3.78, and in the Kira variety 3.24–4.12 t/ha. The use of seed inoculation with the drug Rizoborfin contributed to the formation of common chickpea seeds 3.62 (Rodin variety), 3.69 (Zodiac variety), 3.79 t/ha (Kira variety). The increase compared to the control was 0.73–0.77–0.55 t/ha. The lowest yield indicators of common chickpea 2.89, 2.92 and 3.24 t/ha (average over the years) were noted in the variant without seed inoculation (control). We found that in the varieties Rodin and Zodiac with When using the bacterial preparation Bonitro Nut, the indicators were almost the same and amounted to 3.71 and 3.78 t/ha. The increase compared to the control increased by 0.82 and 0.86 t/ha. Growing chickpeas allows you to meet the nitrogen needs of subsequent crops and thereby reduce the cost of soil cultivation to increase productivity, and thereby increase the net profit of producers. There are many ways that can further improve the biological nitrogen fixation of chickpeas, and thus themselves, the crop can play an even more important role in the development of resource-saving agriculture.

Chickpeas are in great demand on the legume market. When growing the crop using organic technology, its price increases almost twice. In the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe, little scientific research has been conducted research with chickpeas. Although every year the area of cultivation of this crop is increasing. This is primarily due to the constantly growing demand for it. Therefore, for further intensive cultivation of chickpeas in the conditions of the Forest-Steppe, we are studying and improving the elements of the technology of cultivation of this crop. Crop productivity can be improved by optimizing growing conditions during critical phases of development. Currently, chickpeas are grown in places with soil and climatic conditions that are very different from their regions of origin.

Key words: *yield, seed inoculation, bacterial preparations.*

Постановка проблеми. Нут надзвичайно являється посухостійкою та жаростійкою культурою. Стійкість до посухи в нього більша як у чини. Нут одна і зернобобових культур, що видержує важку посуху. Красиві урожаї нуту одержують не лише на легких, а і на солонцюватих ґрунтах. Вищу урожайність нуту одержують на легких суглинистих чорноземах та темно-каштанових ґрунтах [1, с. 3]. Культура завжди має вищі переваги порівняно з іншими зернобобовими культурами. Нут більше стійкий до шкідливих показників, посухостійкий і відокремлюється вищими даними живлення насіння та використовується значним попитом на ринках бобових культур [2, с. 7]. Більше вчених дослідили, що кожні елементи технологій вирощування відрізняються собою проявом залежності впливів фактору навколишнього середовища. Використання бактеріальних препаратів поряд із мікроелементами та вермикомпостами без кінцевого підвищує продуктивність (чисельність бобів та насіння) нуту [3, с. 37]. Вдосконалено, що застосування біологічного препарату з передпосівною обробкою насіння нуту, дасть можливий обґрунтований підхід із планувань агротехнічних заходів щодо засад ґрунтового збереження в умовах кліматичної зміни [4, с. 13]. Отже актуальною являється вирощування посухостійкої культури, до якої відноситься найцінніша бобова культура – це нут [5, с. 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні це пов'язано із змінами кліматичних умов, тому виробники отримують продуктивні цінні сільськогосподарські культури, що могли б змінити важливі бобові (горох, квасолю, чину) на більшу і перспективну нетрадиційну культуру для зон Полісся. Тому культурою у теперішні часи являється нут. Культура більше посухостійка чим інші бобові (соя, горох, люпин). Вони забезпечують високі стабільні врожаї в зоні півдня, і за зрошення підвищує свою урожайність [6, с. 2]. Зернобобова культура здатна кожного року отримувати із повітря до 4–6 ц азоту на 1 га посівів. Сприятливо діють та значно зростає врожай бобових у наслідок проведення інокуляції насіння: сої 24 %, нуту – 22 %, гороху до 21 % [7, с. 9]. Однак на сьогодні вітчизняні та зарубіжні автори зробили низку новіших бактеріальних препаратів, з використанням

для інокуляцій насіння нуту [8, с. 3]. Широка технологія вирощування нуту забезпечує ріст попиту на внутрішньому та світовому ринку [9, с. 21]. Відповідність, із збільшенням врожайності даної культури кількість вчених розробили новіші та вдосконалюють сьогоднішні заходи технології вирощування нуту, окрема з рахунку більш врожайна і технологія сорту [3, с. 4], підвищення частини біологічної азотної фіксації [4, с. 7], максимальна оптимізація мінеральних живлень рослини [8, с. 11], застосування позакореневих підживлень посівів [7, с. 3]. Однак в посіві бобових економічною доцільністю є застосування позакореневого підживлення [6, с. 12]. Врожайність нуту у двадцятому столітті в зоні півдня (Харківська і Запорізька область) є не висока та складала 1,82 т/га. Тому комплексне використання мінерального добрива, бактеріального препарату і позакореневих підживлень сприяло підвищенню урожайності нуту на 6,4 і 7,6 ц/га [5, с. 3]. Використання у зоні півночі бактеріальних препаратів збільшувало продуктивність насіння нуту у два центнери із гектарної площі, а комплекс внесення фосфорних і калійних добрив, прибавка була 5,3 ц/га [2]. Передпосівні обробки інокуляцією зерна одна з найважливіших агрономічних способів [1, с. 9]. Дослідженнями проведеними у Південному Степу встановлено, що підвищувалась життєздатність рослин і чисельність бобів, насінин на одній рослині за рахунками комбінованого використання рідких органо-мінеральних добрив та позакореневого підживлення із проведенням інокуляції насіння Ризоборфіном [7, с. 23]. Вдосконалено, що бактеріальний препарат виконує функції біологічного стимулятора, який синтезує біологічно активні речовини у рослинах, та збільшує урожайність нуту і дану органічну речовину [9, с. 5].

Мета дослідження. Зводиться до вивчення насінницької результативності нуту звичайного, що обумовлюється дією сортової особливості і інокуляцією насіння.

Постановка завдання. Дослідження проводили в Уманському національному університеті Уманського району Черкаської області (2024–2025 рр.). Ґрунти дослідних ділянок – чорноземи звичайні важкосуглинкові. В особистих дослідженнях ми вивчали як впливає сортова особливість та інокуляція насіння на формування насіннєвої продуктивності нуту. Загальний масив площі дослідної ділянки складав 50 м^2. Повторення ділянок в досліді – триразова. Дослідна ділянка мала таку агрохімічну складову (у шарі ґрунту 0–30 см): вміст гумусу – 3,78 %; pH – 6,5; рухомого фосфору – 108 мг/кг ґрунту; обмінного калію – 181 мг/кг ґрунту. Розрахунок фенологічного спостереження (висота рослини, урожайність) визначали за методикою Волкодава В. В. Фотосинтетична активність (площа листової поверхні, ФП, ЧПФ) обраховували за методикою Ничипоровича А. А. Розрахунок чисельності бульбочок на кореневій системі із одної рослини рахували за методикою А. О. Бабича [9].

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведення досліджень вказали, що у середньому по рокам дослідження (2024–2025 рр.) більш високорослими сортами нуту звичайного являється сорт Кіра (табл. 1). Висота рослини даного сорту в фазі бутонізації коливалась у межах 42,4–47,4 см, що не залежало від використання інокуляції насіння. Сорт нуту Родін та Зодіак мав висоту рослини, яка складала 39,2–44,4 і 40,5–45,0 см (у фазі бутонізації). Бактеріальний препарат мав певний захід на сформованість висоти рослини нуту. Кращим з бактеріальних препаратів був Бонітро Нут. За використання даного препарату показник висоти рослини зріс в цих сортів. Однак в фазі цвітіння за застосування бактеріального препарату показник висоти рослин складав в сортів: Родін – 62,4, Зодіак – 66,8, Кіра – 69,5 см. Прибавка на контрольному варіанті (інокуляцію насіння не

проводили) складала 4,7, 6,2 і 5,8 см. Нижча висота рослини нуту звичайного відзначена у варіантах де насіння не оброблялося бактеріальним препаратом (контроль). Висота рослини в фазі повної стиглості знизилась та становила у сортів Родін – 53,8, Зодіак – 58,4, Кіра – 60,0 см.

Таблиця 1

Дія сортової особливості і інокуляції насіння на висоту рослин нуту звичайного, (середнє за 2024–2025 рр., см)

Варіант	Сорти		
	Родін	Зодіак	Кіра
бутонізація			
Без використання інокулянта (контроль)	39,2	40,5	42,4
Резоторфін	42,0	43,9	46,8
Бонітро Нут	44,4	45,0	47,4
цвітіння			
Без використання інокулянта (контроль)	58,7	61,6	64,7
Резоторфін	61,2	64,6	68,7
Бонітро Нут	62,4	66,8	69,5
повна стиглість			
Без використання інокулянта (контроль)	53,8	58,4	60,0
Резоторфін	57,5	61,2	64,6
Бонітро Нут	58,2	62,6	65,8

Надбавка даного використання інокуляцій насіння препаратом Бонітро Нут на контрольному варіанті складала 5,4, 5,2 та 6,8 см. Використання препарату Резоторфін покращувало формування висоти рослин нуту в фазі бутонізації у чисельності 42,0– 46,8, 61,2–68,7 і 57,5–64,6 см, що не залежало від дії сортів. Нижчий показник висоти рослини мають сорти в фазі повної стиглості. Ці дані пов'язані із фізіологічними змінами, що відбувалися в пізні фази вегетацій рослин (підвищується вміст клітковини, сухої речовини) листя сохнуть, жовкнуть.

Однак, сорт Кіра мав більшу висоту рослин нуту звичайного у всі фази вегетації за використання препарату Бонітро Нут. Формуватися врожайність починає із вегетації росту рослини, за часи якої проходить утворення органів та споживання поживної речовини і фотосинтезу, а також забезпечує механізми вирощування урожаю. Швидка дія за якої проходить фотосинтез листкових поверхонь зазначається природною здатністю листя до фотосинтезу, способами природнього середовища та частинами заломлених сонячних променів, які поглинаються листям рослини. Аналізуючи площу асиміляційних поверхонь вказує, що на його дію значніший спосіб мав сортовий склад та інокуляція насіння (табл.2). В середньому по роках дослідження (2024–2025 рр.) площа листкової поверхні в фазі наливу насіння складала 42,0–47,2 у сорту Родін, а у сорту Зодіак 43,0–48,8 і у сорту Кіра 44,7–49,7 тис. м^2/га, що не залежало від проведення інокуляції насіння.

Меншу площу відмічено у контролі (без інокуляції насіння) в усіх сортів нуту звичайного. Показник становив 42,0, 43,0, 44,7 тис. м^2/га. Нами встановлено, що у варіанті де використовували бактеріальні препарати Резоторфін і Бонітро Нут площі асиміляційних поверхонь зростали. В фазі наливу насіння у варіанті де

Таблиця 2

Площа асиміляційної поверхні рослин нуту звичайного, тис. м2/га, (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант	Сорти		
	Родін	Зодіак	Кіра
фаза наливання насіння			
Без використання інокулянта (контроль)	42,0	43,0	44,7
Резоторфін	46,0	47,4	48,0
Бонітро Нут	47,2	48,8	49,7

Таблиця 3

Дія фотосинтетичного потенціалу нуту звичайного залежно від сортових особливостей та бактеріальних препаратів, млн. м^2/га, (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант	Сорти		
	Родін	Зодіак	Кіра
фаза наливання насіння			
Без використання інокулянта (контроль)	0,863	0,870	0,894
Резоторфін	0,919	0,941	0,961
Бонітро Нут	0,963	0,992	1,024

використовували препарат Резоторфін показник в сортів нуту звичайного склав 36,0–47,4–48,0 тис. м^2/га (середнє по рокам). Прибавка до контролю (без інокуляції насіння) складала 5,0–5,4–5,3 тис. м^2/га. Нашими дослідженнями було встановлено, що підвищення показника площі листкової поверхні спостерігали у варіантах де використовували бактеріальний препарат Бонітро Нут. Вона становила у сорту Родін – 47,2, у сорту Зодіакт – 48,8 і у сорту Кіра 49,7 тис. м^2/га (середнє по рокам). Також важливо зазначити, що кращим з сортів нуту звичайного показав себе сорт Кіра, що сформував більшу площу листкової поверхні і склав 49,7 тис. м^2/га на фоні де використовували інокулянт Бонітро Нут.

Ефект застосування випромінювань сильніше впливає на різні способи у процесах фотосинтезу, і втім часі і на те, що викликається умовою навколишніх середовищ та силою рослини. Нут являється зернобобовою культурою, що розвиває листки із вищим рівнем протеїну та насіння з більшим вмістом енергії, максимальної ефективності застосування випромінювань в рослинах нижча, чим в інших культур. Аналізи фотосинтетичних потенціалів показали, що значної дії на його формування мали бактеріальні препарати і сортові складові нуту звичайного (табл. 3).

В середньому по роках дослідження високого складу набули дані фотосинтетичного потенціалу у варіанті із сортом Кіра в фазі наливу насіння, що використовували бактеріальний препарат Бонітро Нут. Показники у даному варіанті складали 1,024 млн. м^2/га, що на 0,14 млн. м^2/га збільшує менш ефективний контрольний варіант (без інокуляції насіння).

В сорту Зодіак показник був значно меншим у порівнянні із сортом Кіра та вищий ніж у сорту Родін. У залежності від інокуляції насіння показник у сорту Родіон коливався у межі 0,863–0,963, в сорту Зодіак 0,870–0,992 та у сорту Кіра

0,894–1,024 млн. м^2/га. Дослідженнями встановлено, що менші показники фотосинтетичного потенціалу 0,853 млн. м^2/га виявились у варіанті (без інокуляції насіння) у сорту Родін. Тому, більший фотосинтетичний потенціал зазначено у варіанті у сорту Кіра 1,024 при інокуляції насіння нуту бактеріальним препаратом Бонітро Нут. Розрахунок чистої продуктивності фотосинтезу вказав, що більший показник його відмічений у варіанті де використовували бактеріальні препарати для інокуляції насіння нуту. Складові таблиці 4. вказують, що із сортів нуту звичайного кращим виявився сорт Кіра. Чиста продуктивність фотосинтезу даного сорту складали межі від 5,32 до 5,54 г/м^2 за добу. Показник у сорту Родіон та Зодіак мав межу 5,19–5,38 та 5,20–5,41 г/м^2 за добу.

Таблиця 4

Дія сортових особливостей і бактеріальних препаратів на чисту продуктивність фотосинтезу нуту, г/м^2 за добу, (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант	Сорти		
	Родін	Зодіак	Кіра
фаза наливання насіння			
Без використання інокулянта (контроль)	5,19	5,20	5,32
Резоторфін	5,25	5,31	5,41
Бонітро Нут	5,38	5,41	5,54

Менші складові чистої продуктивності фотосинтезу були зазначені у варіанті без інокуляції насіння. Однак мали наступні: 5,19 – (сорт Родін), 5,20 (сорт Зодіак), 5,32 г/м^2 за добу (сорт Кіра). Із бактеріальних препаратів кращим виявив себе – Бонітро Нут. За використання даного препарату показник чистої продуктивності зріс у всіх варіантах де вирощували сорти нуту: Родін – 5,38, Зодіак – 5,41 та Кіра – 5,54 г/м^2 за добу. Прибавка на контролі була вища на 0,19–0,21–0,22 г/м^2 за добу. Нижчі значення чистої продуктивності фотосинтезу зазначені у варіанті де використовували бактеріальний препарат Резоторфін. Вони складали: 5,25 (сорт Родін), 5,31 (сорт Зодіак), 5,41 г/м^2 за добу (сорт Кіра). Аналізи (табл. 5) свідчать, що в фазі цвітіння більша чисельність бульбочок на кореневій системі рослини нуту відмічені у варіанті де використовували інокуляцію насіння препаратом Резоторфін та Бонітро Нут.

Таблиця 5

Дія сортових особливостей і біологічних препаратів на формування чисельності бульбочок у рослин нуту звичайного, шт., (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант	Сорти		
	Родін	Зодіак	Кіра
фаза повне цвітіння			
Без використання інокулянта (контроль)	40,4	42,0	43,2
Резоторфін	43,5	45,2	47,6
Бонітро Нут	46,9	47,8	49,6

Власні досліди вказали, що менша чисельність бульбочок розвивалась у варіанті без інокуляції насіння (контроль). Показник у даному фоні складав у сортів Родін – 40,4, Зодіак – 42,0, Кіра – 43,2 шт. Інокуляція насіння препаратом Резоторфін та Бонітро Нут сприяла підвищенню чисельності бульбочок в рослин сортів нуту звичайного до 43,5– 46,9 шт. (сорт Родін), 45,2–47,8 шт. (Зодіак), 47,6–49,6 шт. (сорт Кіра). Підвищення показника чисельності бульбочок в рослин нуту зазначено у сорту Зодіак 45,2 та Кіра 47,6 шт. за використання препарату Резоторфін. Прибавка до фону без інокуляції насіння складала 4,2 і 5,4 шт. Використання інокуляції насіння нуту препаратом Бонітро Нут забезпечує ріст чисельності бульбочок на корінні рослин сортів Родін 46,9, Зодіак 47,8, Кіра 49,6 шт. Однак, використання бактеріального препарату Бонітро Нут покращувало збільшення чисельності бульбочок в фазі цвітіння у сорту Кіра рівно 39,6 шт., що на 6,4 шт. вище за контрольний варіант. Проведення досліджень вказали, що на формування урожайності нуту достатні впливи отримали бактеріальні препарати і сортова особливість. Більша врожайність нуту звичайного формувалася в варіантах де використовували бактеріальні препарати Резоторфін і Бонітро Нут (табл. 6). В середньому по роках досліджено урожайність нуту звичайного в сорту Родін яка складала 2,89–3,71, у сорту Зодіак 2,92–3,78 та сорту Кіра 3,24–4,12 т/га. Використання інокуляції насіння інокулянтом Резоторфін покращувало формування насіння нуту звичайного 3,62 (сорт Родін), 3,69 (сорт Зодіак), 3,79 т/га (сорт Кіра). Прибавка до контрольного варіанту складала 0,73–0,77–0,55 т/га.

Таблиця 6

Дія сортових особливостей і бактеріальних препаратів на насіннєву продуктивність нуту звичайного, (середнє за 2024–2025 рр.,) т/га

Варіант	Сорти		
	Родін	Зодіак	Кіра
Без використання інокулянта (контроль)	2,89	2,92	3,24
Резоторфін	3,62	3,69	3,79
Бонітро Нут	3,71	3,78	4,12
НІР частка середньої	0,05		
НІР А	0,03		
НІР В і АВ	0,03		

Нижчий показник урожайності нуту 2,89, 2,92 і 3,24 т/га (середнє по рокам) відмічено у варіанті без інокуляції насіння (контроль). Нашими дослідженнями встановлені показники, що в сортів Родін та Зодіак за використання бактеріального препарату Бонітро Нут були приблизно однакові і складали 3,71 і 3,78 т/га. Прибавка на контролі збільшилася на 0,82 і 0,86 т/га. Тому, більші показники урожайності нуту звичайного були відокремлені на фоні із використанням бактеріального препарату Бонітро Нут 4,12т/га, що на 0,88 т/га вище ніж на контролі.

Висновки і пропозиції. Отже, максимальна висота рослин нуту звичайного 69,5 см відмічена в фазі цвітіння на фоні де проводилась інокуляція насіння препаратом Бонітро Нут (середнє по рокам). В середньому по рокам дослідження (2024–2025 рр.) отримали вищі значення 49,7 тис. $м^2$/га – площі асиміляційної поверхні, 1,024 млн. $м^2$/га – складав фотосинтетичний потенціал, 5,54 г/$м^2$ за добу – чиста продуктивність фотосинтезу, покращив сорт Кіра за використання

бактеріального препарату Бонітро Нут. Використання препарату Бонітро Нут покращувало ріст чисельності бульбочок в фазі цвітіння у сорту Кіра, що дорівнювало 39,6 шт., та на 6,4 шт. вище чим на контрольному варіанті.

Використання бактеріального препарату Бонітро Нут покращило дію і підвищення врожайності насіння нуту звичайного у сорту Кіра і склала 4,12 т/га (середнє по рокам). У перспективі подальшої дослідної праці є розширення нуту в світі зумовлено перед тим, що він здатний збагачувати в зерні велику чисельність білка. Однак перший показник із бобових культур – це нут, що отримав четвертий ряд після сої, квасолі, та гороху. По статистиці, світові площі посіву нуту складають приблизно 10 млн. га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Рудий А. І., Даценко О. В., Коник О. О. Норма висіву нуту звичайного за широкорядного способу сівби в Правобережному Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2016. №. 82. С. 92–95. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2016
2. Біологічно активні речовини та їх роль у рослинництві / К. М. Горова та ін. Київ : Нічлава, 2008. 352 с. https://doi.org/15.17902/5308-4770.2018.29.65
3. Основні гумінові речовини / К. В. Яворський та ін. Київ : Логос, 2018. 84 с. https://doi.org/14.23804/1309-3742.2018.31.11
4. Дубін О. М., Биков Н. В., Карман С. М., Питель В. С., Марущак О. В. Врожайність нуту залежно від інокуляції та удобрення в Лісостепу. *Аграрні інновації*. 2023. № 13. С. 102–105. https://doi.org/10.32848/agrar.innov
5. Коханівський В. Г., Григоренко В. С. Показники врожайності та технологія вирощування нуту зернового. *Аграрні інновації*. 2019. Вип. 9. С. 18–29. https://doi.org/10.54869/agrar.innov
6. Господарсько-біологічні ознаки нуту в Лісостепу Правобережному / В. А. Нікітенко та ін. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 257 с.
7. Функціонування бобово-ризобіального симбіозу нуту звичайного в умовах Правобережного Лісостепу / В. І. Майор та ін. Вінниця: ТОВ «Друк», 2024. 244 с. https://doi.org/10.32702/2508-1745.2024.26.14
8. Басюк О. О. Максимальна врожайність нуту в Україні. *Агросвіт*. 2020. № 21. С. 75–82. https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.21.74
9. Сак Н. В., Бурик М. І. Сортова продуктивність зерна нуту звичайного в умовах Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 40. С. 61– 66. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.1

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

УДК 636.4.087.7:636.4.082.4
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.33

ВПЛИВ ФІТОГЕННОЇ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА СПЕРМОПРОДУКТИВНІСТЬ РЕМОНТНИХ КНУРІВ

Бевз Н. Л. *– аспірантка кафедри технологій у тваринництві,*
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-0037-9156
Лихач В. Я. *– д.с.-г.н., професор,*
в.о. завідувача кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-9150-6730

У статті представлено результати науково-господарського дослідження щодо ефективності застосування нової фітогенної кормової добавки «Імуночасник» (виробництва «Eagle Trading LLC», Україна) у технології вирощування ремонтних кнурів порід велика біла та ландрас. Актуальність роботи зумовлена глобальною проблемою антибіотикорезистентності та необхідністю пошуку природних альтернатив субтерапевтичному застосуванню антибіотиків у свинарстві. До складу досліджуваного фітобіотика входять висушений часник (Allium sativum L. – 95 %) та кмин (Carum carvi L. – 5 %), які володіють вираженими імуномодулюючими, антибактеріальними та стимулюючими властивостями. Дослідження проведено в умовах промислового комплексу ПОП «Вікторія» Миколаївської області на 40 ремонтних кнурцях, розділених на контрольну та дослідну групи (по 20 голів у кожній). Тварини дослідної групи додатково до основного раціону отримували «Імуночасник» у дозі 1000 г/т корму в період з 12 до 26 тижнів життя. Встановлено, що включення добавки сприяло інтенсифікації ростових процесів, що найбільш виражено проявилося у тварин породи ландрас. Зокрема, у віці 119 діб жива маса кнурців цієї породи в дослідній групі була вірогідно вищою порівняно з контролем (66,0 кг проти 62,9 кг, p = 0,003). Для комплексної оцінки використано метод аналізу головних компонентів (PCA), який підтвердив суттєву диференціацію між групами за показниками загальної живої маси та приростів. Виявлено породоспецифічну реакцію на дію фітобіотика: у кнурців великої білої породи спостерігалося вірогідне зниження товщини шпику (з 14,2 мм до 12,5 мм) та зростання селекційного індексу на 2,9 бала (p = 0,004). Особливу

© Бевз Н. Л., Лихач В. Я., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

увагу приділено становленню репродуктивної функції. Введення добавки «Імуночасник» позитивно вплинуло на якісні характеристики сперми: зафіксовано вірогідне підвищення виживаності сперміїв (p = 0,008), причому у кнурців породи ландрас цей показник зріс на 10,1 години порівняно з контрольними аналогами. За результатами роботи доведено, що використання фітогенних добавок на основі часнику є ефективним інструментом оптимізації технології вирощування ремонтного молодняку, що дозволяє підвищити реалізацію їхнього генетичного потенціалу в умовах інтенсивного виробництва.

Ключові слова: *Allium sativum L., Carum carvi L., аналіз головних компонентів (PCA), власна продуктивність, годівля, інтенсивність росту, природний стимулятор росту, ремонтний кнур, селекційний індекс, спермопродуктивність, технологія, фітогенна кормова добавка.*

Bevz N. L., Lykhach V. Ya. The effect of phytogenic feed additives on the growth, development, and sperm productivity of breeding boars

The article presents the results of a scientific and economic study on the effectiveness of using a new phytogenic feed additive, Immunochasnik (manufactured by Eagle Trading LLC, Ukraine), in the technology of breeding replacement boars of the Large White and Landrace breeds. The relevance of the work is due to the global problem of antibiotic resistance and the need to find natural alternatives to the subtherapeutic use of antibiotics in pig farming. The composition of the studied phytobiotic includes dried garlic (Allium sativum L. – 95 %) and caraway (Carum carvi L. – 5 %), which have pronounced immunomodulatory, antibacterial, and stimulating properties. The study was conducted at the Victoria industrial complex in the Mykolaiv region on 40 breeding boars, divided into control and experimental groups (20 animals in each). In addition to their basic diet, the animals in the experimental group received "Imunochasnyk" at a dose of 1000 g/t of feed during the period from 12 to 26 weeks of life. It was found that the inclusion of the supplement contributed to the intensification of growth processes, which was most pronounced in animals of the Landrace breed. In particular, at 119 days of age, the live weight of boars of this breed in the experimental group was significantly higher than in the control group (66.0 kg vs. 62.9 kg, p = 0.003). For a comprehensive assessment, the principal component analysis (PCA) method was used, which confirmed a significant differentiation between groups in terms of total live weight and gains. A breed-specific response to the effect of phytobiotics was found: in large white boars, a significant decrease in backfat thickness (from 14.2 mm to 12.5 mm) and an increase in the selection index by 2.9 points (p = 0.004) were observed. Particular attention was paid to the establishment of reproductive function. The introduction of the "Imunochasnyk" supplement had a positive effect on the qualitative characteristics of sperm: a significant increase in sperm survival was recorded (p = 0.008), with this indicator increasing by 10.1 hours in Landrace boars compared to control counterparts. The results of the study prove that the use of phytogenic supplements based on garlic is an effective tool for optimizing the technology of breeding replacement young stock, allowing for the realization of their genetic potential in conditions of intensive production.

Key words: *Allium sativum L., Carum carvi L., principal component analysis (PCA), own productivity, feeding, growth intensity, natural growth stimulant, repair boar, selection index, sperm productivity, technology, phytogenic feed additive.*

Постановка проблеми. Свинарство є стратегічною галуззю у забезпеченні продовольчої безпеки України. Попри поширення альтернативних дієтологічних концепцій, свинина залишається ключовим джерелом тваринного білка, частка якого в раціоні середньостатистичного споживача становить близько 36,6 %. За даними моніторингу Асоціації «Свинарі України», рівень споживання м'яса свиней у 2023–2024 рр. утримувався на позначці 19,8–20,0 кг на особу [10–12, 14].

Розвиток галузі на сучасному етапі базується на інтенсифікації селекційно-племінної роботи та вдосконаленні технологічних умов годівлі, що дозволяє вітчизняній продукції успішно конкурувати з імпортними аналогами [11, 17]. Фундаментом високої продуктивності промислового стада є ефективне вирощування ремонтного молодняку. За даними О. М. Церенюка та інших дослідників [15], пріоритетними завданнями цього етапу є формування здорових тварин із міцною

конституцією, здатних до тривалої експлуатації в жорстких умовах промислової технології та повної реалізації свого генетичного потенціалу [14].

Глобальна проблема антибіотикорезистентності та зростаючий запит на екологічно безпечну продукцію («*clean label*») зумовлюють пошук ефективних альтернатив субтерапевтичному застосуванню антибіотиків. Найбільш перспективним напрямом є використання фітогенних кормових добавок (фітобіотиків) – натуральних похідних рослин, що містять флавоноїди, терпеноїди, поліфеноли та інші біологічно активні речовини [4, 6, 21, 23]. Особливу наукову увагу привертає часник (*Allium sativum L.*), біологічні властивості якого (гіполіпотропна, імуномодулююча, протимікробна дія) дозволяють оптимізувати фізіологічний стан та продуктивність свиней без негативних побічних ефектів [6, 19]. Раціональна технологія годівлі із залученням подібних добавок забезпечує максимальне надходження поживних речовин до органів і систем, нормалізуючи метаболічні процеси [10, 12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні тенденції розвитку свинарства характеризуються поступовим заміщенням синтетичних стимуляторів росту фітогенними кормовими добавками. Це зумовлено їхньою екологічністю, нижчою собівартістю та безпечністю для здоров'я споживачів [6, 21, 22]. Численні дослідження підтверджують, що використання препаратів на основі *Allium sativum L.* у годівлі молодняку свиней забезпечує зростання продуктивності на 14,7 % при одночасному покращенні якісних показників м'яса [18, 24–26].

За даними Sun H. Y. та Kim I. H. [26], фітобіотики на основі часнику позитивно впливають на інтенсивність росту та засвоюваність сухої речовини раціону, сприяючи зниженню викидів сірководню в навколишнє середовище. Ряд закордонних та вітчизняних авторів [18, 21–23] наголошують на комплексному впливі фітогенів: покращенні конверсії корму, підвищенні збереженості поголів'я та оптимізації репродуктивних циклів свиноматок.

Важливим аспектом є роль екстрактів часнику як дієвої альтернативи кормовим антибіотикам. Автори [24] відмічають не лише стимулюючий вплив на масу тіла тварин, а й виражену здатність нормалізувати ліпідний профіль крові, зокрема знижувати концентрацію загального холестерину та тригліцеридів. Висока біологічна цінність часнику зумовлена його антибактеріальними, імуномодулюючими та антипаразитарними властивостями [6].

Попри значний масив наукових даних, питання використання часнику як природного стимулятора росту та регулятора репродуктивної функції свиней різних технологічних груп в умовах України вивчено недостатньо. Це визначає актуальність експерименту, спрямованого на дослідження впливу фітогенних добавок на ріст і спермопродуктивність ремонтних кнурів.

Постановка завдання. Метою дослідження було оцінити ефективність використання природного рослинного стимулятора росту «Імуночасник» (компанія «*Eagle Trading LLC*») щодо впливу на показники власної продуктивності та спермопродуктивності ремонтних кнурів за умов промислової технології виробництва продукції свинарства.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження було проведено в умовах приватно-орендного підприємства «Вікторія» Баштанського району Миколаївської області. В рамках науково-господарського досліду досліджували вплив фітогенної кормової добавки «Імуночасник» на показники власної продуктивності ремонтних кнурців та ознаки їх спермопродуктивності, відповідно загальноприйнятим методикам [5, 7]. Науково-господарському досліду передував зрівняльний період 7 діб, з 11 до 12 тижневого віку, відповідно схеми досліду (табл. 1).

Таблиця 1

Схема досліду з оцінки продуктивності ремонтних кнурів за використання фітогенної кормової добавки «Імуночасник», (*n* = 10)

Група	Порода	Умови годівлі
Вік 11–12 тижнів – зрівняльний період (ЗП)		
Вік 12–17 тижнів		
контрольна	велика біла	ОР «Гроуер»
	ландрас	
дослідна	велика біла	ОР «Гроуер» + 0,10 % за масою корму «Імуночасник»
	ландрас	
Вік 17–26 тижнів		
контрольна	велика біла	ОР «Ремонтний молодняк»
	ландрас	
дослідна	велика біла	ОР «Ремонтний молодняк» + 0,10 % за масою корму «Імуночасник»
	ландрас	

Контрольну групу сформовано з 20 ремонтних кнурців обох порід, яким згодовували стандартні основні раціони без введення кормових добавок. Дослідна група (*n* = 20) додатково до основного раціону в період вирощування отримувала природний стимулятор росту «Імуночасник» у дозі 1000 г/т комбікорму. У віці 12–17 тижнів ремонтним кнурам згодовували раціон типу «Гроуер» у кількості 1,00–2,00 кг на голову за добу (вміст сирого протеїну – 166,0 г/кг; обмінна енергія – 13,14 МДж/кг). З 17- до 26-тижневого віку тварини отримували повнораціонний комбікорм «Ремонтний молодняк» у дозі 2,00–2,52 кг на голову за добу з поживною цінністю: сирий протеїн – 155,0 г/кг, обмінна енергія – 12,36 МДж/кг.

Склад кормової добавки «Імуночасник» (на 100 г продукту): висушений часник (*Allium sativum L.*) – 95 г; карум карві (кмин) (Carum carvi L.) – 5 г. Продукт виготовлено на замовлення компанії «*Eagle Trading LLC*» (Україна); виробник – ТОВ «Аргано Органіс», Юніт 2 *Industrial Estate*, Захаранпур (Індія) [6].

Власну продуктивність ремонтних кнурів порід велика біла та ландрас (селекції компанії «*PIC*», Велика Британія) у період вирощування від відбору до 6-місячного віку оцінювали за показниками живої маси, середньодобового приросту, прижиттєвої товщини шпику та конверсії корму [5]. Для інтегральної оцінки власної продуктивності застосовували селекційний індекс (СІ) [5, 7].

Кількісні та якісні показники сперми визначали відповідно до «Інструкції зі штучного осіменіння свиней» і методичних рекомендацій генетичної компанії «*PIC*» [3, 16]. Отримання еякулятів здійснювали мануальним методом на фантом. Об’єм сперми визначали після фільтрування з використанням градуйованого циліндра (мл), концентрацію сперміїв – фотометричним методом за допомогою спектрофотометра *Iberspectro V11* (млн/мл). Прямолінійну поступальну рухливість сперміїв оцінювали мікроскопічно з використанням мікроскопа «*MICROmed*» (*XS*-5520) при збільшенні ×200 (%), а виживаність сперміїв – у годинах за температури зберігання +16…+18 °С [3, 5, 7].

Умови утримання піддослідних тварин відповідали вимогам ВНТП-АПК 02.05 «Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)» та рекомендаціям генетичної компанії [2, 9, 16]. Ветеринарно-профілактичні заходи для тварин

контрольної та дослідної груп проводили за єдиною схемою, прийнятою в господарстві. Мікроклімат у приміщенні підтримувався системою негативної вентиляції з мікропроцесорним керуванням, а видалення гною здійснювали вакуумно-самопливною системою періодичної дії. Годівля, напування, догляд і профілактика тварин проводилися з дотриманням вимог чинного європейського та національного законодавства щодо благополуччя сільськогосподарських тварин [8, 20].

Експериментальні результати опрацьовано з використанням методів варіаційної статистики із застосуванням комп'ютерних засобів та пакетів прикладного програмного забезпечення [1, 13].

Виклад основного матеріалу дослідження. У таблиці 2 наведено показники мінливості та результати двофакторного дисперсійного аналізу впливу умов годівлі, породи та їх сумісної дії на живу масу ремонтних кнурів у різному віці. Відповідно до умов проведення експерименту, жива маса тварин на початку експерименту (84 доба) вірогідно не відрізнялася і варіювала в межах 37,4–38,2 кг для ремонтних кнурів різних груп.

Але у віці 119 діб вже відмічається вірогідний вплив на живу масу ремонтних кнурів як умов годівлі (p = 0,003), так і породної належності тварин (p = 0,025). Найвищу середню живу масу в цьому віці мали ремонтні кнурці породи ландрас, яким до основного раціону додавали фітогенну кормову добавку «Імуночасник» (66,0 кг).

Характерно, що додавання цієї кормової добавки збільшувала живу масу не пропорційно серед тварин різної породної належності. Для кнурів великої білої породи різниця із контролем складала в середньому 2,1 кг, тоді як для тварин породи ландрас ця різниця була у 1,5 рази вище.

У віці 154 доби також було відмічено вірогідний вплив на живу масу ремонтних кнурів породної належності тварин (p = 0,008), але лише певна тенденція (p = 0,056) для впливу умов годівлі. Знову ж, як і у попередньому випадку, найвищу середню живу масу в цьому віці мали ремонтні кнури породи ландрас, яким до основного раціону додавали фітогенну кормову добавку «Імуночасник» (96,6 кг). І для кнурів породи ландрас додавання цієї кормової добавки більш суттєво проявлялося у зростанні живої маси у порівнянні із контролем (1,8 кг), ніж для кнурів великої білої породи (1,0 кг).

Нарешті, у віці 182 доби знову проявлявся вірогідний вплив як умов годівлі, так і породної належності кнурців (у обох випадках: p = 0,017).

Як і у попередніх випадках, найвищу середню живу масу в цьому віці мали ремонтні кнури породи ландрас, яким до основного раціону додавали фітогенну кормову добавку «Імуночасник» (119,9 кг).

Але, на відміну від інших вікових груп, ремонтні кнури обох порід у віці 182 доби однаково реагували на додавання фітогенної кормової добавки «Імуночасник» і для обох порід збільшення живої маси між контрольною і дослідною групами складало 1,9 кг.

Отже, тварини породи ландрас характеризувалися більш вираженою реакцію на додавання до основного раціону фітогенної кормової добавки «Імуночасник» у відношенні живої маси у віці 119 та 154 доби, але у віці 182 доби ця різниця між породами вже зникала.

У таблиці 3 наведено показники мінливості та результати двофакторного дисперсійного аналізу впливу умов годівлі, породи та їх сумісної дії на абсолютні прирости живої маси ремонтних кнурів.

Таблиця 2

Показники мінливості (*M* ± *SE*) і результати двофакторного дисперсійного аналізу (*F*; *P*) впливу умов годівлі (*A*), породи (*B*) та їх сумісної дії (*A* × *B*) на живу масу ремонтних кнурів

Жива маса (кг) у віці	Група				Фактор		
	ВБ(К) (*n* = 10)	Л(К) (*n* = 10)	ВБ(Д) (*n* = 10)	Л(Д) (*n* = 10)	Умови годівлі (*A*)	Порода (*B*)	*A* × *B*
84 доби	37,4 ± 0,72*a*	37,9 ± 0,72*a*	37,6 ± 0,86*a*	38,2 ± 0,94*a*	0,09 (ns)	0,46 (ns)	0,01 (ns)
119 діб	61,5 ± 0,87*a*	62,9 ± 0,74*a*	63,6 ± 0,72*a*	66,0 ± 0,91*b*	10,23 (0,003)	5,47 (0,025)	0,38 (ns)
154 доби	93,2 ± 0,88*a*	94,8 ± 0,63*ab*	94,2 ± 0,68*a*	96,6 ± 0,62*b*	3,89 (0,056)	7,95 (0,008)	0,32 (ns)
182 доби	116,1 ± 1,13*a*	118,0 ± 0,71*ab*	118,0 ± 0,60*a*	119,9 ± 0,41b	6,25 (0,017)	6,25 (0,017)	0,01 (ns)

Примітки (тут і далі): *n* – кількість записів; *M* ± *SE* – оцінка середнього арифметичного значення та її статистичної помилки. *F* – оцінка критерію Фішера-Снедекора; *p* – його рівень значущості. ns – $p > 0,05$. Вірогідні відмінності між середніми окремих груп ($p < 0,05$) на підставі *LSD*-тесту множинних порівнянь Фішера позначено різними літерами. ВБ – велика біла порода, Л – порода ландрас. К – контроль, Д – дослід.

Таблиця 3

Показники мінливості (*M* ± *SE*) і результати двофакторного дисперсійного аналізу (*F*; *P*) впливу умов годівлі (*A*), породи (*B*) та їх сумісної дії (*A* × *B*) на абсолютні прирости живої маси ремонтних кнурів

Абсолютний приріст (кг) у віці	Група				Фактор		
	ВБ(К) (*n* = 10)	Л(К) (*n* = 10)	ВБ(Д) (*n* = 10)	Л(Д) (*n* = 10)	Умови годівлі (*A*)	Порода (*B*)	*A* × *B*
84–119 діб	24,1 ± 0,74*a*	25,0 ± 0,54*ab*	26,0 ± 0,68*b*	27,8 ± 0,47*c*	14,57 (< 0,001)	4,81 (0,035)	0,53 (ns)
84–154 діб	55,8 ± 0,94*a*	56,9 ± 0,97*a*	56,6 ± 1,27*a*	58,4 ± 0,77*a*	1,30 (ns)	2,07 (ns)	0,12 (ns)
84–182 діб	78,7 ± 1,14*a*	80,1 ± 0,77*ab*	80,4 ± 0,72*ab*	81,2 ± 0,67*b*	3,81 (0,058)	2,55 (ns)	0,01 (ns)

Таблиця 4

Показники мінливості (*M* ± SE) і результати двофакторного дисперсійного аналізу (*F*; *P*) впливу умов годівлі (*A*), породи (*B*) та їх сумісної дії (*A* × *B*) на середньодобові прирости ремонтних кнурів

Середньодобовий приріст (г) у віці	Група				Фактор		
	ВБ(К) (*n* = 10)	Л(К) (*n* = 10)	ВБ(Д) (*n* = 10)	Л(Д) (*n* = 10)	Умови годівлі (*A*)	Порода (*B*)	*A* × *B*
84–119 діб	708,8 ± 21,68*a*	735,3 ± 15,80*ab*	764,7 ± 20,09*b*	817,6 ± 13,73*c*	14,57 (<0,001)	4,81 (0,035)	0,53 (ns)
84–154 діб	808,7 ± 13,63*a*	824,6 ± 14,08*a*	820,3 ± 18,48*a*	846,4 ± 11,27*a*	1,30 (ns)	2,07 (ns)	0,12 (ns)
84–182 діб	811,3 ± 11,81*a*	825,8 ± 7,90*ab*	828,9 ± 7,40*ab*	842,3 ± 6,88*b*	3,81 (0,058)	2,55 (ns)	0,01 (ns)

ISSN 2226-0099 (Print), ISSN 2664-6102 (Online)

Був виявлений вірогідний вплив як умов годівлі ($p < 0,001$), так і породної належності ($p = 0,035$) ремонтних кнурів на мінливість абсолютного приросту живої маси між 84 та 119 добами експерименту. Найвищу середню оцінку абсолютного приросту живої маси в цей період часу було відмічено серед ремонтних кнурів породи ландрас, яким до основного раціону додавали фітогенну кормову добавку «Імуночасник» (27,8 кг), а найменшу – серед кнурів великої білої породи контрольної групи (24,1 кг), між яким було відмічено вірогідні ($p < 0,05$) відмінності. При цьому, вплив додавання до основного раціону фітогенної кормової добавки «Імуночасник» на зміну абсолютного приросту живої маси у віці 84–119 діб був більш суттєвим серед тварин породи ландрас, ніж великої білої породи (2,8 та 1,9 кг, відповідно).

Між 84 та 154 добою експерименту характер мінливості оцінок абсолютного приросту живої маси ремонтних кнурців не відчував вірогідного впливу ані умов раціону, ані породної належності тварин. Абсолютні прирості серед тварин різних груп коливалися у вузьких межах – 55,8–58,4 кг.

Між 84 та 182 добою експерименту було відмічено лише певну тенденцію ($p = 0,058$) до наявності впливу умов раціону на абсолютний приріст живої маси кнурів. І знову ж, як і раніше, найвищу середню оцінку абсолютного приросту живої маси в цей період часу було відмічено серед ремонтних кнурців породи ландрас, яким до основного раціону додавали фітогенну кормову добавку «Імуночасник» (81,2 кг), а найменшу – серед кнурців ВБ породи контрольної групи (78,7 кг), між яким було відмічено вірогідні ($p < 0,05$) відмінності. При цьому, вплив додавання до основного раціону фітогенної кормової добавки «Імуночасник» на зміну абсолютного приросту живої маси у віці 84–182 діб майже не відрізнявся серед тварин різної породної належності і знаходився у межах статистичної помилки відповідної оцінки.

У таблиці 4 наведено показники мінливості та результати двофакторного дисперсійного аналізу впливу умов годівлі, породи та їх сумісної дії на середньодобові прирости живої маси ремонтних кнурів.

Як і у випадку із мінливістю оцінок абсолютного приросту, було виявлено вірогідний вплив як умов годівлі ($p < 0,001$), так і породної належності ($p = 0,035$) ремонтних кнурів на середньодобовий приріст живої маси між 84 та 119 добами експерименту. Найвищу середню оцінку середньодобового приросту живої маси для цього часового інтервалу було відмічено серед ремонтних кнурців породи ландрас, яким до основного раціону додавали фітогенну кормову добавку «Імуночасник» (817,6 г), а найменшу – серед кнурців ВБ породи контрольної групи (708,8 г), між яким було відмічено вірогідні ($p < 0,05$) відмінності.

Між 84 та 154 добою експерименту характер мінливості оцінок середньодобового приросту живої маси ремонтних кнурців не відчувала вірогідного впливу ані умов раціону, ані породної належності тварин. Середні оцінки середньодобового приросту серед тварин різних груп коливалися у межах від 846,4 до 808,7 г.

Нарешті, між 84 та 182 добою експерименту було відмічено лише певну тенденцію ($p = 0,058$) до впливу умов раціону на середньодобовий приріст живої маси кнурців. Як і раніше, найвищу середню оцінку середньодобового приросту живої маси для цього інтервалу було відмічено серед ремонтних кнурів породи ландрас, яким до основного раціону додавали фітогенну кормову добавку «Імуночасник» (842,3 г), а найменшу – серед кнурців великої білої породи контрольної групи (811,3 г), між яким було відмічено вірогідні ($p < 0,05$) відмінності.

Отже, найсуттєвішій вплив додавання до основного раціону фітогенної кормової добавки «Імуночасник» на абсолютні та середньодобові прирости живої маси було відмічено у віці 84–119 діб і, в першу чергу, для ремонтних кнурів породи ландрас.

Якщо розглядати мінливість середньодобового приросту живої маси ремонтних кнурів залежно від вікового періоду, умов годівлі та породи то можна відмітити, що для тварин обох дослідних груп відповідні оцінки майже не відрізнялися для різних періодів, особливо, це проявлялося серед кнурців породи ландрас (рис. 1). А ось для тварин контрольної групи, навпаки, найнижчі оцінки середньодобового приросту мали місце протягом 84–119 діб експерименту, тоді як при подовженні експерименту ці оцінки значно зростали.

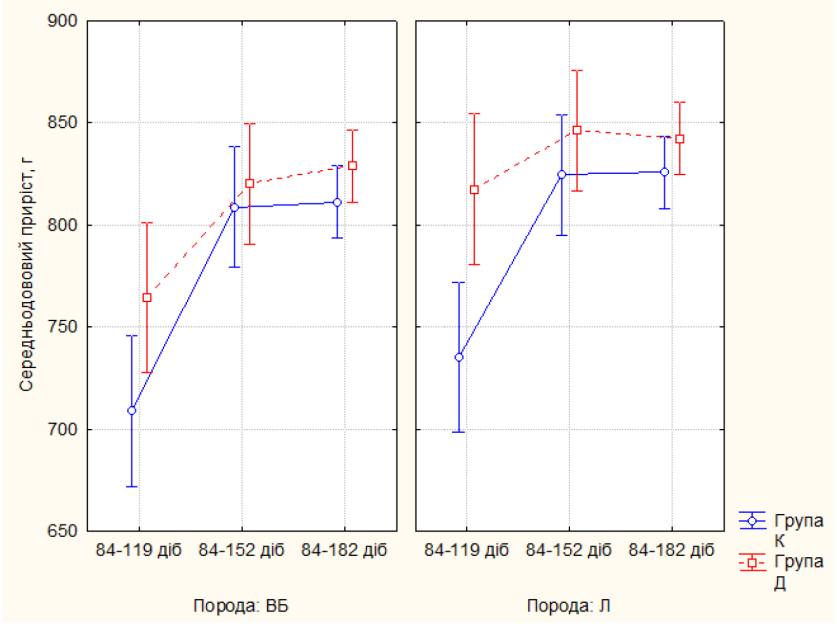


Рис. 1. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) середньодобового приросту ремонтних кнурів залежно від вікового періоду, умов годівлі та породи

Як можна було очікувати, між ознаками живої маси ремонтних кнурців у різному віці існував суттєвий кореляційний зв'язок (табл. 5). Найвищий рівень кореляції був між живою масою у віці 84 та 119 днів (0,65), а найнижчий – між живою масою у віці 154 та 182 діб.

Оскільки між ознаками мала місце висока кореляція, для більш детального аналізу впливу умов годівлі та породної належності ремонтних кнурців було використано багатовимірний аналіз, а саме, Аналіз Головних Компонент (*PCA*).

В таблиці 6 наведено оцінки факторних навантажень для перших Двох Головних Компонент, розрахованих на підставі кореляційно–коваріаційної матриці живої маси ремонтних кнурців у різному віці.

Перша Головна Компонента (PC1) описувала 59,0 % загальної мінливості кореляційно-коваріаційної матриці живої маси ремонтних кнурів у різному віці і була пов'язана із всіма ознаками живою маси. Отже, дана Головна Компонента може бути інтерпретована, як «Загальна жива маса». Вона поділяє всіх кнурців на дві групи – із низькою та високою живою масою (не залежно від віку).

Друга Головна Компонента (PC1) описувала 21,1 % загальної мінливості кореляційно-коваріаційної матриці живої маси ремонтних кнурів у різному віці

Таблиця 5

Оцінки коефіцієнту кореляції між живою масою ремонтних кнурів в різному віці

Жива мас у віці	84 доби	119 діб	154 доби	182 доби
84 доби	×	***0,65***	0,17	***0,42***
119 діб		×	***0,44***	***0,57***
154 доби			×	***0,40***
182 доби				×

Примітка. Напівжирним курсивом виділено оцінки коефіцієнту кореляції, для якого $p < 0,05$.

Таблиця 6

Оцінки факторних навантажень для перших Двох Головних Компонент, розрахованих на підставі кореляційно–коваріаційної матриці живої маси ремонтних кнурців у різному віці

Жива маса у віці	Головна Компонента	
	PC1	PC2
84 доби	***–0,749***	***0,548***
119 діб	***–0,889***	0,131
154 доби	***–0,618***	**–0,719**
182 доби	***–0,790***	–0,105
Частка загальної мінливості, %	59,0	21,1

Примітка. Напівжирним курсивом виділено оцінки факторних навантажень, що вносять суттєвий внесок у інтерпретацію відповідної Головної Компоненти.

і була позитивно пов'язана із живою масою у віці 84 доби (0,548) та від'ємно пов'язана із живою масою у віці 154 доби (–0,719). Отже, дана Головна Компонента може бути інтерпретована, як «Приріст живої маси до 154-денного віку». Вона поділяє всіх кнурів на дві групи – тварин із високою живою масою у віці 84 доби, але низькою у віці 154 доби і тварин із низькою живою масою у віці 84 доби, але високою у віці 154 доби. Отже, в першому випадку тварини характеризувалися низьким приростом живої маси у віці 84–154 діб, а у другому – високим приростом живої маси.

На рис. 2 наведено ординацію центроїдів окремих субгруп ремонтних кнурів в просторі Першої та Другої Головних Компонент, розрахованих на підставі кореляційно-коваріаційної матриці живої маси ремонтних кнурів у різному віці.

Зазначаємо, що найсуттєвіші відмінності мали місце між ремонтними кнурами породи ландрас, яким до основного раціону додавали фітогенну кормову добавку «Імуночасник» та тваринами контрольної групи великої білої породи. При чому, відмінності присутні як у відношенні Першої так і Другої Головних Компонент, тобто, і абсолютних оцінок живої маси, і її приросту у віці 84–154 діб.

Центроїди двох інших груп – контрольної групи породи ландрас та дослідної групи великої білої породи – розташовані біля початку координат, тобто, мали оцінки близькі до середніх для всієї сукупності даних.

У таблиці 7 наведено показники мінливості та результати двофакторного дисперсійного аналізу впливу умов годівлі, породи та їх сумісної дії на товщину шпику та селекційний індекс ремонтних кнурів.

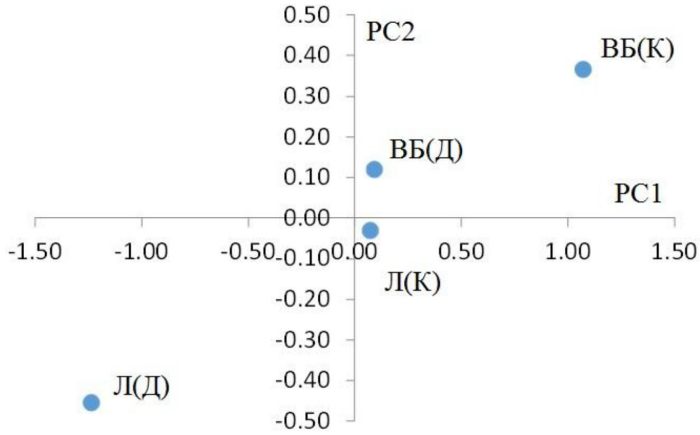


Рис. 2. Ординація центроїдів окремих субгруп ремонтних кнурів в просторі Першої та Другої Головних Компонент, розрахованих на підставі кореляційно-коваріаційної матриці живої маси ремонтних кнурів у різному віці

Встановлено, що на товщину шпику ремонтних кнурців впливала породна належність (p = 0,011) та сумісний вплив умов годівлі і породної належності (p = 0,046). Найвищу середню оцінку товщини шпику було відмічено серед ремонтних кнурів великої білої породи контрольної групи (14,2 мм), а найменшу – серед ремонтних кнурів породи ландрас контрольної групи (11,8 мм). Але для тварин обох дослідних відповідні оцінки майже не відрізнялися (12,5 та 12,2 мм).

Отже, додавання до основного раціону фітогенної кормової добавки «Імуночасник» призводило до суттєвого зниження товщини шпику для кнурців ВБ породи та незначного зростання для кнурців породи ландрас (рис. 3).

У відношенні характеру мінливості селекційного індексу ремонтних кнурців встановлено високо вірогідний вплив як умов годівлі (p = 0,004), так і породної належності (p < 0,001). Найнижчу середню оцінку селекційного індексу було відмічено серед ремонтних кнурців великої білої породи контрольної групи (46,1 бал), тоді як тварини трьох інших груп характеризувалися більш високими оцінками.

При цьому, додавання до основного раціону фітогенної кормової добавки «Імуночасник» призводило до суттєвого зростання оцінки селекційного індексу для кнурців великої білої породи (в середньому на 2,9 бали) та відсутності його зростання для ремонтних кнурців породи ландрас (рис. 4).

Отже, вплив додавання до основного раціону фітогенної кормової добавки «Імуночасник» на селекційний індекс залежав від породної належності кнурців – для тварин великої білої породи цей вплив був позитивним і більш суттєвим.

Оцінка спермопродуктивності ремонтних кнурів є важливим показником відтворної ефективності свинарства, оскільки кількісні та якісні характеристики сперми визначають репродуктивний потенціал кнурів-плідників. Формування цих ознак зумовлюється породною належністю та умовами годівлі, а також їх взаємодією, що обґрунтовує застосування двофакторного дисперсійного аналізу (табл. 8).

Встановлено вірогідний вплив породної належності на об’єм еякуляту (p = 0,030), найвищі значення якого відмічено у кнурців породи ландрас незалежно від умов годівлі (184,7–188,8 мл). Для концентрації сперміїв виявлено тенденцію до впливу породи (p = 0,052): максимальні показники зафіксовано у кнурців

Таблиця 7

Показники мінливості (*M* ± *SE*) і результати двофакторного дисперсійного аналізу (*F*; *P*) впливу умов годівлі (*A*), породи (*B*) та їх сумісної дії (*A* × B) на товщину шпику та селекційний індекс ремонтних кнурів

Ознака	Група				Фактор		
	ВБ(К) (*n* = 10)	Л(К) (*n* = 10)	ВБ(Д) (*n* = 10)	Л(Д) (*n* = 10)	Умови годівлі (*A*)	Порода (*B*)	*A* × *B*
Товщина шпику, мм	14,2 ± 0,47*b*	11,8 ± 0,51*a*	12,5 ± 0,67*a*	12,2 ± 0,33*a*	1,63 (ns)	7,03 (0,011)	4,25 (0,046)
Селекційний індекс, бали	46,1 ± 0,67*b*	49,5 ± 0,53*a*	49,0 ± 0,71*a*	50,3 ± 0,42*a*	9,74 (0,004)	15,87 (<0,001)	3,29 (ns)

Таблиця 8

Показники мінливості (*M* ± *SE*) та результати двофакторного дисперсійного аналізу (*F*; *P*) оцінки впливу умов годівлі (*A*), породної належності (*B*) та їх взаємодії (*A* × *B*) на спермопродуктивність ремонтних кнурів

Ознака	Група				Фактор		
	ВБ(К) (*n* = 10)	Л(К) (*n* = 10)	ВБ(Д) (*n* = 10)	Л(Д) (*n* = 10)	Умови годівлі (А)	Порода (В)	*A* × *B*
Об'єм еякуляту, мл	167,3 ± 6,89*a*	184,7 ± 8,14*b*	166,9 ± 8,60*a*	188,8 ± 10,78*b*	0,05 (ns)	5,10 (0,030)	0,07 (ns)
Концентрація сперміїв, млн/мл	226,8 ± 13,91*ab*	201,9 ± 10,22*a*	242,5 ± 16,31*b*	210,8 ± 15,22*ab*	0,76 (ns)	4,03 (0,052)	0,06 (ns)
Прямолінійно-поступальна рухливість, %	76,7 ± 2,62*a*	75,3 ± 3,79*a*	75,8 ± 3,57*a*	75,0 ± 4,18*a*	0,03 (ns)	0,09 (ns)	0,01 (ns)
Виживаємість сперміїв, год.	40,0 ± 3,69*a*	41,4 ± 3,53*a*	48,3 ± 2,64*ab*	51,5 ± 3,25*b*	7,77 (0,008)	0,49 (ns)	0,07 (ns)

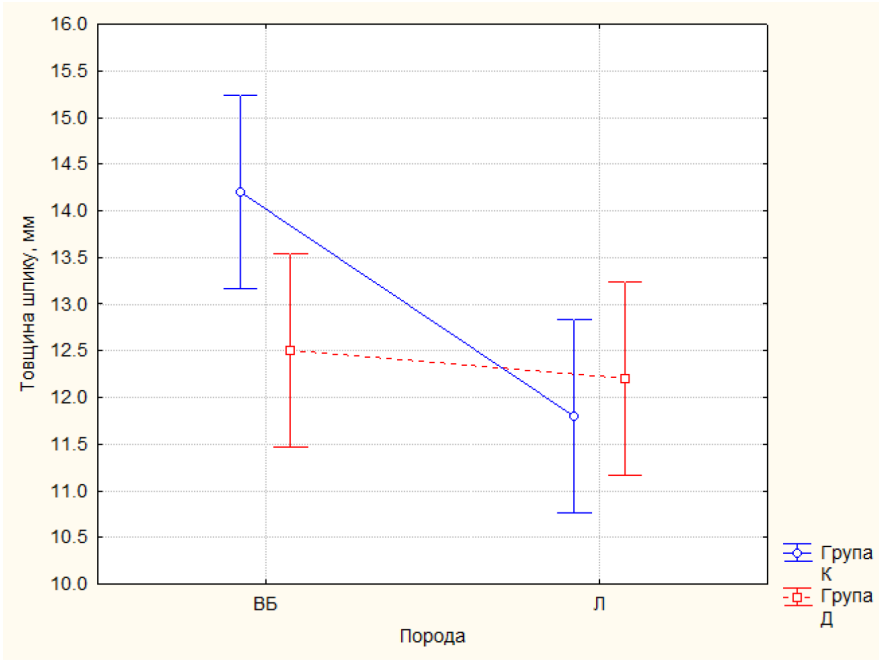


Рис. 3. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) товщини шпику ремонтних кнурів залежно від умов годівлі та породи

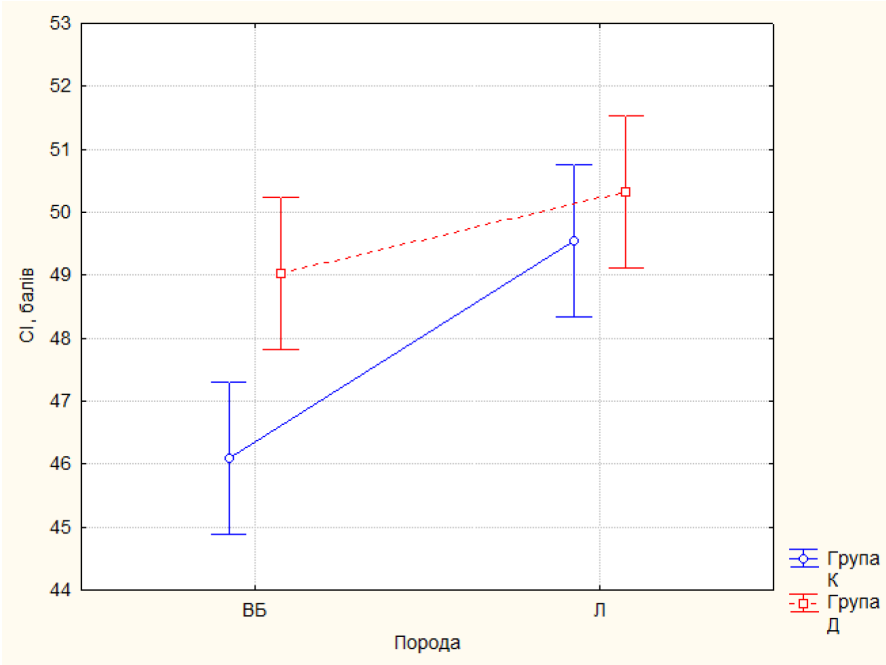


Рис. 4. Оцінки середніх арифметичних (± 95 % ДІ) селекційного індексу ремонтних кнурів залежно від умов годівлі та породи

великої білої породи дослідної групи (242,5 млн/мл), мінімальні – у кнурців породи ландрас (201,9–210,8 млн/мл).

Прямолінійно-поступальна рухливість сперміїв не зазнавала вірогідного впливу ні породної належності, ні умов годівлі та коливалася у вузьких межах (75,0–76,7 %). Водночас для виживаності сперміїв встановлено вірогідний вплив додавання фітогенної кормової добавки «Імуночасник» (p = 0,008), причому у кнурців породи ландрас тварини дослідної групи достовірно ($p < 0,05$) переважали контрольних аналогів за даним показником приблизно на 10,1 год.

Висновки і перспективи подальших досліджень. 1. Встановлено, що включення фітобіотику «Імуночасник» до раціонів ремонтних кнурців за умов промислової технології утримання чинить виражений позитивний вплив на показники росту, розвитку та формування відтворної здатності тварин.

2. Згодовування кормової добавки забезпечувало інтенсифікацію ростових процесів, що проявлялося у достовірному підвищенні живої маси та середньодобових приростів, починаючи з 17-тижневого віку ($p \leq 0,05$), з пролонгованим ефектом до завершення періоду вирощування.

3. Реакція ремонтних кнурців на дію фітобіотику мала породні особливості: найбільш виражений позитивний ефект відмічено у тварин породи ландрас, що підтверджено аналізом кореляційно-коваріаційних зв'язків живої маси та її приростів у різні вікові періоди.

4. Додавання фітогенної кормової добавки зумовлювало зниження прижиттєвої товщини шпику у кнурців великої білої породи та незначне її підвищення у тварин породи ландрас, що свідчить про породоспецифічні особливості обміну речовин.

5. Сформований у дослідній групі рівень інтенсивності росту і розвитку створював сприятливі передумови для повноцінного становлення репродуктивної функції ремонтних кнурців. За показниками спермопродуктивності встановлено вірогідний вплив породної належності на об'єм еякуляту та концентрацію сперміїв: кнурці породи ландрас характеризувалися вищим об'ємом еякуляту, але нижчою концентрацією сперміїв порівняно з тваринами великої білої породи. Вірогідний вплив умов годівлі, зокрема введення фітобіотику «Імуночасник», встановлено для виживаності сперміїв, причому більш виражений ефект відмічено у ремонтних кнурців породи ландрас.

6. Фітобіотик «Імуночасник» доцільно рекомендувати як ефективний елемент оптимізації технології вирощування ремонтних кнурів, спрямований на підвищення реалізації їх генетично зумовленого продуктивного та репродуктивного потенціалу в умовах промислового свинарства.

Подальші дослідження слід зосередити на поглибленому вивченні породоспецифічної реакції ремонтних кнурів на фітобіотик «Імуночасник», визначенні оптимальних доз і тривалості його застосування, а також механізмів впливу на гормональний профіль та репродуктивну систему. Перспективним є оцінювання взаємодії з іншими кормовими добавками, а також економічна ефективність використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.

2. Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми), ВНТП-АПК – 02.05. К. : Мінагрополітики

України, 2005. 98 с. URL : https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf (дата звернення 24.12.2024).

3. Інструкція із штучного осіменіння свиней. К. : Аграрна наука, 2003. 56 с.

4. Ісько О. Ю., Сичов М. Ю. Вплив різних рівнів часнику (Allium sativum) на продуктивність кролів. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 124. С. 141–147. DOI : https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.124.20

5. Ладика В. І., Хмельничий Л. М., Повод, М. Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: підручник для аспірантів. Одеса: Олді+, 2023. 244 с.

6. Лихач В. Я., Лихач А. В., Бевз Н. Л. Досвід ефективного застосування природного стимулятора росту «Імуночасник». *Сучасне птахівництво*. 2022. № 7–8. С. 4–9.

7. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві / за ред. І. І. Ібатуліна і О. М. Жукорського : посібник. К., 2017. 328 с.

8. Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України № 224 від 08.02.2021 «Про затвердження вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання». Зареєстр. від 18.02.2021 Міністерством Юстиції України, № 206/35828.

9. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин / Г. В. Проваторов, В. І. Ладика,Л. В. Бондарчук [та ін.]. Суми : ТОВ ВДТ «Університетська книга», 2007. 488 с.

10. Оптимізація технологічних рішень утримання і годівлі свиней в умовах промислової технології: монографія / В. Я. Лихач, М. Г. Повод, М. Б. Шпетний, В. М. Нечмілов, А. В. Лихач, О. Г. Михалко, Є. В. Баркарь, Л. Г. Леньков, О. О. Кучер. Миколаїв : Іліон, 2023. 518 с., 111 табл., 97 рис.

11. Підвищення продуктивності свиней за використання сучасного генофонду та інноваційних технологічних рішень : монографія / В. Я. Лихач, Р. В. Фаустов, П. О. Шебанін, А. В. Лихач, Л. Г. Леньков. Миколаїв : Іліон. 2022. 275 с., 75 табл., 32 рис. http://dglib.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/9332

12. Сусол Р. Л., Гарматюк К. В., Халак В. І. Оптимізація системи розведення і годівлі свиней м'ясного напрямку продуктивності в умовах півдня України. *Зернові культури. Дніпро*. 2018. Т. 2. № 12. С. 353–359.

13. Сучасні генетико-селекційні методи аналізу відтворювальних якостей свиней та овець : монографія / О. С. Крамаренко, С. І. Луговий, С. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ. 2022. 150 с.

14. Технологія виробництва продукції свинарства : навчальний посібник. М. Повод, О. Бондарська, В. Лихач, С. Жишка, В. Нечмілов та ін.; за ред. М. Г. Повода. К. : Науково-методичний центр ВФПО, 2021. 360 с.

15. Церенюк О. М., Акімов О. В., Череута Ю. В. Вирощуємо молодняк свиней. URL : https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/8051-vyroshchuiemo-molodniak-svynei.html (дата звернення 20.12.2024).

16. PIC – генетична компанія. Методичні рекомендації з вирощування свиней. Веб-сайт. URL :https://pic-ukraine.com.ua (дата звернення 15.12.2025).

17. PigUA.info. Веб-сайт. URL: https://www.pigua.info/uk (дата звернення 22.12.2025).

18. Alavinezhad A., Boskabady M. H. Antiinflammatory, antioxidant, and immunological effects of Carum copticum L. and some of its constituents. *Phytotherapy Research*. 2014. Vol. 28(12). P. 1739–1748.

19. Chen J., Wang F., Yin Y., Ma X. The nutritional applications of garlic (Allium sativum) as natural feed additives in animals. *Peer J*. 2021. Vol. 9. e11934.

20. Council Directive 2008/120/EC. (2008, December). URL : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL. (дата звернення 04.12.2025).

21. Madesh M., Yan J., Jinan G., Hu P., Kim I.H., Liu H.Y., Ennab W., Jha R., Cai D. Phytogenics in swine nutrition and their effects on growth performance, nutrient utilization, gut health, and meat quality: a review. Stress Biol. 2025. Vol. 5(1). P. 11. DOI: https://doi.org/10.1007/s44154-024-00209-2

22. Nazir Z., Grashorn M. Echinacea: A potential feed and water additive in poultry and swine production. *Archiv für Geflügelkunde*. 2009. Vol. 73. P. 227–236.

23. Nazir Z., Grashorn M. Effect of Echinacea purpura and Nigella sativa supplementation on broiler performance, carcass and meat quality. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2010. Vol. 19. P. 94–104.

24. Papatsiros V. G., Tzika E. D., Papaioannou D. S., Kyriakis S. C., Tassis P. D., Kyriakis C. S. Effect of origanum vulgaris and allium sativum extracts for the control of proliferative enteropathy in weaning pigs. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. Warsaw. 2009. Vol. 12(3). P. 407–414.

25. Satora M., Magdziarz M., Rząsa A., Rypuła K., Płoneczka-Janeczko K. Insight into the intestinal microbiome of farrowing sows following the administration of garlic (Allium sativum) extract and probiotic bacteria cultures under farming conditions. *BMC veterinary research*. 2020. Vol. 16. P. 1–18.

26. Sun H. Y., Kim I. H. Effect of yeast culture (Saccharomyces cerevisiae) and garlic (Allium sativum) product mixture on growth performance, nutrient digestibility, faecal microflora, faecal noxious-gas emission and meat quality in finishing pigs. *Animal Production Science*. 2020. Vol. 60(16). P. 1911–1917.

Дата першого надходження статті до видання: 19.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 636.033/ 28.033.082 (477)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.34

ВИКОРИСТАННЯ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН КОРМІВ ЧИСТО-ПОРОДНИМ І ПОМІСНИМ МОЛОДНЯКОМ СИМЕНТАЛЬСЬКОЇ М'ЯСНОЇ ХУДОБИ

Бучковська В. І. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0002-6574-8840
Євстафієва Ю. М. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0001-5914-893X

Забезпечення населення м'ясом на сьогоднішній день, є важливим джерелом повноцінного білку в раціоні людини, та однією з важко вирішуваних проблем. Згідно з науково обґрунтованими нормами харчування потреба у м'ясі для однієї людини складає не менше 85 кг за рік. На теперішній час яловичину в нашій країні отримували і ще довго будуть отримувати в результаті вирощування на м'ясо надремонтного молодняку й відгодівлі дорослих тварин великої рогатої худоби молочно-м'ясних та молочних порід. Для отримання гарного ефекту від вирощування та відгодівлі молодняку великої рогатої худоби її потрібно організовувати так, щоб при низьких витратах кормів отримати максимальну м'ясну продуктивність тварин. Метою наших досліджень було вивчити ефективність використання поживних речовин корму при вирощуванні на м'ясо симентальськими чистопородними і помісними бугайцями в умовах приватного підприємства «Калинський ключ» с. Калиня Кам'янець Подільського району Хмельницької області. Для вирішення поставленої задачі згідно рекомендацій відібрали по 15 чистопородних симентальських бугайців (І група – контрольна), напівкровних помісних бугайців 1/2 українська червоно-ряба молочна х 1/2 симентальська м'ясна (ІІ група – дослідна) і 1/4 українська червоно-ряба молочна х 3/4 симентальська м'ясна (ІІІ група – дослідна), які були аналогами за живою масою при народженні. Найвищою інтенсивністю росту в усі вікові періоди відзначалися чистопородні симентальські м'ясні бугайці, адже вони за живою масою у 18-місячному віці переважали помісей третьої групи на – на 32,4 кг (P > 0,95), а другої групи – на 21,2 кг. Тваринами першої групи за весь період вирощування було витрачено 8,00 кг сухої речовини на 1 кг приросту, тоді як у тварин другої та третьої груп цей показник був дещо вищим. Отже, враховуючи більш високу скороспілість, оплату корму, м'ясну продуктивність молодняку симентальської м'ясної породи можна пропонувати їх вирощувати для збільшення виробництва високоякісної та конкурентоспроможної яловичини.

Ключові слова: *продуктивність, приріст, порода, велика рогата худоба.*

Buchkovska V. I., Yevstafiieva Yu. M.Use of nutrients in feed by purebreed and cross-breed simmental beef cattle

Providing the population with meat today is an important source of complete protein in the human diet, and one of the most difficult problems to solve. According to scientifically based nutritional standards, the need for meat for one person is at least 85 kg per year. Currently, beef in our country has been and will continue to be obtained as a result of raising young cattle for meat and fattening adult cattle of dairy and beef breeds. To obtain a good effect from raising and fattening young cattle, it must be organized in such a way as to obtain maximum meat productivity of animals with low feed costs. The purpose of our research was to study the efficiency of using feed nutrients when growing purebred and crossbred Simmental bulls for meat in the

© Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

conditions of the private enterprise "Kalynsky Klyuch" in the village of Kalynya, Kamianets, Podilskyi district, Khmelnytskyi region. To solve the problem, according to the recommendations, 15 purebred Simmental bulls (group I – control), half-bred crossbred bulls were selected 1/2 ukrainian red-mottled milk x ½ simmental meat (group II – experimental) and 1/4 ukrainian red-and-white dairy x 3/4 Simmental beef (group III – experimental), which were analogues in terms of live weight at birth. The highest growth intensity in all age periods was noted in purebred Simmental beef bulls, because in terms of live weight at 18 months of age they exceeded the crossbreeds of the third group by – 32,4 kg (P > 0,95), and the second group – on 21,2 kg. Animals of the first group spent 8.00 kg of dry matter per 1 kg of gain during the entire growing period, while this figure was slightly higher in animals of the second and third groups. Therefore, given the higher maturity, feed cost, and meat productivity of young Simmental beef cattle, it can be suggested that they be raised to increase the production of high-quality and competitive beef.

Key words: *productivity, growth, breed, cattle.*

Актуальність теми дослідження. Забезпечення населення м'ясом, є важливим джерелом повноцінного білку в раціоні людини, та однією з важко вирішуваних проблем. Згідно науково обґрунтованих норм харчування потреба у м'ясі для однієї людини складає не менше 85 кг за рік. Запровадивши раціональну та сучасну технологію вирощування молодняку великої рогатої худоби є можливість за короткий час досягнути високих показників м'ясної продуктивності не лише від тварин м'ясних порід, але й від деяких порід комбінованого та молочного напряму продуктивності [1, 6].

Постановка проблеми. На теперішній час яловичину в нашій країні отримували і ще довго будуть отримувати в результаті вирощування на м'ясо надремонтного молодняку й відгодівлі дорослих тварин великої рогатої худоби молочно-м'ясних та молочних порід [7]. Для отримання гарного ефекту від вирощування та відгодівлі молодняку великої рогатої худоби її потрібно організовувати так, щоб при низьких витратах кормів отримати максимальну м'ясну продуктивність тварин [9].

Максимальні можливості в рості молодняку можна отримати лише при використанні високо цінних грубих, соковитих та концентрованих кормів, забезпечивши в раціонах високу концентрацію енергії [4].

На сьогоднішній день важливе наукове та господарське значення має пошук та розведення порід та генотипів тварин, які б найкраще підходили для виробництва якісної та конкурентоспроможної яловичини [8].

Відомо, що м'ясні якості великої рогатої худоби формуються під впливом комплексу біологічних, морфологічних та фізіологічних факторів [5].

Багаторічна практика ведення тваринництва у США, Європі та Південній Америці демонструє досвід ефективного виробництва яловичини на основі раціонального поєднання племінної роботи, дотримання стандартів сучасних технологій і збалансованої годівлі тварин, а також оптимізації цінової політики. Головним фактором продуктивної реалізації потенціалу вирощування великої рогатої худоби на м'ясо є забезпечення справедливих цін на яловичину, раціональне використання природно-кліматичних ресурсів аграрного сектору, запровадження справедливих ринкових відносин та сучасних технологій [10].

Основною господарсько-біологічною властивістю м'ясної худоби є ефективність використання корму, яку оцінюють витратами корму на 1 кг продукції або 1000 ккал в основних продуктах (м'ясо та жир) [3].

Методика досліджень. Метою досліджень було вивчити ефективність використання поживних речовин корму при вирощуванні на м'ясо симентальськими чистопородними і помісними бугайцями в умовах ПП «Калинський ключ» с. Калиня Кам'янець Подільського району Хмельницької області.

Для вирішення поставленої задачі згідно рекомендацій [11] відібрали по 15 чистопородних симентальських бугайців (І група – контрольна), напівкровних помісних бугайців 1/2 українська червоно-ряба молочна *х* 1/2 симентальська м'ясна (ІІ група – дослідна) і 1/4 українська червоно-ряба молочна *х* 3/4 симентальська м'ясна (ІІІ група – дослідна), які були аналогами за живою масою при народженні. Науково-господарський дослід було проведено згідно схеми, наведеною у таблиця 1.

Таблиця 1

Схема науково-господарського досліду

Групи тварин	І – контрольна	ІІ – дослідна	ІІІ дослідна
Кількість тварин	15	15	15
Порода. породність	симентальська м'ясна	1/2 українська червоно-ряба молочна *х* 1/2 симентальська м'ясна	1/4 українська червоно-ряба молочна *х* 3/4 симентальська м'ясна
Умови утримання, годівлі, догляду	годівля згідно норм, умови утримання та догляду типові для господарства		

До досягнення шести місяців молодняк утримували біля корів на підсосі, далі по 15 голів у групових клітках, а влітку під легким навісом на прив'язі. Годівлю тварин організовували згідно норм для отримання середньодобового приросту 700–1000 г.

Годівля, догляд та утримання тварин однакові для всіх груп. Живу масу молодняку визначали кожного місяця шляхом індивідуальних зважувань, витрати корму – на основі групового обліку [2].

Результати досліджень. Під час проведення досліду тваринам згодовували корми власного виробництва. Раціони молодняку у зимово-стійловий період складались із сіна конюшини, силосу кукурудзяного та концентрованих кормів. В літній період згодовували зелені корми та концентрати. Зокрема до 6-місячного віку бичків утримували на підсосі та годували за схемою, прийнятою в господарстві.

При однакових раціонах, але внаслідок відмінностей у приростах живої маси, споживання сухої речовини в розрахунку на 100 кг живої маси впродовж усього облікового періоду найвищим було у помісей м'ясного сименталу з з 1/4 кровності української червоно-рябої молочної породи, а найнижчим – у чистопородних бугайців симентальської м'ясної породи (табл. 2).

Таблиця 2

Споживання сухої речовини на 100 кг живої маси, кг

Групи	Вік, місяців				
	3	6	9	12	18
І контрольна	2,65	2,46	2,63	2,59	1,91
ІІ дослідна	3,15	2,69	2,89	2,80	2,00
ІІІдослідна	3,33	2,87	3,10	2,83	2,06

З віком тварин споживання сухої речовини на 100 кг живої маси ставало меншим. Так у віці 3 місяці цей показник складав 2,65 кг у чистопорідних тварин, 3,15 – у молодняку що мав за генотипом 1/2 крові симентальської м'ясної породи,

3,33 – генотип – 3/4 крові симентальської м'ясної породи, то у віці 1 рік цей показник відповідно складав 2,59, 2,80 та 2,83. У віці 18 місяців тваринив розрахунку на 100 кг отримували 1,91–2,06 кг сухої речовини.

Слід відмітити що різниця за живою масою при народженні між групами коливалась у межах 6–9 %, але дана різниця між групами була не вірогідною.

За перші 6 місяців вирощування у бугайців симентальської м'ясної породи спостерігались середньодобові прирости на рівні по 808 г, тоді як у помісей першого покоління вони були на 2,3 %, а у молодняку 3/4-кровності– на 11,2 % менше при вірогідній різниці з контролем. Абсолютні прирости в даний віковий період за групами відповідно складали 148,1, 145,0 та 130,0 кг ($P > 0,95$).

З шести до дев'яти місячного віку у молодняку контрольної групи абсолютний приріст становив 70,3 кг, а це на 9,8 кг більше ніж у тварин другої групи і на 1,0 кг ніж у бугайців третьої групи.

Від 9 до 12 місячного віку абсолютні прирости в усіх групах в середньому становили більше 50 кг, а середньодобові прирости у першій групі складали 647 г, у другій групу – на 84 г, а в третій – на 44 г менше ніж в контрольній.

В післямолочний період середньодобові прирости бугайців симентальської м'ясної породи становили 710 г, а помісей 1/2-кровності – на 13,5 % ($P > 0,95$), а 3/4-кровності – на 4,1 % менші.

Слід відмітити що найвищі середньодобові прирости від народження до 12-місячного віку спостерігались у бугайців симентальської м'ясної породи (768 г), що на 64 г перевищувало показники тварин другої групи при вірогідній з контролем різниці та на 57 г – третьої групи.

Абсолютний приріст в цей період молодняку першої групи був 276,3 кг, другої дослідної групи – 256,0 кг, і третьої – 253,2 кг, ($P > 0,95$).

Згідно цифрових даних таблиці 3, у віці 15 місяців жива маса тварин першої групи становила 371,6 кг, тоді як другої – на 7,81 %, а третьої – на 8,51 кг ($P > 0,95$) менше. Середньодобові прирости бичків симентальської м'ясної породи за період від 12- до 15-місячного віку були на рівні 657 г, другої групи – на 67 г (10,3 %) менші, а третьої – на 54 г (8,4 %) менші

Абсолютні прирости живої маси в період з 15–18-місяців у бугайців першої групи становили 111,71 кг, другої – на 7,6 кг (6,8 %) були вищими третьої – на 4,0 кг (3,6 %) меншими. На кінець періоду відгодівлі у тварин всіх груп середньодобові прирости були вищими ніж 1000 г. Саме тому, жива маса бугайців у контрольній групі у віці 18 місяців становила 483,2 кг, другої – 462,0 і третьої – 448,0 ($P > 0,95$) кг.

За період відгодівлі від 12 до 18 місяців найвищі середньодобові прирости спостерігались у тварин третьої групи – 942 г, що на 6 г (0,7 %) більше порівняно з контрольною групою, та на 56 г (6,3 %) більше ніж у тварин другої групи.

За весь період досліду середньодобові прирости бугайців першої контрольної групи становили 815 г, а другої – на 4,3 % та третьої – на 7,3 % ($P > 0,95$) менші.

Для оцінки ефективності використання кормів піддослідними тваринами було проведено розрахунки ефективності використання сухої речовини та перетравного протеїну, одержані дані наведені у таблиці 4.

Слід відмітити, що тварини третьої дослідної групи в усі вікові періоди поступалися аналогам досліджуваних груп за витратами кормів.

Найменше сухої речовини та перетравного протеїну до 6-місячного віку на 1 кг приросту витрачали тварини першої групи 5,28 кг та 558,61 г, що на 0,11 і 11,94 відповідно менше від аналогів другої групи і на 0,73 і 77,77 – від третьої. У післямолочний період витрати кормів на прирости були вищими, так в розрахунку на

Таблиця 3

Динаміка приростів тварин у період 12–18 місяців

Показники	Групи		
	I	II	III
Жива маса у віці 12 місяців, кг	311,0 ± 5,71	288,3 ± 5,44	284,7 ± 6,06*
Жива маса у віці 15 місяців, кг	371,6 ± 7,92	342,6 ± 7,15	340,1 ± 6,76*
Жива маса у віці 18 місяців, кг	483,2 ± 9,45	462,0 ± 5,11	448,0 ± 6,34*
Абсолютний приріст, кг			
Від 12- до 15-місяців	60,5 ± 5,07	54,3 ± 3,59	55,5 ± 2,15
Від 15- до 18-місяців	111,71 ± 4,06	119,31 ± 4,75	107,71 ± 2,98
Від 12- до 18-місяців	172,3 ± 6,75	173,5 ± 4,74	163,1 ± 3,14
Від народження до 18 місяців	448,9 ± 8,97	429,6 ± 4,49	416,5 ± 6,01*
Середньодобовий приріст, г			
Від 12- до 15-місяців	657 ± 53,10	590 ± 39,02	603 ± 23,36
Від 15- до 18-місяців	1214 ± 44,17	1296 ± 51,64	1170 ± 32,4
Від 12- до 18-місяців	936 ± 36,71	942 ± 25,72	886 ± 17,00
Від народження до 18 місяців	815 ± 16,25	781 ± 8,17	757 ± 10,93*

Таблиця 4

Ефективність використання кормів піддослідними тваринами

Період, міс	Показник	Групи		
		I	II	III
0–6	Абсолютний приріст, кг	148,1	145	130
	Витрачено сухої речовини, кг	781,86		
	– в тому числі на 1 кг приросту	5,28	5,39	6,01
	Витрачено перетравного протеїну, кг	82,73		
	– в тому числі на 1 кг приросту, г	558,61	570,55	636,38
6–12	Абсолютний приріст, кг	128,6	111,2	123,5
	Витрачено сухої речовини, кг	1280,34		
	– в тому числі на 1 кг приросту	9,96	11,51	10,37
	Витрачено перетравного протеїну, кг	120,33		
	– в тому числі на 1 кг приросту, г	935,69	1082,10	974,33
12–18	Абсолютний приріст, кг	172,3	173,5	163,1
	Витрачено сухої речовини, кг	1528,46		
	– в тому числі на 1 кг приросту	8,87	8,81	9,37
	Витрачено перетравного протеїну, кг	185,61		
	– в тому числі на 1 кг приросту, г	1077,25	1069,80	1138,01
0–18	Абсолютний приріст, кг	448,9	429,6	416,5
	Витрачено сухої речовини, кг	3590,66		
	– в тому числі на 1 кг приросту	8,00	8,36	8,62
	Витрачено перетравного протеїну, кг	388,67		
	– в тому числі на 1 кг приросту, г	865,8	904,7	933,2

1 кг приросту найбільше витратили тварини другої групи – 11,51 кг сухої речовини та 1082,10 г перетравного протеїну.

У період від 12 до 18 місяців піддослідними тваринами було витрачено 1528,46 кг сухої речовини та 183,61 кг перетравного протеїну. При цьому витрати на 1 кг живої маси цих компонентів були в другій групі.

Отже, за весь період досліду тваринами першої групи було витрачено 8,00 кг сухої речовини кормів на 1 кг приросту живої маси, у другій групі – на 0,36, а у третій – на 0,62 кг більше.

Щодо використання перетравного протеїну кормів спостерігалася така ж картина. До 6-місячного віку тваринами було витрачено 82,73 кг перетравного протеїну. До 12 місяців тварини на 1 кг приросту найменше витрачали перетравного протеїну у контрольній групі 935,69 г тоді як в другій групі бугайці витрачали на 15,6 %, а у третій – на 4,1 % більше перетравного протеїну відносно контролю.

У період відгодівлі на 1 кг приросту тваринами другої групи були витрачено по 1069,80 г перетравного протеїну, що було найменше у порівнянні з іншими двома групами.

За весь обліковий період витрачено 388,67 кг перетравного протеїну, у той час як на 1 кг приросту бугайці першої групи витрачали 865,8 г перетравного протеїну, а тварини другої групи – на 38,9 г, третьої – на 67,4 г більше.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Найвищою інтенсивністю росту в усі вікові періоди відзначалися чистопородні симентальські м'ясні бугайці, адже вони за живою масою у 18-місячному віці переважали помісей третьої групи на – на 32,4 кг ($P > 0,95$), а другої групи – на 21,2 кг. Тваринами першої групи за весь період вирощування було витрачено 8,00 кг сухої речовини на 1 кг приросту, тоді як у тварин другої та третьої груп цей показник був дещо вищим. Отже, враховуючи більш високу скороспілість, оплату корму, м'ясну продуктивність молодняку симентальської м'ясної породи можна пропонувати їх вирощувати для збільшення виробництва яловичини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Актуальні питання розвитку сільського господарства: теорія і практика: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Івано-Франківськ, 9 жовтня 2025 року). *Оброшине: Видавництво інституту сільського господарства Карпатского регіону*, 2025. 509 с. DOI: 10.32636/9786178433130/1

2. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин *Навчальний посібник* / Крамаренко С. С. Луговий С.І., Лихач А. В. Крамаренко О. С.. Миколаїв, 2013. 211 с.

3. Антонюк Т. А. Вплив умов вирощування бугайців у молочний період на якісні показники яловичини. *Зб. наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Серія «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»*. Кам'янець-Подільський : ПДАТУ, 2013. Вип. 21. С. 5–7..

4. Бащенко М. І., Федорович В. В., Бабик Н. П. М'ясна продуктивність бугайців молочних і комбінованих порід в умовах західного регіону України. *Розведення і генетика тварин: міжвід. темат. наук. зб. К. : ТОВ «Аквамарин-ексклюзив»*, 2015. Вип. 50. С. 16–23.

5. Гримак А. В. Особливості функціонування ринку продукції м'ясного скотарства. *Економіка та управління АПК*. 2020. № 2. С. 31–40. URL: https:// doi.org/10.33245/2310-9262-2020-159-2-31-40.

6. Кірович Н. О., Дідур Л. І. Сучасний стан галузі м'ясного скотарства в Україні. *Таврійський науковий вісник* № 143. Частина 1. 2025. С. 241–247. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.29

7. Копитець Н. Г., Волошин В. М. Розвиток скотарства в кризових умовах. *Економіка та управління АПК*. 2023. № 1. С. 64–76. https://econommeneg.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/economika/koputets_64-76.pdf

8. Спека С. Зональні м'ясні породи і типи худоби. *Тваринництво України*. 1996. № 9. С. 8–9.

9. Спеціалізоване м'ясне скотарство: Навчальне видання / за ред. А. М. Угнівенко, В. І. Костенко, Ю. І. Чернявський. Київ : Вища школа, 2006. 303 с.

10. Тимченко Л. О. Підвищення ефективності використання великої рогатої худоби для збільшення виробництва яловичини в Україні. *Актуальні проблеми економіки. 2024*. № 10 (280). С. 55–60. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-280-54-60

11. Яблонський В. Наукознавство. Основи наукових досліджень у тваринництві та ветеринарній медицині: навч. посібник для системи магістратури, аспірантури та докторантури / В. Яблонський, О. Яблонська. Київ. 2007. 332 с.

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.17:631.53.01(477.47/.48)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.35

РОЛЬ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ ВРОЖАЮ СОРГО ЦУКРОВОГО В УМОВАХ ПІВДЕННОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Войняк О. А. *– аспірант кафедри рослинництва,*
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0003-7617-7494
Кравченко В. С. *– к.с.-г.н., доцент,*
завідувач кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
orcid.org/ 0000-0003-4873-5367

Висвітлено результати трирічних польових досліджень, спрямованих на вивчення ефективності мінерального живлення у формуванні продукційного потенціалу культури Sorghum saccharatum в агроекологічних умовах Південного Лісостепу України. Розглянуто дію основних макроелементів (азоту, фосфору, калію) та мікроелементів, що надходили з мікродобрив і біологічних препаратів, на динаміку ростових процесів, біомасу, фізіолого-біохімічні параметри та вміст цукрів у вегетативних органах рослин. Встановлено, що застосування комбінованого підживлення (БК + Квантум) забезпечувало синергічну дію на ріст та розвиток рослин, зокрема сприяло підвищенню показників густоти стояння, висоти, асиміляційної поверхні, стійкості до посухи та концентрації водорозчинних вуглеводів. За оптимальних норм висіву (100–130 тис. рослин/га) для гібридів «Медовий» та «Троїстий» зафіксовано максимальну урожайність зеленої маси – до 80,5 т/га, а також підвищення вмісту сухої речовини до +2,3 п.п. і цукрів – до +4,0 % порівняно з контролем. Біологічна дія азоту реалізовувалася через активізацію фотосинтезу та формування стеблової маси, фосфор – через стимуляцію розвитку генеративних органів, а калій – через регуляцію водного обміну й транспортування вуглеводів. Мікроелементи забезпечували ферментативну активність, антиоксидантний захист і гормональний баланс.

Метою дослідження було науково обґрунтувати роль і взаємозв'язок елементів живлення в агробіологічних процесах формування продуктивної частини врожаю культури, адаптованої до умов агоровирощування сорго цукрового.

Отримані результати підтверджують високу ефективність інтегрованого підживлення для забезпечення стабільної урожайності та реалізації потенціалу високопродуктивних гібридів, що може слугувати основою для вдосконалення технологічних карт вирощування культури у різних регіонах України.

Ключові слова: *густота стояння, фотосинтетична активність, суха речовина, біопрепарати, агрокліматичні умови, мікродобрива, продукційний процес, стресостійкість, урожайність зеленої маси.*

Voiniak O. A., Kravchenko V. S. The role of main nutrient elements in the formation of Sorghum saccharatum yield under the conditions of the southern forest-steppe of Ukraine

The results of a three-year field study aimed at evaluating the effectiveness of mineral nutrition in shaping the productive potential of Sorghum saccharatum under the agroecological conditions of the Southern Forest-Steppe of Ukraine are presented. The study examined the effects of major macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) and micronutrients supplied through microfertilizers and biological preparations on growth dynamics, biomass accumulation, physiological and biochemical parameters, and sugar content in vegetative plant organs. It was determined that combined fertilization (BK + Quantum) produced a synergistic effect on plant growth and development, enhancing stand density, height, leaf assimilation area, drought resistance,

© Войняк О. А., Кравченко В. С., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

and water-soluble carbohydrate concentration. Under optimal seeding rates (100–130 thousand plants/ha) for the "Medovyi" and "Troistyi" hybrids, maximum green biomass yield reached up to 80.5 t/ha, with dry matter content increasing by up to +2.3 percentage points and sugar content by up to +4.0 % compared to the control. Nitrogen's biological effect was realized through enhanced photosynthesis and stem biomass formation, phosphorus stimulated generative organ development, and potassium regulated water balance and carbohydrate transport. Micronutrients supported enzymatic activity, antioxidant protection, and hormonal balance.

The aim of the study was to scientifically substantiate the role and interrelationship of nutrient elements in the agrobiological processes that form the productive part of the crop yield, adapted to sugar sorghum cultivation conditions. The results confirm the high efficiency of integrated fertilization in ensuring stable yield and realizing the potential of high-yielding hybrids, which can serve as a basis for improving technological schemes of sorghum cultivation in different regions of Ukraine.

Key words: *stand density, photosynthetic activity, dry matter, biological preparations, agroclimatic conditions, microfertilizers, productive process, stress resistance, green biomass yield.*

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах ведення сільського господарства в Україні актуальним завданням є підвищення продуктивності культур при одночасному раціональному використанні агроресурсів. При цьому досить особливої уваги набуває вирощування посухостійких і високопродуктивних культур, до яких належить сорго цукрове (*Sorghum saccharatum*). Ця культура характеризується високим потенціалом врожайності, здатністю ефективно використовувати вологу та адаптуватися до кліматичних умов Південного Лісостепу України, що робить її перспективною для вирішення проблеми енергетичної та кормової безпеки [1, 2]. Проте реалізація генетичного потенціалу сорго цукрового значною мірою залежить від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення [3]. Аграрна практика та наукові дослідження свідчать про суттєвий вплив таких елементів, як азот, фосфор і калій, на ріст, розвиток і формування врожаю культури [1, 4]. Тому у контексті вивчення продуктивності сортів і гібридів сорго цукрового в умовах Південного Лісостепу України надзвичайно важливим аспектом є оптимізація мінерального живлення, котре в свою чергу виступає фундаментальним чинником формування високого і стабільного врожаю. При цьому досить особливо важливою є оптимізація живлення відповідно до фаз розвитку рослин, типу ґрунтів та погодних умов регіону. Також недостатньо вивченим залишається вплив конкретних форм добрив, часу їх внесення та взаємодії з факторами щільності посіву на фізіолого-біохімічні процеси, відповідальні за транспортування, трансформацію й нагромадження цукру в рослині. Тому виникає актуальна наукова й практична потреба у встановленні чіткої ролі та взаємодії основних елементів мінерального живлення у системі формування врожаю сорго цукрового, що дозволить оптимізувати агротехнічні заходи відповідно до умов Південного Лісостепу України.

Постановка проблеми. У відповідності до праць [1,3] основні елементи живлення – азот (N), фосфор (P) і калій (K) – здійснюють комплексний вплив на ріст, розвиток та формування врожайності сорго цукрового, зумовлюючи, як продуктивність фотосинтетичного апарату, так і здатність рослин до накопичення біомаси та цукрів у стеблі.

Зважаючи на праці [2–4] варто відзначити, що в умовах Південного Лісостепу України, які характеризуються помірно-континентальним кліматом, періодичними літніми засухами та середнім рівнем забезпеченості ґрунтів елементами живлення, досить суттєво зумовлюється необхідність точного балансування параметрів сівби (норма висіву, міжряддя) в поєднанні з раціональним застосуванням мінеральних добрив.

В праці [5] зазначається, що азот відіграє критичну роль у формуванні листової поверхні, посиленні фотосинтетичної активності, синтезі білків і ферментів, що сприяє активному росту вегетативної маси. Його нестача призводить до зниження приростів біомаси, затримки розвитку рослин і зменшення вмісту цукрів у стеблах, тоді як надлишок може викликати погіршення визрівання і зниження концентрації цукру.

У дослідженнях [6, 7] встановлено, що внесення азоту у дозах 60–90 кг/га у поєднанні з фосфором і калієм забезпечує оптимальний ріст і розвиток сорго цукрового, особливо в фазі виходу в трубку та формування волоті.

В працях [8, 9] відзначається, що фосфор, як структурний елемент нуклеїнових кислот, фосфоліпідів та енергетичних сполук (АТФ), є важливим у процесах клітинного поділу, коренеутворення і раннього розвитку рослин.

Згідно з працями [4, 7] у зоні Південного Лісостепу спостерігається суттєвий дефіцит фосфору на малогумусних ґрунтах, що є досить частим явищем, що знижує інтенсивність формування генеративних органів.

За даними агрономічних досліджень, які викладені в працях [8, 9] внесення фосфорних добрив у дозі 60–90 кг/га у вигляді суперфосфату забезпечує активне формування кореневої системи, сприяє рівномірному дозріванню та позитивно впливає на вміст цукру в соковому соку сорго.

В праці [9] наголошується, що калій виступає регулятором водного режиму, активізує ферментативну систему та підвищує стійкість рослин до посухи – що особливо важливо для сорго в умовах Південного Лісостепу, де в літні місяці часто спостерігається нестача вологи.

У відповідності до праць [10, 11] калій покращує накопичення цукрів у клітинному соку, посилює транспірацію і позитивно впливає на якісні характеристики врожаю.

У дослідженнях, які викладені в працях [12] встановлено, що оптимальне дозування калію в межах 60–90 кг/га у поєднанні з азотом і фосфором дає змогу досягти найбільшого співвідношення між продуктивністю та концентрацією цукру в стеблах цукрового сорго.

Згідно з працями [4, 8] комплексне застосування добрив, особливо за умов адаптації до параметрів сівби (щільність стояння рослин, ширина міжрядь), створює оптимальні умови для фотосинтетичної діяльності, формування генеративних органів, накопичення сухої речовини і підвищення енергетичної цінності врожаю.

Зважаючи на агродослідження, які висвітлені в працях [7, 11] варто відмітити, що поєднання підвищеної густоти стояння (180–220 тис. рослин/га) із внесенням повного мінерального удобрення за схемою N90P90K90 забезпечує найвищу врожайність зеленої маси (до 45–52 т/га) та максимальний вміст цукру (до 14–16 %). У відповідності до праць [1–13] доцільно відзначити, що проблема необхідності встановлення ролі основних елементів мінерального живлення у формуванні врожаю цукрового сорго в умовах Південного Лісостепу України полягає у недостатньо повному урахуванні взаємозв'язку між потребами конкретних сортів і гібридів сорго, параметрами сівби та фізіолого-біохімічною дією макроелементів (азоту, фосфору, калію) на продукційний процес у специфічних клімато-ґрунтових умовах регіону. При чому попри існування загальних рекомендацій [7], щодо внесення мінеральних добрив для сорго цукрового, на практиці часто нехтують сортоспецифічними особливостями споживання елементів живлення та адаптивними можливостями рослин до щільності стояння й посушливого клімату, що знижує

ефективність агротехнологій, обмежує реалізацію генетичного потенціалу продуктивності та призводить до нерівномірного накопичення цукру в стеблах.

Зокрема, відсутність точного, експериментально обґрунтованого підходу до визначення оптимального співвідношення макроелементів у системі удобрення для різних агрофонів та схем сівби не дозволяє повною мірою сформувати стратегію живлення, яка б відповідала сучасним вимогам ресурсозбереження, стабільної врожайності та екологічної безпеки.

Мета. Дане дослідження мало на меті визначити чіткі ролі та взаємодії основних елементів мінерального живлення у системі формування врожаю сорго цукрового, що дозволить оптимізувати агротехнічні заходи відповідно до умов Південного Лісостепу України.

Методика досліджень. Дослідження проводили у 2023–2025 рр. на дослідних полях у Південному Лісостепу України (с. Юрівка, Полтавська обл.; с. Агрономічне, Вінницька обл.). Метою було вивчення впливу основних елементів живлення (N, P, K) та мікроелементів на формування врожайності сорго цукрового (*Sorghum saccharatum*).

Експеримент включав:

- Норми висіву: 70, 100, 130, 160 тис. рослин/га;
- Підживлення: контроль (вода), БК (Біокомплекс-БТУ), Кв (мікродобрива Квантум), БК+Кв (комбіноване);
- Гібриди: «Сило 700 Д», «Фаворит», «Медовий», «Троїстий».

Оцінювали масу листя, волоті, стебла та загальну біомасу, вміст сухої речовини, фотосинтетичну активність, густоту стояння і висоту рослин. Підживлення вносили комбіновано: Біокомплекс у ґрунт або обробку насіння, Квантум – позакореневе обприскування у фазі 4–6 листків.

Дані аналізували середні за три роки, визначали абсолютні та відносні прирости біомаси та структури врожаю. Найвищий ефект від підживлення спостерігався при густоті 70–130 тис./га, особливо у гібридів «Медовий» і «Троїстий». Комбіноване живлення БК + Кв забезпечувало синергетичний вплив на ріст, фотосинтез і стресостійкість, що дозволяло максимально реалізувати продукційний потенціал сорго.

Результати досліджень. Дослідження проводили упродовж 2023–2025 рр. на дослідних полях, розташованих у межах Південного Лісостепу України, а саме в Полтавській області с. Юрівка, та Вінницької області с. Агрономічне. В табл.1. наведено результати аналізу виходу структурних частин зеленої маси сорго цукрового, т/га відповіно для с. Юрівка, (Полтавська обл.).

Аналізуючи вихід структурних частин зеленої маси сорго цукрового за різних норм висіву, підживлення і сортових особливостей у с. Юрівка, Полтавська область за 2023–2025 роки, можна виокремити важливі закономірності, що відображають вплив параметрів сівби на загальну врожайність і структуру маси.

Перш за все, видно чітку залежність між нормою висіву та сумарною масою зеленої маси. Найвищі загальні врожаї (у тоннах на гектар) фіксуються при низькій нормі висіву 70 тис. шт./га, а також за застосування комбінованого підживлення (БК + Кв). Наприклад, у Юрівці сорти Медовий і Фаворит при цій нормі та підживленні формують відповідно близько 63,7 та 56,9 т/га зеленої маси, тоді як із збільшенням норми висіву до 160 тис./га врожай суттєво знижується – до 45–40 т/га. Аналогічна тенденція проявляється й у Вінницькій області, що вказує на те, що загущення посівів спричиняє посилену конкуренцію між рослинами, яка обмежує можливості окремої рослини щодо приросту маси. Щодо структури

Таблиця 1

Результати аналізу виходу структурних частин зеленої маси сорго цукрового, т/га середнє за 2023–2025 рр., с. Юрівка, Полтавська обл.

Норма висіву	Підживлення	Гібрид	Листя	Волоть	Стебло	Загалом
70	Контроль	Сило 700 Д	11,3	3,4	27,0	41,7
		Фаворит	7,9	6,6	41,6	56,1
		Медовий	10,4	5,8	48,5	64,7
		Троїстий	14,4	9,3	32,0	55,7
	БК + Кв	Сило 700 Д	12,3	4,4	30,5	47,2
		Фаворит	10,6	9,6	36,7	56,9
		Медовий	12,8	8,1	42,8	63,7
		Троїстий	18,3	11,9	28,4	58,6
100	Контроль	Сило 700 Д	9,8	2,8	25,6	38,2
		Фаворит	7,1	5,2	39,5	51,8
		Медовий	9,3	5,0	45,2	59,5
		Троїстий	11,6	7,4	30,2	49,2
	БК + Кв	Сило 700 Д	11,0	3,5	29,1	43,6
		Фаворит	9,5	8,1	34,6	52,2
		Медовий	11,1	7,3	39,5	57,9
		Троїстий	16,0	10,0	26,4	52,4
130	Контроль	Сило 700 Д	8,1	2,3	23,2	33,6
		Фаворит	6,2	4,6	35,1	45,9
		Медовий	8,1	4,5	40,5	53,1
		Троїстий	9,8	6,3	27,1	43,2
	БК + Кв	Сило 700 Д	9,3	3,1	26,1	38,5
		Фаворит	8,2	6,8	31,0	46,0
		Медовий	9,5	6,0	36,0	51,5
		Троїстий	13,4	8,9	23,9	46,2
160	Контроль	Сило 700 Д	7,2	1,9	21,1	30,2
		Фаворит	5,4	3,6	31,4	40,4
		Медовий	7,0	3,7	36,2	46,9
		Троїстий	8,2	5,1	24,1	37,4
	БК + Кв	Сило 700 Д	8,2	2,6	24,4	35,2
		Фаворит	7,1	5,1	27,9	40,1
		Медовий	8,5	4,9	32,0	45,4
		Троїстий	11,4	7,3	21,6	40,3

* Примітка: Контроль – обробка водою, БК – Біокомплекс-БТУ, Кв – комплекс мікродобрив Квантум, БК + Кв – суміш Біокомплекс БТУ та мікродобрив Квантум.

зеленої маси, слід підкреслити, що найбільшу питому вагу у загальному врожаї має стебло, що є логічним, оскільки сорго цукрове – культура з потужною стебловою масою, особливо цукрового типу. Врожай стебла знижується із збільшенням норми висіву, що знову ж таки свідчить про конкуренцію за ресурси: при загущенні рослини формують тонші, менш масивні стебла. Так, у Юрівці стеблова маса сорту Медовий за нормою 70 тис./га у підживленому варіанті становить понад 42 т/га, а при 160 тис./га – близько 32 т/га.

Аналогічно в табл.2 наведено результати аналізу виходу структурних частин зеленої маси сорго цукрового, т/га відповіно для с. Агрономічне (Вінницька обл.).

З табл.2. випливає, що у Вінницькій області. Листя, хоч і має меншу питому вагу у загальній масі, демонструє позитивну залежність від підживлення – зокрема, комбіноване підживлення стимулює збільшення листкової маси, що важливо для підтримки фотосинтезу та накопичення асимілятів.

Волоть у структурі зеленої маси меншою мірою впливає на загальну врожайність, але підвищується за застосування підживлень, особливо у сортів Фаворит і Троїстий, що можуть мати більший індекс розвитку генеративної маси. Це свідчить про стимуляцію репродуктивних органів під впливом агротехнічних заходів. Сортові відмінності чітко проявляються у масі листя, волоті і стебла. Сорт Медовий стабільно демонструє найвищі значення за всіма компонентами структури маси, що підкреслює його потенціал для формування великого об'єму зеленої маси з високим вмістом цукрів. Сорт Троїстий хоча й має більшу листкову масу, водночас має нижчу стеблову масу, що відображає його інші біологічні особливості.

Підживлення біопрепаратами у комбінації з квітковими стимуляторами позитивно впливає на загальний вихід зеленої маси, збільшуючи масу всіх структурних частин. Цей факт підкреслює важливість збалансованого живлення для підтримки активного росту і розвитку рослин, що є критично важливим у вирощуванні сорго цукрового. Регіональні відмінності виражені у більших значеннях врожайності в Вінницькій області, що вказує на більш сприятливі клімато-ґрунтові умови для росту сорго в цьому регіоні.

Отже, для максимального отримання структурної зеленої маси сорго цукрового слід оптимізувати норму висіву, віддаючи перевагу 70–100 тис. шт./га, і застосовувати комплексні системи підживлення (БК + Кв). Врахування сортових особливостей дозволяє максимально ефективно використовувати агротехнічні заходи, підвищуючи загальний об'єм і якість врожаю, що має важливе практичне значення для технології вирощування сорго цукрового у різних агрокліматичних зонах України.

З огляду на фізіологічну роль елементів живлення можна зробити висновок, що азот стимулював інтенсивний ріст листової поверхні, фосфор сприяв розвитку волоті та прискоренню генеративних процесів, калій забезпечував ефективне накопичення цукрів у стеблах, а мікроелементи (бор, цинк, марганець) підтримували баланс росту і підвищували стійкість рослин до стресових умов. Найбільш виражений ефект поєднання цих елементів проявився при нормах висіву 70–100 тис./га, коли підживлення компенсувало нижчу густоту посіву за рахунок кращого розвитку кожної рослини. Таким чином, застосування суміші БК + Кв можна розглядати як ефективний інструмент підвищення врожайності та оптимізації структури зеленої маси сорго цукрового, особливо у гібридів з високим потенціалом продуктивності, таких як «Медовий» і «Троїстий».

Зокрема у с. Юрівці вплив підживлення БК+Кв проявлявся більш контрастно при низьких і середніх нормах висіву (70–100 тис./га), де рослини мали кращий доступ до простору й ресурсів.

Таблиця 2

Результати аналізу виходу структурних частин зеленої маси сорго цукрового, т/га середнє за 2023–2025 рр., с. Агрономічне, Вінницька обл.

Норма висіву	Підживлення	Гібрид	Листя	Волоть	Стебло	Загалом
70	Контроль	Сило 700 Д	11,7	3,8	28,4	43,9
		Фаворит	8,2	7,0	43,0	58,2
		Медовий	10,8	6,1	50,7	67,6
		Троїстий	15,0	9,8	33,5	58,3
	БК + Кв	Сило 700 Д	12,7	4,7	32,0	49,4
		Фаворит	11,0	10,1	39,1	60,2
		Медовий	13,6	8,5	45,6	67,7
		Троїстий	19,0	12,5	30,2	61,7
100	Контроль	Сило 700 Д	10,3	3,1	27,2	40,6
		Фаворит	7,5	5,7	41,6	54,8
		Медовий	9,7	5,5	47,5	62,7
		Троїстий	12,5	8,0	31,7	52,2
	БК + Кв	Сило 700 Д	11,5	3,9	30,9	46,3
		Фаворит	10,2	8,7	36,9	55,8
		Медовий	12,0	7,9	42,1	62,0
		Троїстий	17,3	10,9	28,1	56,3
130	Контроль	Сило 700 Д	8,6	2,5	24,6	35,7
		Фаворит	6,6	5,0	37,0	48,6
		Медовий	8,6	4,9	42,7	56,2
		Троїстий	10,4	6,8	28,5	45,7
	БК + Кв	Сило 700 Д	9,8	3,3	27,6	40,7
		Фаворит	8,6	7,5	32,3	48,4
		Медовий	10,0	6,6	37,4	54,0
		Троїстий	14,5	9,6	25,2	49,3
160	Контроль	Сило 700 Д	7,6	2,0	22,4	32,0
		Фаворит	5,7	3,9	30,9	40,5
		Медовий	7,3	4,0	35,7	47,0
		Троїстий	8,7	5,5	23,8	38,0
	БК + Кв	Сило 700 Д	8,7	2,8	25,9	37,4
		Фаворит	7,5	5,5	27,5	40,5
		Медовий	9,0	5,3	31,5	45,8
		Троїстий	12,2	7,9	21,3	41,4

* Примітка: Контроль – обробка водою, БК – Біокомплекс-БТУ, Кв – комплекс мікродобрив Квантум, БК + Кв – суміш Біокомплекс БТУ та мікродобрив Квантум.

- Норма 70 тис./га:
  - «Сило 700 Д»: приріст загальної маси з 41,7 до 47,2 т/га (+5,5 т/га, +13,2 %), головно за рахунок стебла (+3,5 т/га) та листя (+1,0 т/га);
  - «Медовий»: майже незмінний загальний урожай (64,7 → 63,7 т/га, –1,0 т/га), але перерозподіл у бік більшої маси листя та волоті;
  - «Троїстий»: +2,9 т/га (+5,2 %), приріст рівномірний по листю та волоті, але маса стебла трохи зменшилась.
- Норма 100 тис./га:
  - «Сило 700 Д»: +5,4 т/га (+14,1 %), основний приріст у стеблі (+3,5 т/га);
  - «Троїстий»: +3,2 т/га (+6,5 %), посилення як вегетативної, так і генеративної маси.
- Норма 130–160 тис./га:
  - Прирости скромніші, а в окремих гібридів («Медовий», 160 тис./га) навіть негативні (−1,5 т/га), що може пояснюватись конкуренцією за ресурси;
  - Найкращий відносний результат на густоті 160 тис./га – «Троїстий» (+2,9 т/га, +7,8 %), де підживлення, ймовірно, підтримало фотосинтетичну активність при стресових умовах загущення.

В результаті в с. Юрівка: Підживлення найбільш ефективне при 70–100 тис./га, особливо у «Сило 700 Д» і «Троїстого», де спостерігається значний приріст загальної маси і збільшення частки листя та волоті, що свідчить про баланс вегетативної та генеративної продуктивності.

Натомість в с. Агрономічне (Вінницька обл.) ефект підживлення загалом стабільніший по всіх нормах висіву, але відносні прирости трохи нижчі, ніж у с. Юрівка, через вищі базові врожаї в контролі.

- Норма 70 тис./га:
  - «Фаворит»: +2,0 т/га (+3,4 %), головно за рахунок приросту листя (+2,8 т/га) та волоті (+3,1 т/га), тоді як стебло зменшилось;
  - «Троїстий»: +3,4 т/га (+5,8 %), приріст більш рівномірний, але особливо помітний у листі (+4,0 т/га) та волоті (+2,7 т/га).
- Норма 100 тис./га:
  - «Троїстий»: +4,1 т/га (+7,9 %), причому збільшились усі структурні частини, що говорить про комплексний вплив живлення;
  - «Медовий»: практично стабільна врожайність (62,7 → 62,0 т/га, –0,7 т/га), але невелике збільшення частки листя.
- Норма 130 тис./га:
  - «Троїстий»: +3,6 т/га (+7,9 %), основний приріст у листі (+4,1 т/га);
  - Інші гібриди показали прирости 1,8–2,5 т/га, головно за рахунок вегетативної маси.
- Норма 160 тис./га:
  - Найкращий ефект у «Троїстого» (+3,4 т/га, +8,9 %), що може бути пов’язано з його адаптивністю до загущення.
  - Інші гібриди мають скромніший приріст (1,0–1,8 т/га), а у «Фаворита» – стабільна врожайність (40,5 т/га у контролі та підживленні).

В результаті в с. Агрономічному: Підживлення забезпечує стабільний позитивний ефект навіть при високих нормах висіву, але найбільш виражене зростання відбувається у «Троїстого» на рівнях 70–130 тис./га, причому поліпшення стосується як листя, так і волоті, що свідчить про вплив на обидві фази росту.

У фазу молочно-воскової стиглості вплив елементів живлення ще більш виразний, ніж у попередньому періоді вегетації, і має чіткі закономірності залежно від локації, норми висіву, гібрида та варіанту підживлення.

Зокрема в с. Юрівка (Полтавська обл.) підживлення позитивно впливало на врожайність у всіх варіантах, причому комбінація БК+Кв стабільно давала найвищі показники.

- Норма 70 тис./га: Контрольні значення становили від 39,4 т/га («Сило 700 Д») до 57,1 т/га («Медовий»). Підживлення БК+Кв забезпечувало приріст від +4,6 т/га («Сило 700 Д») до +11,1 т/га («Фаворит»), що у відсотках відповідало +11,7–+21,3 %. Найвищу абсолютну врожайність отримано у «Медового» – 68,2 т/га.
- Норма 100 тис./га: Контроль – 43,2–63,6 т/га; підживлення БК+Кв підняло показники до 49,0–72,6 т/га. Найбільший приріст спостерігався у «Сило 700 Д» (+5,8 т/га) та «Фаворита» (+10,4 т/га).
- Норма 130 тис./га: При базово високих контрольних врожаях (51,5–63,8 т/га) додавання БК+Кв дало абсолютний приріст на рівні 3,9–12,4 т/га, найбільше у «Медового» (63,8 → 76,2 т/га, +12,4 т/га, +19,4 %).
- Норма 160 тис./га: Тут ефект зменшувався через конкуренцію між рослинами, але навіть так приріст сягав 5–12,1 %. Найкращий результат – у «Медового» (58,5 → 70,6 т/га, +12,1 т/га).

В результаті в с Юрівка: БК+Кв давало стабільний приріст у всіх густотах, але відносно найбільший ефект при 70–130 тис./га. Найчутливіші гібриди – «Медовий» і «Фаворит», які в окремих випадках додавали понад 10 т/га.

Натомість в с. Агрономічне (Вінницька обл.) ефект від підживлення також виражений, але стартові контрольні врожаї вищі, тому відносні прирости трохи нижчі.

- Норма 70 тис./га: Контроль: 41,6–59,8 т/га; БК + Кв: 46,7–71,6 т/га. Найбільший приріст – у «Медового» (+11,8 т/га, +19,7 %). «Троїстий» зріс на +10,3 т/га (56,3 → 66,6 т/га).
- Норма 100 тис./га: Контроль: 45,7–66,3 т/га; БК + Кв: 52,0–75,9 т/га. Абсолютні прирости 6,3–9,6 т/га. Найкраща реакція – у «Медового» (+9,6 т/га) і «Троїстого» (+11,1 т/га).
- Норма 130 тис./га: При високих контрольних показниках (54,6–67,0 т/га) приріст від БК + Кв становив 4,4–13,5 т/га. «Медовий» – рекордний результат 80,5 т/га (+13,5 т/га, +20,1 %).
- Норма 160 тис./га: Тут ефект підживлення дещо менший, але стабільно позитивний: +5,2–12,3 %. Наприклад, «Медовий» – 61,2 → 73,5 т/га (+12,3 т/га).

В результатів в с. Агрономічне: Підживлення, особливо БК + Кв, дало прирости у межах 10–20 % навіть при високих стартових врожаях. Найбільш чутливі гібриди – «Медовий» і «Троїстий». Оптимальні норми – 100–130 тис./га, де поєднується висока база і значний ефект від живлення.

Таким чином:

- Від застосуванн БК+Кв у більшості випадків перевищувалося не лише контроль, а й окремі варіанти з БК чи Кв, що вказує на синергетичний ефект мікробіологічного комплексу та мікродобрив.
- Абсолютний приріст у с. Юрівка досягає +12,4 т/га, в Агрономічному: +13,5 т/га.
- Найвища ефективність підживлення проявляється у гібридів з високим потенціалом («Медовий», «Троїстий»), що зумовлено кращим використанням елементів живлення.

Таблиця 3

Результати аналізу порівняльного узагальненого дослідження щодо впливу основних елементів живлення на врожай сорго цукрового в умовах Південного Лісостепу України (с. Юрівка та с. Агрономічне)

Локація / Норма висіву	Найбільш чутливі гібриди	Ефект від підживлення БК + Кв на врожайність (т/га)	Приріст врожайності (%)	Вплив на структуру врожаю	Підвищення вмісту сухої речовини (п.п.)
с. Юрівка 70 тис./га	Фаворит, Медовий	+10,6…+11,1 (до 68,2 т/га у Медового)	19,4–21,1	+15–30 % до маси волоті, +10–20 % листя	+1,9…+2,1
с. Юрівка 100 тис./га	Троїстий, Фаворит	+9,6…+10,4 (до 72,6 т/га у Медового)	14,1–18,1	Зростання частки генеративних органів	+1,8…+2,0
с. Юрівка 130 тис./га	Медовий	+12,4 (до 76,2 т/га)	19,4	Збільшення листя і стебел	+2,0…+2,1
с. Юрівка 160 тис./га	Медовий, Сило 700 Д	+12,1 (до 70,6 т/га)	18,0–20,7	Підтримка листового апарату при загущенні	+2,0…+2,2
с. Агрономічне 70 тис./га	Фаворит, Медовий	+11,8 (Медовий), +11,7 (Фаворит)	19,7–21,4	+15–25 % волоті, +10–15 % листя	+1,8…+2,0
с. Агрономічне 100 тис./га	Троїстий, Фаворит	+11,1 (Троїстий), +9,6 (Медовий)	14,4–17,8	Баланс листя/волоті	+1,8…+2,1
с. Агрономічне 130 тис./га	Медовий	+13,5 (до 80,5 т/га)	20,0	Посилений розвиток генеративних органів	+2,0…+2,3
с. Агрономічне 160 тис./га	Медовий, Сило 700 Д	+12,3 (Медовий), +10,8 (Сило 700 Д)	17,3–20,4	Збереження маси листя і волоті	+2,0…+2,3

ISSN 2226-0099 (Print), ISSN 2664-6102 (Online)

• Високі норми висіву (160 тис./га) знижують відносний ефект, але не усувають його, що свідчить про здатність підживлення пом'якшувати негативний вплив загущення.

В табл.3. наведено результати аналізу порівняльного узагальненого дослідження щодо впливу основних елементів живлення на врожай сорго цукрового в умовах Південного Лісостепу України (с. Юрівка та с. Агрономічне).

З Табл. 3. випливає, що внесення комплексу добрив БК + Кв суттєво підвищує врожайність сорго цукрового незалежно від густоти висіву, особливо у гібриду «Медовий». Максимальні абсолютні прирости урожаю (до 80,5 т/га) і сухої речовини (+2,3 п.п.) зафіксовано при нормі висіву 130 тис./га в с. Агрономічне, що свідчить про оптимальність цього режиму для реалізації потенціалу сорго цукрового.

В табл.4. наведено результати порівняльна характеристика дії підживлень сорго цукрового в умовах Південного Лісостепу України (с. Юрівка та с. Агрономічне).

Таблиця 4

Результати порівняльна характеристика дії підживлень сорго цукрового в умовах Південного Лісостепу України (с. Юрівка та с. Агрономічне)

Параметр / Підживлення	Локація	БК	Квантум	БК + Квантум
Головний напрям впливу	обидві	Активізація мікрофлори ґрунту	Антистресове листкове живлення	Комбінована дія (ґрунт + листок)
Основний ефект	обидві	Ріст кореневої системи	Посилення фотосинтезу	Приріст біомаси, висоти, густоти стояння
Приріст густоти стояння (%)	с. Юрівка	+7–9	+9–11	+13–15
	с. Агрономічне	+6–8	+8–10	+12–14
Збільшення висоти рослин (%)	с. Юрівка	+6–8	+8–10	+11–13
	с. Агрономічне	+5–7	+7–9	+10–12
Рекомендований спосіб внесення	обидві	Обробка насіння / в ґрунт	Обприскування (4–6 листків)	Комбінований: насіння + обприскування

З табл. 4. випливає, що поєднання підживлень БК + Квантум забезпечує найвищий ефект у обох локаціях – зростання густоти стояння до 15 % і висоти до 13 %, що особливо виражено в с. Юрівка, що свідчить про синергічну дію ґрунтового й позакореневого живлення на активний ріст сорго цукрового.

Таким чином, підживлення, що використовувалося у дослідженні, суттєво впливає на ключові елементи структури врожаю сорго – густоту стояння та висоту рослин. Біологічне живлення через БК забезпечує розвиток кореневої системи та підвищення виживаності, мікродобриво Квантум – фотосинтетичну активність та стійкість до стресів, а їх комбінація формує повноцінну систему живлення, що дозволяє повною мірою реалізувати генетичний потенціал сорго цукрового у виробничих умовах південного Лісостепу України. Отримані результати мають високу практичну цінність і можуть бути основою для удосконалення агротехнологій вирощування сорго з акцентом на екологічність, ефективність і адаптивність до змін клімату.

Вплив основних елементів живлення – азоту (N), фосфору (P) і калію (K), а також мікроелементів (Fe, Zn, B, Mn, Cu тощо) – на сорго цукрове в умовах Південного Лісостепу України був комплексним і системним, оскільки кожен із них реалізував окрему, але взаємопов'язану функцію у формуванні врожаю.

Насамперед, азот виявився ключовим елементом, що формував інтенсивність вегетативного росту. Його дія позначалася на формуванні потужного стебла, збільшенні площі листкової поверхні, тривалості функціонування фотосинтетичного апарату. У варіантах з підживленням рослини мали вищу біомасу, більший вміст хлорофілу в листках, що дозволяло ефективніше накопичувати асимілянти. Результатом цього був приріст висоти рослин (до 13 %) і загальної маси, що є критично важливим у цукровому сорго, оскільки саме стебло є основним органом накопичення цукру.

Натомість фосфор впливав переважно на розвиток кореневої системи, ранній старт росту та ефективність використання води. У дослідженнях відзначалося, що за варіантами з покращеним фосфорним живленням коренева система розвивалася глибше, а загальна адаптивність рослин до ґрунтової посухи була вищою. Також фосфор сприяв прискоренню переходу до фаз викидання волоті та наливу цукру, що є важливим за короткочасного сприятливого періоду у фазі воскової стиглості.

Калій значно впливав на регуляцію водного обміну, синтез і транспортування цукрів, підвищував механічну міцність стебла. Його присутність забезпечувала краще насичення стебел соком, а відповідно й більший вміст цукру. У варіантах із комбінованим підживленням (БК + Квантум), які опосередковано забезпечували оптимальне забезпечення калієм, вміст цукру в стеблах зростав на 2,5–4,0 % у порівнянні з контролем. Це свідчить про активну участь калію у фізіологічному процесі накопичення розчинних вуглеводів.

Крім того, мікроелементи, які надходили з мікродобрива Квантум (зокрема цинк, бор, мідь, марганець, молібден), мали важливу роль у формуванні ферментативної активності, фотосинтетичного потенціалу, антиоксидантного захисту клітин і регуляції синтезу гормонів. Особливо важливою була роль бору у формуванні судинних пучків, що забезпечувало якісне транспортування цукрів у стеблі, а цинк був критичним для активації ферментів, які відповідають за синтез гормонів росту. Це, у свою чергу, позитивно відображалось на розвитку волоті, кількості зерен і цукристості соку.

Варто також наголосити, що дія окремих елементів була не ізольованою, а комплексною. Найкращі результати спостерігалися за умов збалансованого забезпечення N, P, K та мікроелементів, що забезпечувалося комбінованим застосуванням біопрепарату (БК) і мікродобрива (Квантум). Саме така система живлення виявилась найбільш ефективною у підвищенні адаптивного потенціалу сорго до кліматичних коливань, сприяла реалізації генетичного потенціалу продуктивності та забезпечувала істотне підвищення урожайності і якості продукції. Отже, внесення основних елементів живлення є не лише агротехнічним заходом, а й інструментом фізіолого-біохімічної регуляції розвитку сорго цукрового в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Узагальнюючи результати дослідження, можна зробити висновок, що ефективність формування врожаю сорго цукрового в умовах Південного Лісостепу України значною мірою залежить від збалансованого мінерального живлення, зокрема за умов застосування комбінованого підживлення на основі біологічного комплексу та мікродобрива (БК + Квантум). Отримані дані свідчать про високий потенціал таких

агротехнічних заходів для підвищення продуктивності та цукристості культури, особливо у гібридів «Медовий» і «Троїстий», при оптимальних нормах висіву 70–130 тис. рослин/га. Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні системи живлення з урахуванням біохімічних особливостей сорго, агрофізичних характеристик ґрунту та адаптації технологій до сучасних викликів кліматичних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Герасименко Л. А. Перспективи вирощування сорго в Україні. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату* : зб. наук. пр. Всеукр. наук.-практ. конф. (15–16 черв. 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль, 2017. С. 69. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2017_3_12 (дата звернення: 15.01.2026).

2. Грабовський М. Б. Агротехнологічне обґрунтування вирощування кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу : автореф. дис. … д-ра с.-г. наук. Дніпро, 2019. 40 с. URL: https://institut-zerna.com/library/repozitariy/docs/grabovskiy/grabovskiy-dis.pdf (дата звернення: 01.01.2026).

3. Коваленко О. А., Чернова А. В., Моспаненко Т. О. Сорго цукрове та його перспективи для зони Південного Степу України. *Конференція 4–5 грудня 2014 р. Секція 1. Сільськогосподарські науки*. URL: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2014_12_4_5/sekcija_1_silskogospodarski_nauki/sorgo_cukrove_ta_jogo_perspektivi_dlja_zoni_pivdennogo_stepu_ukrajini/10-1-0-156 (дата звернення: 05.01.2026).

4. Курило В. Л., Герасименко Л. А. Вплив погодних умов на урожайність сорго цукрового залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2011. Вип. 12. С. 74–78. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2013_2_9 (дата звернення: 05.01.2026).

5. Моргун А. В., Любич В. В. Технологічні параметри біоенергетики різних культиварів сорго цукрового залежно від умов вирощування. *Аграрні інновації*. 2025. № 27. С. 61–68. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.27.10 (дата звернення: 15.01.2026).

6. Музика О. В. Формування врожаю сорго цукрового за вирощування як енергетичної культури в умовах Лісостепу Правобережного : автореф. дис. … канд. с.-г. наук. Біла Церква : Білоцерків. нац. аграр. ун-т, 2020. 18 с. URL: https://newlibrary.snau.edu.ua/bib/118195 (дата звернення: 15.01.2026).

7. Перспективи виробництва біоетанолу та пелет при вирощуванні культиварів цукрового сорго на рекультивованих землях / М. Харитонов та ін. *Bulletin of Lviv National Environmental University: Agronomy*. 2023. № 27. С. 74–80. DOI: https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.074 (дата звернення: 02.01.2026).

8. Польовий А. М. Агроекологічні умови формування продуктивності сорго в південних областях України в умовах змін клімату. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 4. С. 62–68. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/8349/1/Вісник%20ПДАА_4_2020_1.pdf (дата звернення: 05.01.2026).

9. Попова О. П., Кулик М. І. Вплив елементів технології вирощування на врожайність та цукристість біомаси сорго цукрового. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*. 2024. № 45. С. 50–58. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.7 (дата звернення: 15.01.2026).

10. Федорчук М. І., Каленська С. М., Рахметов Д. Б., Коковіхін С. В., Федорчук Є. М., Поливода О. М., Федорчук В. Г., Коваленко О. А. Методичні рекомендації з інноваційних технологій вирощування та переробки сорго для використання як альтернативних джерел енергії. URL: http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2768 (дата звернення: 02.01.2026).

11. Чернова А. В. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від норм висіву, бактеріальних препаратів та мікродобрив в умовах Південного Степу України : дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09 – рослинництво / наук. керівн. О. А. Коваленко. Миколаїв : МНАУ, 2021. 238 с. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/19309 (дата звернення: 05.01.2026).

12. Abu-Ellail F. F. B., Ghareeb Z. E., Attia A. E. Genetic analysis for morphological, quality and biofuel related traits in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2023. Vol. 83, no. 4. P. 508–517. DOI: https://doi.org/10.31742/isgpb.83.4.7 (дата звернення: 01.01.2026).

13. Development of land suitability assessment applications for sorghum, sweet potato and sugarcane / S. Rahim et al. *Journal of Smart Agriculture and Environmental Technology*. 2024. Vol. 2, no. 2. P. 61–66. DOI: https://doi.org/10.60105/josaet.2024.2.2.61-66 (дата звернення: 01.01.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 20.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 628.86.89
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.36

РЕКОНСТРУКЦІЯ ЯК РАЦІОНАЛЬНИЙ ШЛЯХ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ У СВИНАРСТВІ

Іванов В. О. *– д.с.-г.н., професор,*
г.н.с. 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

У статті наводяться матеріали які стосуються розробці і застосуванню інноваційних технологічних рішень на племінному репродукторі. Вони включають розробку виробничої програми для племрепродуктора на 180 свиноматок, яка містить наступні показники: крок ритму, кількість технологічних груп, їх розмір, кількість постійного поголів'я та кількість головомісць, об'ємно-планувальні рішення приміщень для утримання підсисних свиноматок з поросятами, відлучених поросят, ремонтного молодняку свиней. Наводиться детальна характеристика обладнання для утримання, годівлі, напування різних технологічних груп свиней. Характеризуються основні системи життєзабезпечення свиней: годівлі, вентиляції, обігріву, видаленню гною.

Наводяться результати ефективності експериментального обладнання для утирання підсисних свиноматок з поросятами і відлучених поросят. Встановлено, що комплекс проведених удосконалень станкового обладнання сприяв збільшенню маси гнізда і збереженню поросят. В контрольній групі (n = 10 свиноматок і 120 поросят на початку досліду) маса гнізда при відлученні у 28 днів склала 77,23 ± 0,72 кг, а дослідній (n = 10 свиноматок і 120 поросят на початку досліду)) відповідно 89,07 ± 0,69, (p < 0,001). Кількість поросят при відлученні склала у контрольній групі – 11,01 ± 0,12, а в дослідній – 11,42 ± 0,14 голів. Середня жива маса поросят у контрольній групі склала 7,02 ± 0,24 кг, а в дослідній – 7,8 ± 0,23 кг, (p < 0,001).

Запропонований комплес технологічних факторів сприяв збішенню енергі росту і збереженістю молодняку на дорощуванні. Жива маса поросят при постановці на дорощуванні у контрольній групі (n = 46) склала 7,55 ± 0,33 кг, а в дослідній (n = 46) – 7,41 ± 0,27 кг. На кінець дорощування жива маса молодняку у контрольній групі склала 25, 12 ± 0,43 кг, в дослідній – 8,37 ± 0,51 кг (p < 0,001). Збереженість молодняку у дослідній групі склала 97,82 %, а в контрольній – 95,65 %.

Ключові слова: *племрепродуктор, реконструкція, обладнання, свиноматки, поросята, ремонтні свинки, продуктивність.*

Ivanov V. O., Solovyov A. M. Reconstruction as a rational way of implementing innovative solutions in pig farming

The article provides materials related to the development and application of innovative technological solutions on the breeding reproducer. They include – development of a production program for a breeding farm for 180 sows, which contains the following indicators: rhythm step, number of technological groups, their size, number of permanent livestock and number of headspaces, volume-planning solutions for premises for keeping suckling sows with piglets, weaned piglets, replacement young pigs. A detailed description of the equipment for keeping,

© Іванов В. О., Соловйов А. М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

feeding, and watering different technological groups of pigs is given. The main systems of life support for pigs are characterized: feeding, ventilation, heating, and manure removal.

The results of the experimental equipment for wiping suckling sows with piglets and weaned piglets. It was established that the complex of improvements made to the machine equipment contributed to an increase in the mass of the nest and the survival of piglets. In the control group (n = 10 sows and 120 piglets at the beginning of the experiment) the mass of the nest at weaning at 28 days was 77.23 ± 0.72 kg, and the experimental (n = 10 sows and 120 piglets at the beginning of the experiment)) respectively 80.07 ± 0.69, (p < 0.001). The number of piglets at weaning was in the control group – 11.01 ± 0.12, and in the experimental – 11.42 ± 0.14 heads. The average live weight of piglets in the control group was 7.02 ± 0.24 kg, and in the experimental – 7.8 ± 0.23 kg, (p < 0.001). The proposed complex of technological factors contributed to the reduction of growth energy and the safety of young animals during rearing. For example, the live weight of piglets when placed on rearing in the control group (n = 46) was 7.55 ± 0.33 kg, and in the experimental group (n = 46) – 7.41 ± 0.27 kg. At the end of rearing, the live weight of young animals in the control group was 25, 12 ± 0.43 kg, in the experimental group – 28, 37 ± 0.51 kg (p < 0.001). The survival of young animals in the experimental group was 97.82 %, and in the control group – 95.65 %.

Key words: *breeding stock, reconstruction, equipment, sows, piglets, replacement pigs, productivity.*

Постановка проблеми. Сучасний стан галузі свинарства залежить від ефективної діяльності підприємств різної форми власності і господарювання [1]. Детальний аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду свідчить про те що вітчизняна галузь може стати успішною в разі реконструкції і модернізації існуючих та будівництві нових ферм і комплексів з промисловою технологією [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Реконструкції відбувається шляхом зміни об'ємно-планувальних рішень; заміни чи підсилення існуючих конструкцій; знесення існуючих і будівництва нових споруд, пов'язаних з експлуатацією технологічного обладнання; заміни морально застарілого чи фізично зношеного обладнання; механізації і автоматизації виробничих процесів [9, 10, 11].

На думку ряду вітчизняних фахівців реконструкція включає три основні напрями: власне реконструкція існуючих спеціалізованих підприємств по виробництву свинини; нове будівництво свинарських ферм і комплексів; виробництво свинини у фермерських і особистих підсобних господарствах

Модернізація малої свиноферми УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого сприяла збільшенню виходу поросят на свиноматку (на 11,1 %), живої маси поросят (на 6,1 %), середньодобового приросту (на 7,5 %), зменшенню втрат кормів (на 6,7 %). В результаті проведеним заходам з модернізації малої свиноферми, рентабельність виробництва свинини становила 8,7 % [12].

В зв'язку з вище зазначеним, актуальним є проведення реконструкції застарілих ферм з використанням сучасних технологічних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з умов успішного нарощування виробництва свинини в Україні, успішного відродження виробництва її на сільгосппідприємствах, забезпечення інтенсифікації галузі на інноваційній основі, покращення якості свинини та підвищення прибутковості її виробництва є реконструкція і будівництво свиноферм і комплексів на основі провадження досягнень НТП. Реконструкція існуючих та будівництво нових ферм та комплексів є основним шляхом досягнення раціонального рівня концентрації та інтенсифікації свинарства. Реконструкція передбачає переобладнання існуючих виробничих потужностей, пов'язане з удосконаленням систем утримання, годівлі, вентиляції гноєвидалення. Реконструкція свинарських ферм має бути такою: сума інвестицій для її проведення не повинна перевищувати 60 % вартості нового будівництва

аналогічного об'єкта. «Періодичність реконструкції має бути кратною середньому терміну служби основного обладнання та складати в середньому 10–20 років» [13]. Сьогодні реконструкція існуючих та будівництво нових свинарських підприємств є основним шляхом досягнення раціонального рівня концентрації та інтенсифікації свинарства.

Фахівці Дніпропетровського державного аграрного університету вважають, що удосконалення процесу проектування свинарських підприємств сприяє найбільш раціональному використанню виробничих площ свинарників, що дозволяє підвищити ступінь використання площі приміщень на 7–9 % [14].

Група вчених встановила, що продумана реконструкція, уможливлює не лише підвищення продуктивність тварин, а й значно поліпшує умови утримання поголів'я свиней різних технологічних груп, покращує роботу обслуговуючого персоналу [15, 16, 17]. Звичайно при проведенні реконструкції слід враховувати нормативні документи для проектування підприємств по виробництву тваринницької продукції [18].

Задача модернізації – забезпечення максимальну економію енергії, ефективне використання виробничої площі, підвищувати продуктивність праці та отримання високоякісної продукції. Спеціалісти АПК Інжиніринг «Монтажник» вважають, що «реконструкція та модернізація систем вентиляції, потрібна будівлям, у яких системи вентиляції вже застаріли, або ж не здатні обслуговувати належним чином». На їх думку модернізація потрібна у таких випадках: « моторесурс обладнання вичерпаний; техніка морально застаріла; підприємство або ж приміщення розширюється; збільшуються виробничі площі, кількість людей і персоналу; у приміщеннях сталася перепланування; параметри роботи діючої системи вентиляції не відповідають нормам і правилам, що діють на території України» [19].

За даними [20, 21] причинами проведення реконструкції систем гноєвидалення є: значне збільшення обсягів гною, які виникли внаслідок суттєвого збільшення розмірів свинокомплексів; помилки у проєктуванні, які привели у невідповідність потужність підприємства і об'єм гнойових стоків; конфліктні ситуації між населенням і власниками свинокомплексів, які забруднюють довкілля.

Постановка завдання. На основі практичного досвіду в області реконструкції і модернізації пропонується розробити і застосувати інноваційні рішення у промислову технологію виробництва племінної продукції, які включають:

– розробку виробничої програми для племрепродуктора на 180 свиноматок, яка містить наступні показники: крок ритму, кількість технологічних груп, їх розмір, кількість постійного поголів'я та кількість головомісць;

– розробку об'ємно-планувальних рішень приміщень і обладнання для утримання свиней;

– пропозиції щодо застосування системи годівлі, видалення гною вентиляції.

Задача племрепродуктора – племпродажа молодняку населенню і поповнення основного стада ремонтними свинками відповідно до розробленої програми. Проведення запланованої реконструкції дозволить збільшити виробництво продукції, знизити витрати собівартість свинини.

Виклад основного матеріалу. Для здійснення реконструкції племрепрдуктора на 180 свиноматок у господарстві ДП ДГ «Смілянське» Черкаської області заплановано провести три етапи. На першому етапі розробляли вихідні дані для проектування: об'єм і ритм виробництва, статево-вікове поголів'я у розрізі технологічних груп, кількісні і якісні показники продуктивності, падіж, санітарний брак, постійну кількість тварин на потоці, потребу у виробничих приміщеннях,

кормах, воді, виходу гною. На другому етапі розробляли об'ємно-планувальні рішення свинарника, його виробничих секторів, експериментального обладнання та досліджували окремі його показники. На третьому етапі проводили дослідження ефективності інноваційних розробок при вирощуванні поросят-сисунів та віднятих поросят з метою впровадження відповідних рекомендації під час реконструкції племрепродуктора.

Для визначення ефективності експериментального обладнання, в одному із приміщень господарства сформували контрольну групу (n = 10) підсисних свиноматок, які утримувалися в станках із стаціонарними фіксуючими боксами. У дослідній групі підсисні свиноматки (n = 10) утримувалися в експериментальних станках, що мали фіксуючий бокс придатний до трансформування і годівницю вставлену у отвір бокової суміжної стінки.

У іншому приміщенню сформували дві групи відлучених поросят – контрольну і дослідну по 46 голів у кожній. Відлучені поросята дослідної групи користувалися експериментальними ігровими пристроями, бункерними самогодівницями, які здатні до обертання під дією рильця поросяти, а контрольної – прямокутними стаціонарними. Дослідження проведено згідно методичних рекомендацій [22, 23]. Основні параметри потокового виробництва на племрепродукторі наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Основні технологічні параметри потокового виробництва

Технологічна група	Тривалість	Кількість		
	перебування тварин у групі, дні	санітарного розрива, дні	груп	тварин у групі, голів
Холості свиноматки (буферна група)	12	2	6	13
Умовно-поросні свиноматки	30	6	4	10
Явно-поросні свиноматки	80	1	9	8
Підсисні свиноматки	41	4	5	8
Поросята-сосуни	28	0	0	98
Відлученні поросята	50	4	6	88
Племінний молодняк	140	2	8	79
Ремонтний молодняк	70	4	16	4

Таблиця 2

Кількість головомісць, яка необхідна для племрепродуктора

Технологічна група	Необхідно головомісць	Технологічна група	Резерв головомісць
Холості свиноматки	20	–	–
Умовно-поросні свиноматки	40	30	5
Явно-поросні свиноматки	72	54	10
Підсисні свиноматки з поросятами	25	32	0
Відлучені поросята	528	871	0
Відгодівельний і племінний молодняк	640	428	0
Ремонтний молодняк	64	47	31

На основі отриманих параметрів потокового виробництва розробили об'ємно-планувальні рішення свинарника і його виробничих секторів (рис. 1).

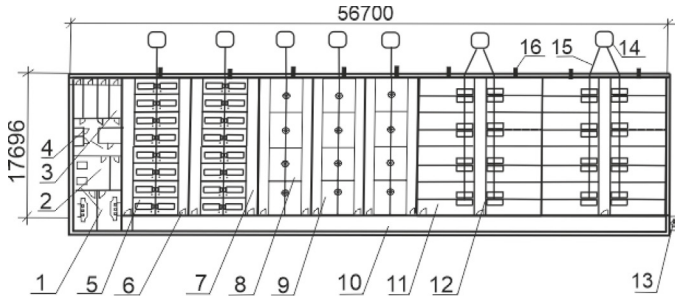


Рис. 1. Об'ємно-планувальні рішення модульного свинарника-репродуктора на 180 свиноматок: 1, 2, 3 – побутові приміщення для операторів, 4 – вхідні двері, 5 – станки для опоросу, 6 – хвіртка, 7 – суцільна перегородка між секторами, 8 – сектор для вирощування відлучених поросят, 9 – групові станки, 10 – галерея сектор для утримання і годівлі ремонтних свинок, 11 – сектор для утримання ремонтного молодняку в групових станках з електронною кормовою станцією, 12 – електронна кормова станція, 13 – ворота, 14 – бункер для комбікормів, 15 – спіральний кормопровід, 16 – витяжний вентилятор

У першому секторі у двох ізольованих секціях розміщено 32 маточних станка, які відокремлені суцільною легкою перегородкою із ПВХ. В станках відбувається опорос свиноматок і вирощування поросят-сисунів до 28-денного віку. Маточні станки (2,05 × 2,4 м) наведено на рис. 2. Між станками розміщені поперечні проходи шириною 1,2 м. Перша особливість станка полягає в тому, що він обладнаний будиночком для поросят, який здатний до трансформації стінок і містить гумовий килимок з джерелом обігріву і інфрачервоною лампою.

В результаті запропонованих конструктивних особливостей у будиночку досягається обігрів поросят «знизу» і «зверху», що на думку фахівців є доцільнішим технологічним прийомом, порівняно з існуючим [24].

Другою особливістю станка є те, що він обладнаний круглою годівницею, яка встановлена в отвір бокової стінки двох сусідніх станків і може вільно обертатися під дією рильця поросят.

Обертання годівниці к кормом привертає увагу поросят як власного гнізда так і сусіднього. В результаті чого зав'язуються ігрові відносини між ними, що викликає три позитивні дії, перша – відбувається стимуляція кормової активності, яка призводить до більшого споживання корму, друга – зменшується кількість конфліктних ситуацій, третя – забезпечується комфортніша ситуація в групах. Третя особливість станка полягає в тому, що у ребра передньої і задньої стінок будиночка та в середині бокових стінок вмонтовані вертикальні роялні петлі, а в середині верхньої стінки вмонтовані три горизонтальні роялні петлі, які забезпечують складання елементів конструкції у компактний стан. Під час санітарного розриву за рахунок трансформації елементів конструкції будиночок становиться компактним, що спрощує проведення дезінфекції та інших робіт.

Виробнича перевірка розробленого обладнання показала, що комплекс проведених удосконалень станкового обладнання сприяв збільшенню маси гнізда і збереженню поросят. В контрольній групі (n = 10 свиноматок і 120 поросят на початку досліду) маса гнізда при відлученні у 28 днів склала 77,23 ± 0,72 кг,

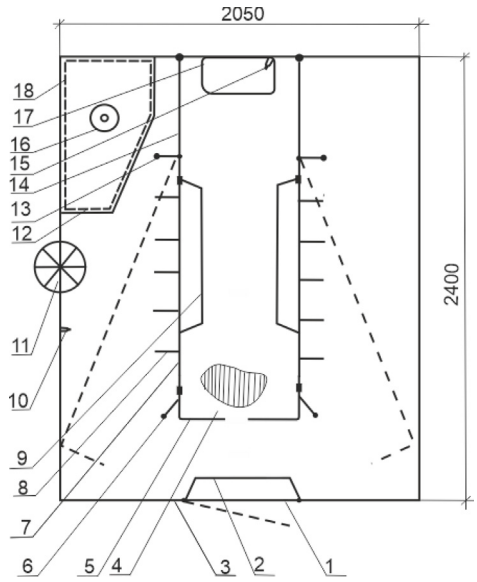


Рис. 2. Станок для утримання підсисних свиноматок: 1 – хвіртка, 2 – захисна дуга, 3 – огорожа, 4 – фіксуючий бокс, 5 – задня стінка боксу, 6, 18 – кріплення боксу, 7 – бокова перегородка боксу, 8 – захисні консолі, 9 – захисна дуга, 10 – автонапувалка для поросят, 11 – кругла годівниця, 12 – будиночок для обігріву поросят, 13 – інфрачевона лампа, 15 – годівниця для свиноматки, 16 – соскова автонапувалка для свиноматки, 17 – нерухома стінка боксу

а дослідній (n = 10 свиноматок і 120 поросят на початку досліду)) відповідно 890,07 ± 0,69, (p < 0,001). Кількість поросят при відлученні склала у контрольній групі – 11,01 ± 0,12, а в дослідній – 11,42 – 0,14 голів. Середня жива маса поросят у контрольній групі склала 7,02 ± 0,24 кг, а в дослідній – 7,8 ± 0,23 кг, (p < 0,001).

Дорощування відлучених поросят відбувається у трьох ізольованих секторах, де у кожному розміщено по 8 групових станка. Площа станка складає 8 м^2 (4 × 2 м). Він розрахований на утримання 23 поросят. Всього у трьох секторах розміщується 768 поросят.

Відлучені поросята вирощуються до живої маси 25–30 кг у віці 80 днів. Кожен груповий станок обладнаний бункерною самогодівницею, автонапувалкою і решітчастою пластиковою підлогою, яка займає 2/3 площі.

Особливістю групового станка є наявність спарених бункерних самогодівниць, які вставлені у отвори двох суміжних станків, а їх кругле корито здатне до обертання під дією рила молодняку. В результаті чого, по аналогії з годівницею, що встановлена у маточному станку, спостерігається ігрова і кормова активність між поросятами і зменшується кількість агресивних реакцій. Крім того кожен станок обладнаний пристроєм для ігрової активності. (рис. 4).

Запропонований комплес технологічних факторів сприяв збішенню енергі росту і збереженістю молодняку. Наприклад, жива маса поросят при постановці на дорощуванні у контрльній групі (n = 46, два станка) склала 7,55 ± 0,33 кг, а в дослідній (n = 46, два станка) – 7,41 ± 0,27 кг. На кінець дорощування жива маса молодняку у контрольній групі склала 25,12 ± 0,43 кг, в дослідній – 28,37 ± 0,51 кг (p < 0,001). Збереженість молодняку у дослідній групі склала 97,82 %, а в контрольній – 95,65 %.

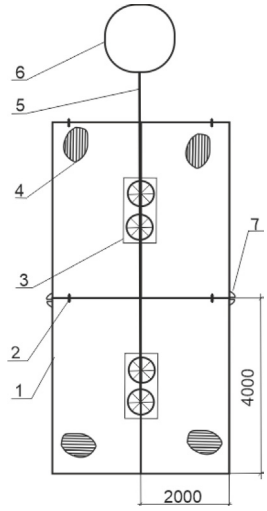


Рис. 3. Групові станки для вирощування відлучених поросят: 1 – зовнішня огорожа, 2 – автонапувалка, 3 – спарені бункерні самогодівниці, 4 – решітчаста підлога, 5 – спіральний кормороздавач, 6 – бункер сухих кормів, 7 – хвіртка

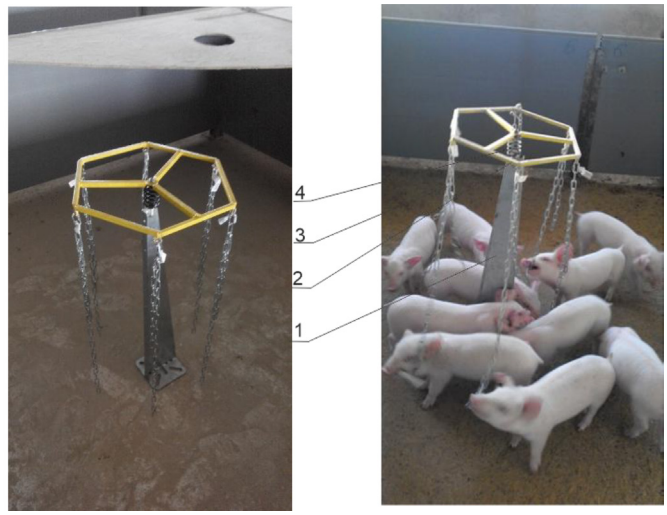


Рис. 4. Пристрій для підвищення ігрової активності поросят: 1 – стійка 2 – консоль, 3 – лацюг, 4 – пружина

Після закінчення дорощування молодняк переводиться у сектор для утримання і годівлі 384 ремонтних і племінних свинок у 32 групових станка, обладнаних кормовими станціями. Груповий станок площею 11,07м^2 (2050 × 5400 мм) розрахований на 12 свинок. Решта поголів'я (384 гол) переводиться у інше приміщення.

Кращі свинки переводяться у сектор для вирощування ремонтного молодняку, з електронною кормовою станцією де вони будуть проходити тестування за власною продуктивністю, кормовою і груповою поведінкою. Тривалість тестування 8 тижнів.

При досягненні живої маси 80–120 кг племінних свинок реалізують. Ремонтні свинки при досягненні живої маси 135–140 кг переводять у інше приміщення для осіменіння в індивідуальних станках. Після встановлення на 20–25-й день поросності їх знову переводять на станцію і на 97–99-й день – у маточні станки для опоросу.

Кормові станції оснащені програмним забезпеченням, що відстежує схеми годівлі, споживання корму, статус вагітності та показники здоров'я, надаючи дані в реальному часі операторам. Завдяки отриманій електронній інформації за станом тварин, значно підвищується якість оцінки і відбору ремонтного молодняку. Застосування станції ЕСГ, порівняно зі звичайними годівницями, дозволяє заощадити до 20 % корму.

Забезпечення свинопоголів'я комбікормами досягається впровадженням спіральних шнекових транспортерів. Порівняно з тросо-шайбовими спіральні транспортери мають нижчу собівартість і енергоспоживання, менше втрачають комбікорм. Транспортування корму відбувається за простою, прямою траєкторією.

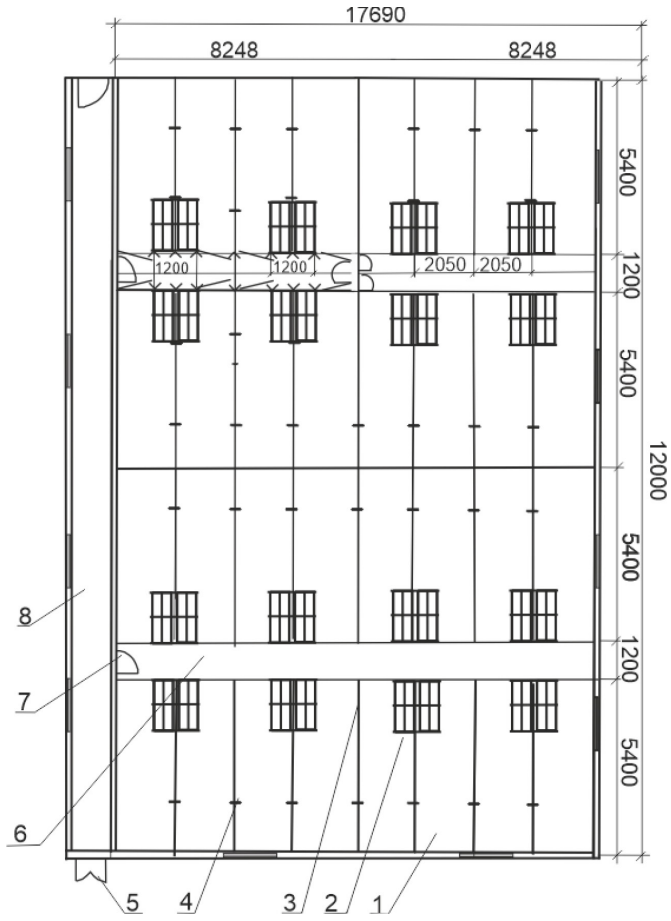


Рис. Групові станки для утримання і годівлі свиней, обладнаних електронною кормовою станцією: 1 – груповий станок, 2 – електрона кормова станція (ЕКС), 3 – перегородка станка, 4 – автонапувалка, 5 – ворота, 6 – прохід, 7 – хвіртка, галерея

Досягнення оптимальних параметрів мікроклімату у модульному свинарнику відбувається за рахунок вакуумної системи вентиляції та теплогенераторів. Чисте повітря із галереї надходить до тварин через клапани, які вмонтовані у перегородці галереї. Забруднене повітря видаляється із приміщення через вентилятори, які розташовані над гнойовими ваннами.

Гноєвидалення забезпечується вакуумною системою. Періодично (кожні два тижні) гноївка відкривають пробки у гноєпроводах і вона по трубам стікає у гноєприймач. Для нейтралізації неприємних запахів у гноївку добавляють мікробні препарати (наприклад, комплезин).

На основі розрахунків наведених у різних доступних джерелах літератури, проведення запланованої реконструкції дозволить збільшити рентабельність виробництва свинини на 8–10 % за рахунок покращення продуктивності свиней на 10–12 % і зменшення витрат кормів на 6–7 %.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Розроблена технологія виробництва свиней для племрепродуктора на 150 свиноматок, містить ряд перспективних, оригінальних інноваційних розробок, яка відповідає сучасним вимогам і цілком придатна до впровадження.

Розробленні удосконалення засобів утримання свиноматок і поросят сприяють збільшення енергії росту молодняку, підвищують, збереженість, покращують їх добробут.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку програми селекційно-племінної роботи з використанням інформації отриманої з бази даних електронних кормових станцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Степасюк Л. М. Виробництво свинини в Україні: виклики сьогодення. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*: Вип. 27. Ч. 2. 2019. С. 67–71.
2. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Нові технології в проектуванні свинарських ферм і комплексів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Вип. 10. Т. 5. 2021. С. 169–179.
3. Лихач В. Я. Обгрунтування, розробка та впровадження інтенсивно-технологічних рішень у свинарстві: автореф. дис. … д-ра наук: 06.02.04. Миколаїв, 2016. 38 с.
4. Волощук В. М., Смислов С. Ю., Підтереба М. О. Сучасні підходи у визначенні технологічних параметрів та розробці нових об'ємно-планувальних рішень реконструкції свинарських приміщень. *Зернові культури*. 2019. Т. 3. № 2. С. 369–376.
5. Волощук М. В. Удосконалити технологію виробництва свинини шляхом реконструкції свинарських об'єктів. дис. … канд. дис. : 06.02.04. Полтава. 2019. 155 с.
6. Babette B., Lisett M, Maren W., et. al. European ani mal husbandry in transition. A meta-analysis on factors influencing developments in the sector. Federal Agency for Agriculture and Food (BLE). Bonn. Germany, 2019. 82 p.
7. How to adapt a pig farm to remain profitable URL: https://www.rotecna.com/en/blog/how-to-adapt-a-pig-farm-to-remain-profitable/ (date of access: 22.03.2025).
8. Бліхарський З. Я. Реконструкція та підсилення будівель і споруд: навч. посіб. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008. 108 с.
9. Волощук В. М. Теоретичне обгрунтування і створення конкурентоспроможних технологій виробництва свинини: дис.... д-ра с.-х. наук : 06.02.04. Київ, 2009. 520 с.

10. Модернізація свинокомплексів. URL: https://agrotex.com.ua/product-category/modernizaciya-svinokompleksiv/(дата звернення 21.01.2026).

11. Халін С., Бабинець Т., Смоляр В. та ін. Економічні аспекти європейського досвіду з модернізації свиноферм і перспективи розвитку малої ферми інституту. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2025. Випуск 31 (45). С. 192–201. http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-2-31(45)-18.

12. Бабаєв О. Ю. Економічна ефективність реконструкції свинарських ферм і комплексів як важливий напрям підвищення прибутковості виробництва м'яса свиней. *Бізнес Інформ*. 2013. № 2. С. 150–155.

13. Скляр Р. В., Аналіз сучасних енергоощадних систем мікроклімату в свинарниках. «*Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*». Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції (1.04.25.04. 2020).

14. Романюха І. О., Кіряцев Л. О., Гаврильченко О. С. та ін. Удосконалення процесу проектування свиноферм у сучасних умовах. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2013. № 2. С. 72–75.

15. Підвищення рентабельності свинарства. URL: https://agrotex.com.ua/article/pidvishhennya-rentabelnosti-svinarstva-shlyaxom-modernizacii-ferm-ta-vprovadzhennya-novix-texnologij-rozvedennya-svinej/ (дата звернення: 11.04.2025).

16. Теоретичні та практичні аспекти інноваційних технологій у свинарстві/ В. Ф. Фесенко, П. М. Каркач, Ю. А. Опенько, П. І. Кузьменко, Ю. Біла Церква, 2020. 142 с.

17. Свинарські підприємства ВНТП-АПК-02.05 (комплекси, ферми, малі ферми). Київ, 2005. 98с.

18. Модернізація та реконструкція систем вентиляції. URL: https://montajnik.kiev.ua/modernizaciya-sistem-ventilyacii (дата звернення: 10.04.2025).

19. Скляр Р. В., Липовий Р. С. Огляд способів утилізації та переробки гною : *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі* : матеріали 111 Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, (Запоріжжя, 01–26 листопада 2021 р.). Запоріжжя : ТДАТУ, 2021. С. 310–312.

20. Проектування систем перекачки гною. URL: https://agrotex.info/poslugi/proektuvannya-sistem-perekachki-gnoyu.html (дата звернення: 15.04.2025).

21. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: посібник / Ібатуллін І. І. [та ін.]. Київ. Аграрна наука, 2017. 328 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.

23. Бублик О. Теплу підлогу для обігріву поросят часто використовують із інфрачервоними обігрівачами. URL: https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/teplu-pidlogu-dlya-obigrivu-porosyat-chasto-vikoristovuyut-iz-infrachervonimi-obigrivachami/ (дата звернення: 15.12.2025).

Дата першого надходження статті до видання: 23.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 638.15:636.085.7
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.37

ТЕМПИ РОЗВИТКУ БДЖОЛИНИХ СІМЕЙ ТА РЕПРОДУКТИВНІСТЬ МАТОК У ПЕРІОД АКТИВНОГО СЕЗОНУ ЗА СТИМУЛЮВАЛЬНОЇ ПІДГОДІВЛІ ВІТАМІННО-МІНЕРАЛЬНОЮ ДОБАВКОЮ

Капріца В. О. *– аспірант кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва, Вінницький національний аграрний університет*
orcid.org/0009-0006-1165-2014
Голубенко Т. Л. *– к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва, Вінницький національний аграрний університет*
orcid.org/0000-0003-1427-3950
Разанова О. П. *– к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва, Вінницький національний аграрний університет*
orcid.org/0000-0001-5552-9356

Зміни кліматичних умов і трансформація структури сільськогосподарських угідь призводять до порушення кормової забезпеченості медоносних бджіл, що негативно позначається на розвитку бджолиних сімей та ефективності бджільництва загалом. У зв'язку з цим актуальним є пошук біотехнологічних прийомів, спрямованих на стимулювання репродуктивної активності бджолиних маток і підвищення продуктивності бджолиних сімей у період активного сезону. Метою дослідження було вивчити вплив вітамінно-мінеральної добавки «БіВіт» у складі стимулювальної підгодівлі на інтенсивність яйценосності маток, динаміку вирощування розплоду та силу бджолиних сімей упродовж активного сезону. Науково-господарський експеримент проведено на двох групах бджолиних сімей, сформованих за принципом груп-аналогів. Контрольні сім'ї отримували цукровий сироп, тоді як дослідним сім'ям згодовували сироп, збагачений вітамінно-мінеральною добавкою «БіВіт». Установлено, що застосування добавки сприяло достовірному підвищенню репродуктивної активності бджолиних маток упродовж усього періоду досліджень. Інтенсивність відкладання маткою яєць у бджолиних сім'ях дослідної групи перевищувала контрольні показники, особливо у весняний період, коли різниця між групами досягала 28,7–39,6 % ($p < 0,001$). Підвищена яйценосність маток зумовила збільшення кількості закритого розплоду, що у дослідній групі було на 6,7–36,3 % більше порівняно з контролем, із найбільшими значеннями в період інтенсивного весняно-літнього розвитку. Зростання обсягів вирощеного розплоду забезпечило формування більшої чисельності робочих бджіл і, відповідно, більшої сили бджолиних сімей у дослідній групі. Бджолині сім'ї, які отримували вітамінно-мінеральну добавку, мали більшу кількість вуличок, переважаючи контрольні сім'ї на 7,5–14,8 % ($p < 0,05–0,001$). Наприкінці активного сезону в дослідній групі виявлеено менш виражене зниження чисельності бджіл, що свідчить про пролонгований стимулювальний ефект підгодівлі вітамінно-мінеральною добавкою.

Ключові слова: *бджоли, стимулювальна підгодівля, вітамінно-мінеральна добавка, яйценосність матки, розплід, сила бджолиних сімей.*

© Капріца В. О., Голубенко Т. Л., Разанова О. П., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Kapritsa V. O., Golubenko T. L., Raznova O. P. Bee colony development rate and queen reproduction during the active season under stimulating feeding with vitamin-mineral supplement

Climate changes and transformation of the structure of agricultural lands lead to a disruption of the food supply of honey bees, which negatively affects the development of bee colonies and the efficiency of beekeeping in general. In this regard, the search for biotechnological methods aimed at stimulating the reproductive activity of queen bees and increasing the productivity of bee colonies during the active season is relevant. The aim of the study was to study the effect of the vitamin-mineral supplement "BiVit" as part of the stimulating feeding on the intensity of queen egg production, the dynamics of brood rearing and the strength of bee colonies during the active season. The scientific and economic experiment was conducted on two groups of bee colonies formed according to the principle of pairs-analogues. The control colonies received sugar syrup, while the experimental colonies were fed syrup enriched with the vitamin-mineral supplement "BiVit". It was found that the use of the supplement contributed to a significant increase in the reproductive activity of queens throughout the entire research period. The intensity of egg laying by the queen in the bee colonies of the experimental group exceeded the control indicators, especially in the spring period, when the difference between the groups reached 28.7–39.6 % ($p < 0.001$). Increased egg production of queens led to an increase in the number of closed brood, which in the experimental group was 6.7–36.3 % higher compared to the control, with the highest values during the period of intensive spring-summer development. The increase in the volume of grown brood ensured the formation of a greater number of worker bees and, accordingly, a higher strength of bee colonies in the experimental group. Bee colonies that received vitamin-mineral supplements had a greater number of nests, outperforming control colonies by 7.5–14.8 % ($p < 0.05$–0.001). At the end of the active season, a less pronounced decrease in the number of bees was detected in the experimental group, which indicates a prolonged stimulating effect of feeding with a vitamin-mineral supplement.

Key words: *bees, stimulating feeding, vitamin and mineral supplement, queen egg production, brood, strength of bee colonies.*

Постановка проблеми. Зміна клімату істотно впливає на фенологію медоносних рослин і, як наслідок, призводить до порушення синхронності між періодами цвітіння та потребами медоносних бджіл у нектарі й пилку [6; 7]. У результаті формується харчовий стрес бджолиних сімей, який посилюється трансформацією кліматичних умов і змінами у структурі використання сільськогосподарських угідь, що негативно відбивається на стані медоносних бджіл та на ефективності бджільництва загалом [8].

Інтенсивність накопичення кормів у бджолиному гнізді зумовлюється сукупністю біотехнологічних чинників, серед яких визначальну роль відіграють чистопородність бджіл і видовий склад медоносної бази [2].

Чисельність і функціональний стан бджолиної сім'ї формуються під впливом комплексу взаємопов'язаних біологічних показників, серед яких провідне значення мають кількість дорослих робочих бджіл у вулику, динаміка вирощування розплоду, а також інтенсивність льотної активності, що відображає рівень медозбірної діяльності та загальну життєздатність сім'ї [15; 23]. Сукупна оцінка зазначених параметрів дозволяє об'єктивно характеризувати продуктивний потенціал сім'ї та її здатність до ефективної адаптації до умов навколишнього середовища.

Основними кормами для бджіл є мед і перга. Мед слугує головним джерелом вуглеводів та енергії, необхідної для життєдіяльності, терморегуляції й льотної активності бджіл, тоді як перга забезпечує організм білками, ліпідами, вітамінами, мінеральними речовинами та біологічно активними сполуками, що визначають інтенсивність росту й розвитку розплоду, функціональний стан гіпофарингеальних залоз робочих бджіл та рівень репродуктивної активності матки. Пилок має високу мінеральну цінність, у ньому присутній значний вміст калію, натрію, кальцію, магнію, кремнію та заліза. У критичні періоди дефіциту природного корму за

умов стаціонарного бджільництва, коли наявна флора не забезпечує повною мірою потреби медоносних бджіл, застосовуються додаткові підгодівлі бджіл [8; 24].

Окрім природних кормових ресурсів, важливу роль у підтриманні розвитку бджолиних сімей відіграють білкові підгодівлі, зокрема штучні замінники пилку, які можуть впливати на організм бджіл як джерело поживних речовин та чинник регуляції фізіологічних процесів [5]. За даними досліджень, такі замінники пилку здатні модифікувати обмінні процеси, стан травної системи, імунну реактивність та поведінкові прояви робочих бджіл, що в комплексі позначається на розвитку сім'ї, її силі та продуктивності [13]. Результати дослідження Khan et al. [20] підтверджують, що різні підгодівлі впливають на плодючість бджолиних маток і продуктивність сімей, причому найбільш виражений позитивний ефект забезпечує поєднання розчину сахарози з доступним замінником пилку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сучасному ринку представлено широкий спектр кормових добавок для бджолиних сімей, розроблених із метою підвищення фізіологічного стану бджіл, підтримки їхньої життєздатності та зміцнення імунного статусу [4; 8]. Проведений дослідниками аналіз літературних джерел і експериментальних даних свідчить, що оптимально підібрані дози стимулювальних добавок позитивно впливають на яйценосність маток, площу вирощеного розплоду, льотну активність робочих бджіл, а також на обсяги виробництва меду, воску і перги, одночасно покращуючи стан кишкової мікрофлори, процеси травлення та імунний статус бджіл [1; 9; 10]. Водночас отримані результати вказують на доцільність подальших досліджень, спрямованих на уточнення оптимальних режимів застосування, дозування та поєднання добавок з урахуванням регіональних і кліматичних особливостей.

За даними експериментальних досліджень Herbert et al. встановлено, що згодовування дорослим робочим бджолам добавок, що містять жиророзчинні вітаміни A, D, E та K, призводить до істотного підвищення репродуктивної активності сімей, зокрема до дворазового збільшення обсягів розплоду [17]. Вітамін C, хоча і не відноситься до обов'язкових нутрієнтів для бджіл, але виявляє виражену антиоксидантну дію, сприяючи зниженню оксидативного стресу та покращенню розвитку розплоду [18]. Вітаміни групи B, у свою чергу, асоціюються з покращенням комплексних показників сили сімей, зокрема збільшенням площі відкритого й запечатаного розплоду, зростанням кормових запасів і чисельності дорослих особин, а також зі зниженням вірусного та патогенного навантаження в польових умовах [19]. Крім того, вітаміни групи B функціонують у тісній взаємодії з макроелементами, виконуючи роль облігатних коферментів у процесах метаболізму жирів, білків і вуглеводів, що має важливе значення для підтримання енергетичного балансу та життєздатності бджолиних сімей [16].

Додавання вітамінно-мінеральної добавки до стимулювальної підгодівлі позитивно впливає на фізіологічний стан бджіл і розвиток бджолиних сімей, що проявляється збільшенням площі запечатаного розплоду на 6,7–10,0 % та підвищенням інтенсивності яйценосності маток упродовж осінньої підготовки до зимівлі. Осіння підгодівля з використанням добавки «БіВіт» сприяє поліпшенню якості зимівлі бджіл, забезпечуючи економніше використання кормів, зменшення маси неперетравлених решток у товстій кишці та зниження втрат живої маси робочих бджіл [11].

Літні робочі бджоли виконують ключову роль у забезпеченні сім'ї необхідними поживними речовинами, здійснюючи збір нектару, пилку та інших кормових ресурсів із навколишнього середовища [1; 2; 12]. Крім того, ці особини

відповідають за первинну обробку та підготовку більшості кормових запасів, призначених для зимових бджіл, включаючи переробку нектару у мед та формування запасів перги, що забезпечує життєздатність сім'ї протягом періоду низької кормової доступності.

Тривалість життя літніх робочих бджіл у середньому становить близько 4–6 тижнів, при цьому її скорочення зумовлюється насамперед високими енергетичними витратами, пов'язаними з інтенсивною льотною та кормозбиральною діяльністю [22]. У двох експериментах літнім і зимовим робочим бджолам згодовували полівітамінні комплекси (A, D, E, K, C, групи B) у трьох дозах за восьми режимів годівлі, однак незалежно від сезону жодна з доз не спричинила статистично значущого покращення показників споживання, маси тіла чи тривалості життя. Водночас надання пилку стабільно підвищувало суху масу та тривалість життя робочих бджіл, що підтверджує його ключове значення для фізіологічного стану медоносних бджіл. Отримані результати також засвідчили подібність закономірностей сухої маси та тривалості життя літніх і зимових бджіл у лабораторних умовах, причому літні особини виявилися життєздатнішими [14].

Харчування бджіл поділяється на джерела макронутрієнтів у межах сім'ї: мед є основним джерелом вуглеводів, а перга є основним джерелом білка, жирів, вітамінів та мінералів. При цьому мед не здатний повною мірою задовольнити потребу бджіл у мікроелементах через низьку загальну зольність (0,17–1 %), причому домінуючим елементом є калій, який становить понад 70 % від загальної зольності, за яким слідують фосфор, сірка, хлор, натрій, а також у менших концентраціях магній та інші мікроелементи [8].

Дослідження показало, що медоносні бджоли в літній період мали значно вищу активність у пошуку корму, інтенсивніше збирали пилок та збільшили площу розплоду після споживання натрію, а в осінній сезон спостерігалося підвищення збору пилку та розширення площі розплоду при введенні калію [21].

Мета дослідження – дослідити вплив вітамінно-мінеральної добавки у складі весняної стимулюючої підгодівлі на підготовку бджолиних сімей до головного медозбору.

Матеріал і методи дослідження. Науково-господарський експеримент з оцінки впливу вітамінно-мінеральної добавки «БіВіт» у складі стимулювальної підгодівлі бджіл проводили відповідно до загальноприйнятих методичних підходів у галузі бджільництва [3]. Для виконання дослідження було сформовано дві групи бджолиних сімей за принципом груп-аналогів, по 10 сімей у кожній. Підбір бджолиних сімей для дослідження здійснювали з урахуванням комплексу біологічних і продуктивних показників, зокрема віку маток, забезпеченості кормовими запасами (мед і перга), сили сімей та площі запечатаного розплоду. Для мінімізації генетичної варіабельності всі сім'ї були укомплектовані матками спорідненого походження, а їх утримання та технологічне обслуговування були однаковими.

У піддослідних групах навесні здійснювали стимулювальні підгодівлі з використанням цукрового сиропу. Контрольній групі згодовували чистий цукровий сироп, дослідним сім'ям – цукровий сироп, збагачений вітамінно-мінеральною добавкою «БіВіт». До складу добавки входять водо- та жиророзчинні вітаміни (B_1, B_2, B_3, B_5, C, A, D, E, PP), а також макро- і мікроелементи, зокрема магній, залізо, кальцій, калій, мідь, кобальт, марганець, молібден, цинк і фтор. Цукровий сироп готували у співвідношенні 1 частина води до 1 частини цукру. Підгодівлю здійснювали через стельові годівниці 4 рази з інтервалом дві доби.

Для приготування робочого розчину вміст пакетів з вітамінно-мінеральним комплексом попередньо змішували та розчиняли у 50 мл теплої води, отримуючи концентрат, розрахований на 50 бджолиних сімей. Із отриманого концентрату відбирали 1 мл, який додавали до 250 г цукрового сиропу. Готовий розчин згодовували з розрахунку 50 г на одну вуличку.

Рівень розвитку бджолиних сімей оцінювали за площею запечатаного розплоду, для чого бджіл струшували зі стільників і за допомогою рамки-сітки визначали загальну кількість зайнятих квадратів. При цьому спочатку враховували повні квадрати, а потім неповні, які сумували та переводили в умовні повні. Під час розрахунків брали до уваги, що один квадрат рамки-сітки містить у середньому близько 100 бджолиних або 75 трутневих комірок.

Оцінку впливу підгодівлі проводили за комплексом біологічних показників. Середньодобову яйценосність маток визначали шляхом обліку кількості запечатаного розплоду з використанням рамки-сітки з розміром квадрата 5 × 5 см. Облік здійснювали з інтервалом 12 днів.

Силу бджолиних сімей встановлювали за кількістю вуличок, зайнятих бджолами у вулику.

Статистичну обробку одержаних цифрових даних проводили за допомогою програми MS Excel. При порівнянні досліджуваних показників та їх міжгрупових різниць використовували t-критерій Стьюдента. Результати середніх значень вважали статистично значущими за $p < 0,05$.

Результати дослідження та обговорення. Ефективність функціонування бджолиних сімей значною мірою залежить від темпів їх розвитку та рівня продуктивності в період активного сезону, коли формуються основні показники медозбору. Разом із тим, нестабільність кормової бази та вплив несприятливих екологічних чинників зумовлюють необхідність пошуку додаткових засобів стимулювання життєдіяльності бджолиних сімей.

Оцінку ефективності підгодівлі із застосуванням вітамінно-мінеральної добавки «БіВіт» проводили за основними біологічними та господарсько-корисними показниками, зокрема за силою бджолиних сімей, кількістю вирощеного розплоду, інтенсивністю відкладання маткою яєць. Отримані результати досліджень дали змогу встановити характер змін досліджуваних показників у піддослідних групах і визначити доцільність використання добавки у практиці бджільництва.

Період активного сезону бджільництва, який тривав з квітня до кінця серпня, є вирішальним для формування продуктивності бджолиних сімей. На початку досліджень у дослідній групі кількість закритого розплоду була більшою на 24,6 % ($p < 0,001$) порівняно з контролем (табл. 1). Подальше зростання цього показника виявляли в обох групах, однак у бджолиних сім'ях, які отримували вітамінно-мінеральну добавку, темпи нарощування розплоду були вищими. Так, 22 квітня та 04 травня кількість закритого розплоду в дослідній групі перевищувала контрольну відповідно на 36,3 % та 29,7 % при ($p < 0,001$). Максимальні значення кількості закритого розплоду зафіксовано в середині травня. Зокрема, 16 травня в дослідній групі цей показник досягав 157,6–194,4 квадратів, тоді як у контрольній групі на 18,9 % ($p < 0,01$) менше. У подальшому, наприкінці травня–на початку червня, в обох групах спостерігали зниження кількості закритого розплоду, що зумовлено сезонними особливостями розвитку бджолиних сімей. Проте навіть у цей період показники дослідної групи залишалися вищими за контрольні.

Аналогічну тенденцію відмічали і в літній період, зокрема у червні–липні, коли кількість закритого розплоду в дослідній групі перевищувала контрольну

Таблиця 1

Динаміка кількості закритого розплоду за стимулювальної підгодівлі бджіл вітамінно-мінеральною добавкою, квадратів ($x \pm SD$, $n = 8$)

Дата обліку	Група	
	1-контрольна	2-дослідна
10 квітня	99,7 ± 3,22	124,3 ± 3,82***
22 квітня	126,4 ± 6,45	172,2 ± 7,07***
04 травня	146,1 ± 7,06	189,5 ± 7,94***
16 травня	157,6 ± 8,27	194,4 ± 8,73**
28 травня	109,4 ± 5,82	137,2 ± 6,04**
09 червня	143,5 ± 5,07	162,1 ± 6,28*
21 червня	155,3 ± 5,20	176,4 ± 4,03**
03 липня	120,1 ± 3,51	143,7 ± 6,22**
15 липня	115,8 ± 4,66	129,3 ± 3,12*
27 липня	138,2 ± 3,04	152,7 ± 6,37*
08 серпня	112,2 ± 3,68	134,9 ± 4,14***
20 серпня	83,7 ± 2,61	90,8 ± 4,53
31 серпня	94,2 ± 2,07	99,6 ± 1,26*

в середньому на 12,0–19,6 % ($p < 0,01–0,05$). У серпні у бджолиних сім'ях дослідної групи кількість закритого розплоду залишалася вищою порівняно з контролем на 5,7–20,2 % ($p < 0,001$), що свідчить про пролонговану стимулювальну дію вітамінно-мінеральної добавки.

Як видно з рисунка 1, протягом усього періоду досліджень кількість вирощеного розплоду в бджолиних сім'ях дослідної групи перевищувала контрольну, з максимальними відмінностями у весняно-літній період інтенсивного розвитку.

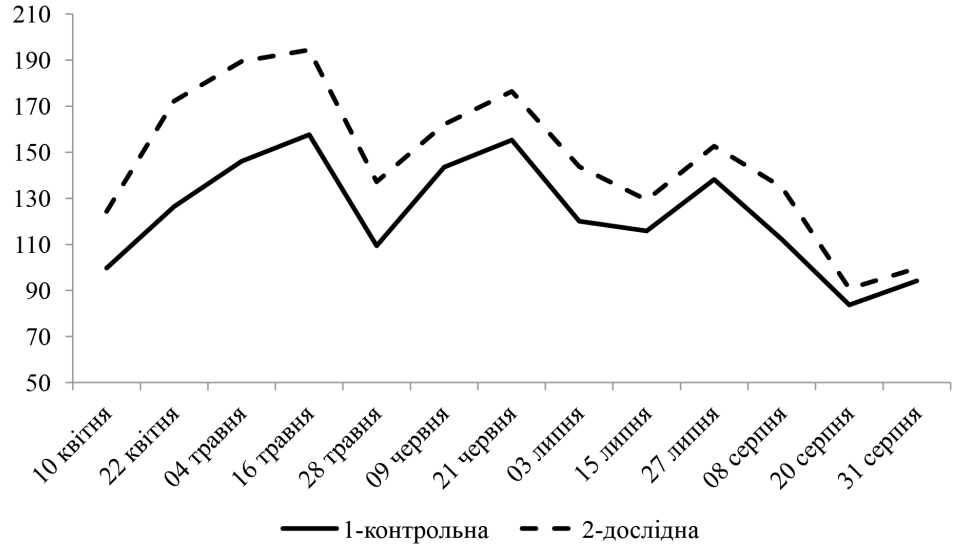


Рис. 1. Інтенсивність вирощування розплоду у бджолиних сім'ях, квадратів

У весняний період (квітень–середина травня) на графіку простежується інтенсивне зростання кількості закритого розплоду в обох групах, однак у дослідній групі темпи приросту були значно вищими.

Максимальні відмінності між групами відмічали у квітні–травні, що збігається з періодом активного нарощування сили бджолиних сімей. Наприкінці травня спостерігали тимчасове зниження кількості закритого розплоду в обох групах. Проте навіть у цей період показники дослідної групи залишалися вищими за контрольні. У червні відбулося повторне зростання кількості закритого розплоду з подальшим поступовим зниженням у липні–серпні, що відповідає загальній сезонній динаміці розвитку бджолиних сімей. У серпні виявлено загальне зменшення кількості вирощеного розплоду в обох групах, що відповідає природному зниженню інтенсивності розвитку бджолиних сімей у літньо-осінній період.

Виявлені відмінності у кількості закритого розплоду відображають різну інтенсивність відкладання маткою яєць у бджолиних сім'ях дослідної та контрольної груп. В усі строки обліку яйценосність бджолиних маток у сім'ях дослідної групи перевищувала відповідні показники контрольної групи (рис. 2).

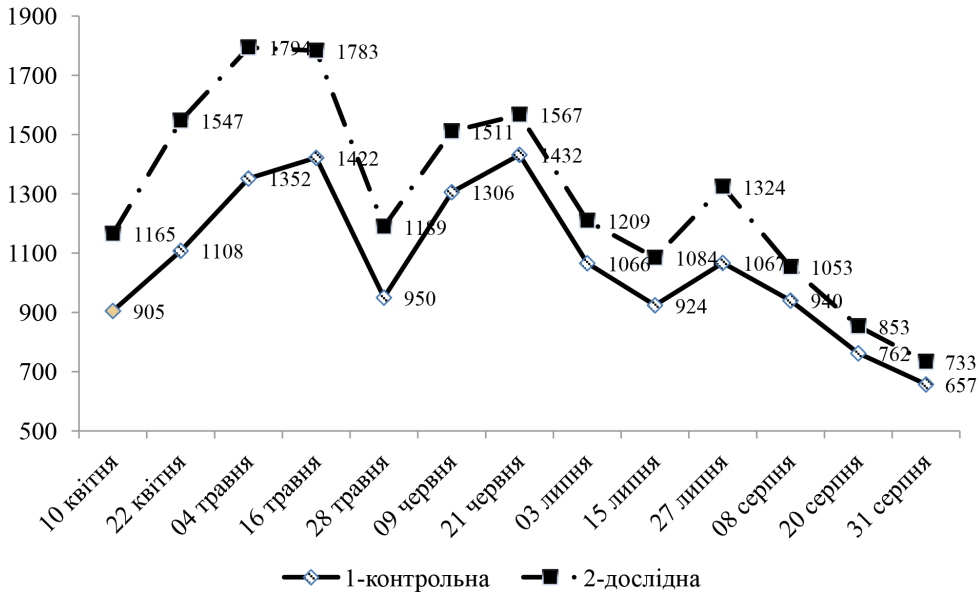


Рис. 2. Яйценосність бджолиних маток за стимулювальної підгодівлі бджіл вітамінно-мінеральною добавкою, штук яєць

У весняний період відзначали інтенсивне зростання яйцекладки маток в обох групах, однак у дослідній групі цей процес відбувався значно активніше. Так, 10 квітня інтенсивність відкладання маткою яєць у дослідній групі вища на 28,7 % ($p < 0{,}001$) порівняно з контролем. Максимальні відмінності між групами спостерігали 22 квітня та 04 травня, коли показники дослідної групи перевищували контрольні відповідно на 39,6 % та 32,7 % при ($p < 0{,}001$). Найвищу інтенсивність яйценосності маток зафіксовано в середині травня. Зокрема, 16 травня в дослідній групі кількість відкладених яєць досягала 1783, тоді як у контрольній – 1422 шт., що на 25,4 % ($p < 0{,}01$) менше. Після цього наприкінці травня спостерігали зниження яйценосності маток в обох групах, однак у бджолиних сім'ях дослідної групи

рівень цього показника залишався вищим. У літній період (червень–липень) показники дослідної групи стабільно перевищували контрольні на 12,0–24,1 %. Навіть за умов поступового зниження яйценосності у серпні, у бджолиних сім'ях, що отримували вітамінно-мінеральну добавку, інтенсивність репродуктивної активності маток залишалася вищою на 11,6–16,2 % ($p < 0,01$) порівняно з контролем.

Оскільки рівень яйценосності матки безпосередньо визначає темпи оновлення та чисельність робочих бджіл, доцільним є подальший аналіз показників сили бджолиних сімей. Це дозволяє оцінити, наскільки підвищення репродуктивної активності матки за умов стимулювальної підгодівлі вітамінно-мінеральною добавкою вплинуло на загальний розвиток сімей у період активного сезону.

За однакової початкової сили (12 вуличок) на початку квітня бджолині сім'ї дослідної групи впродовж активного сезону характеризувалися більшою чисельністю бджіл, що зумовлено підвищеною інтенсивністю яйцекладки маток за умов стимулювальної підгодівлі з вітамінно-мінеральною добавкою БіВіт (табл. 2).

Таблиця 2

Сила бджолиних сімей за стимулювальної підгодівлі бджіл вітамінно-мінеральною добавкою, вуличок

Дата обліку	Група	
	1-контрольна	2-дослідна
22 квітня	13,4 ± 0,45	14,7 ± 0,33*
16 травня	16,9 ± 0,32	19,4 ± 0,45***
09 червня	16,4 ± 0,71	17,7 ± 0,48*
03 липня	14,7 ± 0,43	15,8 ± 0,22*
27 липня	14,7 ± 0,54	16,4 ± 0,28**
31 серпня	12,0 ± 0,48	12,6 ± 0,39

Уже на початковому етапі обліків, 22 квітня, сила бджолиних сімей дослідної групи перевищувала показники контрольної групи на 9,7 % ($p < 0,05$). Найбільш виражені відмінності між групами зафіксовано в період інтенсивного весняно-літнього розвитку. Так, 16 травня перевага у дослідній групі становила 14,8 % ($p < 0,001$). Отримані результати узгоджуються з підвищеною інтенсивністю відкладання маткою яєць і більшим обсягом вирощеного розплоду в бджолиних сім'ях, які отримували вітамінно-мінеральну добавку «БіВіт». У подальшому, впродовж літнього періоду, в обох групах спостерігали поступове зниження сили бджолиних сімей. Проте в усі строки обліку показники дослідної групи залишалися вищими за контрольні. Зокрема, 09 червня та 03 липня сила сімей дослідної групи перевищувала контрольну відповідно на 8,0 % та 7,5 % ($p < 0,05$), а 27 липня – на 11,6 % ($p < 0,01$). Наприкінці активного сезону у дослідній групі виявлено менш виражений спад чисельності бджіл за умов стимулювальної підгодівлі.

Висновки. Отримані результати свідчать про стимулювальний вплив вітамінно-мінеральної підгодівлі на яйценосність матки та вирощування розплоду в період інтенсивного весняно-літнього розвитку бджолиних сімей.

Підвищена репродуктивна активність маток у бджолиних сім'ях дослідної групи сприяла формуванню більшої сили сімей, яка протягом усього періоду досліджень перевищувала контрольну на 7,5–14,8 %, із менш вираженим спадом чисельності бджіл наприкінці активного сезону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Адамчук Л. О., Боярчук С. В., Лавріненко К. В., Двикалюк Р. М. Марценюк, Н. І. Розвиток бджолиних сімей на основі ранньовесняної підгодівлі за розробленою схемою. *Тваринництво та харчові технології*. 2019. Вип. 10 (2). С. 5–11. DOI:10.31548/animal2019.02.005

2. Безпалий І. Ф., Постоєнко В. О., Поліщук А. А. Біотехнологічні чинники етології бджіл під час збирання нектару. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 188–193. doi: 10.31210/visnyk2021.02.23

3. Броварський В. Д., Бриндза Ян, Отченашко В. В., Повозніков М., Адамчук Л. Методика дослідної справи у бджільництві. Київ : Видавничий дім «Винниченко», 2017. 166 с.

4. Голубенко Т. Л., Разанова О. П., Капріца В. О. Ефективність мінерально-вітамінної добавки у розвитку бджолиних сімей восени та їх підготовці до зимівлі. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 139. Ч. 1. С. 182–189/ DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.1.24

5. Засуха Ю. В., Адамчук Л. О., Антонів А. Д. Біологічно активні підгодівлі бджолиних сімей у весняний період. Наукові доповіді НУБіП України. 2022. Вип. 2 (96). № 5. https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.02.006

6. Ковальський Ю., Гутий Б., Федак В., Ковальська Л., Дружбяк А. Вплив якості корму на розвиток та продуктивність бджолиних маток. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2021. Вип. 23(95). С. 71–75. https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9510

7. Міщенко О. А., Литвиненко О. М., Боднарчук Г. Л., Криворучко Д. І., Афара К. Д. Забезпечення потреб бджолиної сім'ї в білковому кормі. Бджільництво України. 2022. Вип. 9. С. 79–82. DOI: 10.46913/beekeepingjournal.2022.9.10

8. Разанова О. П., Голубенко Т. Л., Скоромна О. І. Шляхи підвищення конкурентоспроможності галузі бджільництва у контексті євроінтеграційних процесів : монографія. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк», 2023. 280 с.

9. Разанова О. П., Шульга Ю. І., Салюк О. О. Продуктивність бджолиних сімей у період підготовки до головного медозбору за впливу пробіотика. *Вісник Сумського національного аграрного університету (Тваринництво)*. 2022. Вип. 2 (49).С. 61–67. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2022.2.9

10. Чорний Д. О., Разанова О. П. Ефективність використання стимулюючих підгодівель у бджільництві. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. № 143. Ч. 2. С. 277–285/ DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.31

11. Чудак Р. А., Разанова О. П., Огороднічук Г. М., Разанов О. С. Ефективність застосування підгодівлі з комплексною біологічно активною добавкою у період підготовки до весняного розвитку медоносних бджіл. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. № 143. Ч. 2. С. 286–295. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.32

12. Чудак Р. А., Разанова О. П., Капріца В. О., Новгородська Н. В. Залежність інтенсивності розвитку бджолиних сімей від надходження пилку та сили сім'ї. *Вісник Сумського національного аграрного університету (Тваринництво).* 2025. Вип. 2 (61). С. 108–113. DOI: https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2025.2.16

13. Ahmad S., Khalofah A., Khan S. A., Khan K. A., Jilani M. J., Hussain T., Skalicky M., Ghramh H. A., Ahmad Z. Effects of native pollinator communities on the physiological and chemical parameters of loquat tree (Eriobotrya japonica) under open field condition. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021. Vol. 28 (6). P. 3235–3241. doi: https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.062

14. Brown A. F., Guillaume-Gentil L., Hehl J., Niederer S., Retschnig G., Neumann P. Towards holistic colony feeding: Effects of vitamin supplementation on summer and winter honey bee workers, Apis mellifera L. *PLoS One*. 2025. Vol. 20(8). № e0328626. doi: 10.1371/journal.pone.0328626

15. Grant K. J., DeVetter L., Melathopoulos A. Honey bee (Apis mellifera) colony strength and its effects on pollination and yield in highbush blueberries (Vaccinium corymbosum). PeerJ Journal. 2021. Vol. 9. № e11634. doi: 10.7717/peerj.11634

16. Hanna M., Jaqua E., Nguyen V., Clay J. B. Vitamins: Functions and Uses in Medicine. *Permanente Journal*. 2022. Vol. 26(2). P. 89–97. DOI:10.7812/TPP/21.204

17. Herbert E. W. J. R., Shimanuki H. Effect of Fat Soluble Vitamins on the Brood Rearing Capabilities of Honey Bees Fed a Synthetic Diet. *Annals of the Entomological Society of America*. 1978. Vol. 71(5). P. 689–91.

18. Herbert E. W. Jr., Vanderslice J. T., Higgs D. J. Effect of dietary vitamin c levels on the rate of brood production of free-flying and confined colonies of honey bees. *Apidologie*. 1985. Vol. 16(4). P. 385–94.

19. Jovanovic N. M., Glavinic U., Delic B., Vejnovic B., Aleksic N., Mladjan V., Stanimirovic Z. Plant-based supplement containing B-complex vitamins can improve bee health and increase colony performance. *Preventive Veterinary Medicine*. 2021. Vol. 190. № 105322. doi: 10.1016/j.prevetmed.2021.105322

20. Khan K. A., Ghramh H. A., Ahmad Z. Honey bee (Apis mellifera jemenitica) colony performance and queen fecundity in response to different nutritional practices. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022. Vol. 29(5). P. 3151–3156. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.01.056

21. Khan K. A., Ghramh H. A., Ahmad Z., El-Niweiri M. A. A., Mohammed M. E. A. Honey bee (*Apis mellifera*) preference towards micronutrients and their impact on bee colonies. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021. Vol. 28(6). P. 3362–3366. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.02.084

22. Neukirch A. Dependence of the life span of the honeybee (Apis mellifica) upon flight performance and energy consumption. *Journal of Comparative Physiology B*. 1982. Vol. 146(1). P. 35–40.

23. Taha EL.-K., AL-Kahtani S. N. Comparison of the activity and productivity of Carniolan (Apis mellifera carnica Pollmann) and Yemeni (Apis mellifera jemenitica Ruttner) subspecies under environmental conditions of the Al-Ahsa oasis of eastern Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2019. Vol. 26 (4). P. 681–687. doi: https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.10.009

24. Topal E., Çakıcı N., Mărgăoan R., Takma Ç., Güney F., Kösoğlu M., Cornea-Cipcigan M., Atmaca H. Annual Development Performance of Fixed Honeybee Colonies Linked with Chemical and Mineral Profile of Bee Collected Pollen. *Chemistry & Biodiversity*. 2022. Vol. 19(8). № e202200468. doi: 10.1002/cbdv.202200468

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 591.5:636.7
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.38

ОСОБЛИВОСТІ ВІКОВОГО РОЗВИТКУ АГРЕСІЇ У СОБАК ПОРОДИ БУЛЛІ КУТТА

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
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
Балабанова І. О. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри технологій виробництва та переробки
сільськогосподарської продукції імені В. Г. Пелиха,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0001-7631-2455

У статті подано результати досліджень, спрямованих на вивчення особливостей формування та проявів агресивної поведінки у собак породи Буллі Кутта. Показано, що процес становлення агресивної поведінки у собак різних порід має неоднаковий, нерівномірний характер і зумовлюється комплексом генетичних, поведінкових та середовищних чинників. При цьому доцільно чітко розмежовувати поняття агресії як активно-оборонної реакції на дії людини та загальної агресивності, оскільки зазначені явища не є тотожними й мають різне етологічне підґрунтя. Варто зауважити, що навіть серед службових порід наявність агресивних проявів не є обов'язковою ознакою для всього поголів'я.

Об'єктом дослідження було обрано породу Буллі Кутта (БК), відому також під назвою пакистанський мастиф. На сучасному етапі дана порода характеризується стійкою репутацією небезпечної та агресивної, що зумовлює підвищений інтерес до об'єктивної оцінки її поведінкових особливостей. Для перевірки достовірності такого сприйняття постає необхідність з'ясування низки ключових питань, зокрема: по-перше, ступеня загальної схильності собак породи БК до агресивних проявів; по-друге, наявності або відсутності агресивної поведінки, спрямованої безпосередньо на людину.

Розв'язання цих питань стало основною метою наших досліджень. На основі отриманих результатів та проведеного аналізу можна сформулювати наступні висновки:

1. У собак породи Буллі Кутта до досягнення восьмимісячного віку спостерігається нижчий рівень агресії як до інших тварин, так і до людей.

2. Самки цієї породи загалом демонструють менш агресивний характер порівняно із самцями.

3. За результатами досліджень, Буллі Кутта проявляють значно нижчий рівень агресії до людей у порівнянні з багатьма іншими породами собак, які вважаються соціально адаптованими.

© Карпенко О. В., Ведмеденко О. В., Шнайдер С. Л., Балабанова І. О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

4. Дослідження поведінкових особливостей собак, віднесених до категорії «суспільно небезпечних», має проводитися з використанням науково обґрунтованих методик за участю професійних дослідників.

Отримані результати слід поширювати для руйнування суспільних стереотипів, формування об'єктивного ставлення до таких порід та підвищення їх популярності.

Рекомендується починати формування контролю за агресивними проявами та соціалізацію цуценят із перших місяців життя, особливо при роботі з песиками.

Ключові слова: *агресія, порода, цуценята, сучка, песик, вікова криза.*

Karpenko O. V., Vedmedenko O. V., Shnaider S. L. Features of age-related development of aggression in Bully Kutta dogs

The article presents the results of research on the study of the features of aggressive behavior of Bully Kutta dogs.

The formation of aggressive behavior in dogs of different breeds occurs differently and has an uneven nature. It is necessary to distinguish between the concepts of aggression as an active-defensive reaction to human actions and general aggressiveness, since they are not identical. Even among service breeds, the presence of such behavior is characteristic of the entire population.

The Bully Kutta breed (BK), which is also sometimes called the Pakistani mastiff, was chosen as the object of the study.

Today, this breed has a reputation for being dangerous and aggressive. To determine the reliability of such a perception, it is necessary to investigate the following questions: a) to what extent is BK generally prone to aggression; b) whether BK is characterized by aggressive behavior towards humans.

Solving these questions became the main goal of our research.

Based on the results obtained and the analysis conducted, the following conclusions can be formulated:

1. In dogs of the Bully Kutta breed, a lower level of aggression towards both other animals and people is observed before reaching the age of eight months.

2. Females of this breed generally demonstrate a less aggressive nature compared to males.

3. According to the results of the research, Bully Kuttas exhibit a significantly lower level of aggression towards people compared to many other dog breeds that are considered socially adapted.

4. Research into the behavioral characteristics of dogs classified as «socially dangerous» should be conducted using scientifically based methods with the participation of professional researchers.

The results obtained should be disseminated to destroy public stereotypes, form an objective attitude towards such breeds and increase their popularity.

It is recommended to start forming control over aggressive manifestations and socializing puppies from the first months of life, especially when working with dogs.

Key words: *aggression, breed, puppies, bitch, dog, age crisis.*

Постановка проблеми. Формування агресивної поведінки у собак різних порід відбувається неоднаково і має нерівномірний характер. Слід розмежовувати поняття агресії як активно-оборонної реакції на дії людини і загальної агресивності, оскільки вони не є тотожними. Навіть серед службових порід наявність такої поведінки властива всьому поголів'ю [1].

Генералізована агресія, як явище, рідко зустрічається навіть серед таких порід, як САВ (середньоазійська вівчарка та КВ (кавказька вівчарка). До того ж, собаки, агресивні стосовно інших собак, можуть виявляти меншу агресію по відношенню до людей [2, P. 351–361].

Для об'єкта дослідження було обрано породу Буллі Кутта (БК), яку також інколи називають пакистанським мастифом. Це давня індійська порода собак, яка широко розповсюджена і в Пакистані. Вона входить до числа найсильніших собак у світі та належить до мастифоподібних порід. Своїм походженням Буллі Кутта зобов'язана стародавнім молоським собакам, що робить її однією з найближчих до прародичів сучасних собак.

Існує припущення, що ця порода з'явилася в результаті схрещування з сіндським мастифом, про що свідчить схожість як у зовнішньому вигляді, так і в темпераменті. Назва «буллі кутта» походить із пенджабської мови: слово «бохлі» перекладається як «зморшкуватий», а «кутта» – «собака». Однією з характерних рис цієї породи є шкіра зі зморшками навколо шиї, яка, вірогідно, забезпечує природний захист під час сутичок, знижуючи ризик серйозних укусів [3]. Проте сьогодні ця порода має репутацію небезпечної і агресивної. Для визначення достовірності такого сприйняття необхідно дослідити наступні питання:

• наскільки БК взагалі схильний до агресії;

• чи властива БК агресивна поведінка стосовно людини.

Розв'язання цих питань стало основною метою наших досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розглядаючи дану породу як об'єкт, необхідно навести певну характеристику для неї.

Булі Кутта – це собака, відома під різними назвами, яка навіть входила до числа чотирьох найсильніших собак у світі. Тому не кожна людина може впоратися з її характером – лише досвідчений власник, що вміє поводитися з великими собаками. Перед тим як завести таку масивну собаку, слід врахувати, що доросла тварина може досягати маси до 90 кг [4].

Властивості характеру та особливості поведінки собак породи Bully Kutta роблять їх вибір потенційним власникам виключно відповідальним. Господар має демонструвати стійкі лідерські якості та послідовність у вихованні, оскільки представники породи схильні до незалежності та потребують чіткої ієрархії. Відсутність досвіду, неузгодженості в дресируванні або м'який темперамент власника можуть призвести до формування небажаної поведінки у собаки, що становить потенційну ризик як для самого власника, так і для оточення, включаючи інших людей та тварин.

За умови професійної соціалізації та послідовного навчання Bully Kutta може демонструвати стримане ставлення до незнайомців, інших собак та дітей. Однак навіть при належному вихованні не рекомендовано залишати представників цієї великої та потужної породи наодинці з малолітніми дітьми без нагляду дорослих. Крім того, для підтримання фізичного та психічного здоров'я собаки є критично важливим забезпечення регулярних інтенсивних фізичних навантажень та тривалих прогулянок, що повинно бути враховано потенційним власником перед придбанням тварини.

Таким чином, успішне тримання Bully Kutta вимагає від власника не лише знань і досвіду в дресируванні великих робочих порід, а й здатності забезпечити тварині належний рівень активності, соціалізації та безперервного психологічного контакту.

Постановка завдання. Для аналізу використовувалися дані випробувань нервової системи 26 цуценят породи Буллі Кутта (БК), народжених у лютому–березні 2019 року від 7 сук індійського та пакистанського походження. Оцінка розвитку агресивних проявів проводилася у віці 4, 8 та 12 місяців. Розвиток агресії до людини визначався за методикою Ю. М. Пільщікова, тоді як агресія до однопородок оцінювалася відповідними спостереженнями та поведінковими тестами.

Відомо, що агресивна поведінка у собак має множинні причини, що включають як генетичні, так і зовнішні фактори. Для запобігання провокаційним проявам агресії власник повинен мати базові знання про загальні закономірності поведінки собак, вікові особливості розвитку та характеристики нервової системи, а також специфіку поведінки представників конкретної породи. Важливо враховувати

вікові кризи, формування нервової системи, допустиме харчування та інші чинники, що впливають на поведінку цуценяти.

Оскільки жодне з цуценят не брало участі у тестових випробуваннях, оцінювалася лише наявність впевненої агресивної поведінки; показники gamenes, seretch та bite не враховувалися.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження розвитку агресивних якостей цуценят породи Буллі Кутта проводилося у віці 4, 8 та 12 місяців. На початковому етапі, у 4 місяці, агресивні прояви були рідкісними та переважно стосувалися взаємодії з однопородками. До 8 місяців спостерігалося поступове зростання агресії, особливо у песиків, а до 12 місяців рівень агресивної поведінки став більш вираженим, з помітною різницею між статями та типом об'єкта агресії. Перший аналіз проведено, коли цуценятам виповнилося майже 4 міс. (табл. 1). За даними таблиці, у віці 4 місяців агресивні прояви серед цуценят були виявлені досить рідко. Серед 26 досліджених голів агресія до інших собак спостерігалася у 3 цуценят (11,54 %). Розподіл за статтю показав, що серед сучок лише 1 з 12 (8,33 %) проявив агресію до інших собак, тоді як серед песиків агресивними були 2 з 14 (14,28 %).

Таблиця 1

Розвиток агресивних якостей цуценят у віці 4 місяців

Стать	Кількість голів	З них показали агресію			
		На собаку		На людину	
		голів	%	голів	%
1	2	3	4	5	6
Сучки	12	1	8,33	–	–
Песики	14	2	14,28	1	6,25
Всього	26	3	11,54	1	3,84

Агресія до людини фіксувалася винятково у 1 песика (6,25 % серед самців, 3,84 % від загальної кількості цуценят), тоді як серед сучок таких проявів не спостерігалося.

Отже, результати свідчать, що у віці 4 місяців цуценята мають переважно низький рівень агресії, з невеликою перевагою проявів у самців порівняно із самками, а агресія до людини зустрічається значно рідше, ніж агресія до собак.

Вже у віці 8 міс., коли починається період статевого дозрівання, встановлення ієрархічної поведінки, картина змінюється (табл. 2).

У віці 8 місяців агресивні прояви серед цуценят стали більш помітними порівняно з 4 місяцями. Серед 26 досліджених голів агресія до інших собак спостерігалася у 4 цуценят (15,38 %): серед сучок – у 1 з 12 (8,33 %), серед песиків – у 3 з 14 (21,43 %). Агресія до людини фіксувалася у 2 цуценят (7,69 %): по 1 представнику серед сучок і песиків (8,33 % і 7,14 % відповідно).

Таким чином, до 8 місяців рівень агресії цуценят підвищується, при цьому агресія до собак зустрічається частіше, ніж агресія до людини, а самці демонструють більшу схильність до проявів агресії у взаємодії з однопородками.

Для порівняння, у САВ і КВ у віці 8 міс. агресію до людини добре визначають у 10 % цуценят.

У 12-міс. віці (1 року) агресію до представників свого виду починають проявляти і сучки (табл. 3).

Таблиця 2

Розвиток агресивних якостей цуценят у віці 8 місяців

Стать	Кількість голів	З них показали агресію			
		На собаку		На людину	
		голів	%	голів	%
1	2	3	4	5	6
Сучки	12	1	8,33	1	8,33
Песики	14	3	21,43	1	7,14
Всього	26	4	15,38	2	7,69

Таблиця 3

Розвиток агресивних якостей цуценят у віці 1 року

Стать	Кількість голів	З них показали агресію			
		На собаку		На людину	
		голів	%	голів	%
1	2	3	4	5	6
Сучки	12	3	25,00	2	16,66
Песики	14	4	28,57	1	7,14
Всього	26	7	26,92	3	11,53

За даними таблиці 3 у віці 12 місяців агресивні прояви серед цуценят стали більш вираженими. Загалом серед 26 досліджених голів агресія до інших собак спостерігалася у 7 цуценят (26,92 %): серед сучок – у 3 з 12 (25,00 %), серед песиків – у 4 з 14 (28,57 %). Агресія до людини фіксувалася у 3 цуценят (11,53 %), з яких 2 сучки (16,66 %) та 1 песик (7,14 %).

Таким чином, до 1 року рівень агресії у цуценят помітно зростає, причому агресія до інших собак проявляється частіше, ніж агресія до людини.

Розподіл за статтю демонструє дещо більшу схильність до агресії серед самців щодо собак, тоді як агресія до людей частіше спостерігається серед самок.

КТ виведений в умовах боїв, які можуть проводитися між собаками різної статі [5]. Прояв міжстатевої агресії для них не є чимось аномальним. Проте у наших дослідженнях кількість агресивних сук є незначною. Це цілком закономірно, оскільки власники собак у міських умовах здебільшого прагнуть уникнути ситуацій, у яких їхній вихованець може проявити агресію, що могло б призвести до надання тварині статусу «соціально небезпечної» [6, P. 293–313].

Висновки і пропозиції. 1. У собак породи Буллі Кутта до досягнення восьмимісячного віку спостерігається нижчий рівень агресії як до інших тварин, так і до людей. Агресивна поведінка зазвичай починає зростати поступово після однорічного віку.

2. Самки цієї породи загалом демонструють менш агресивний характер порівняно із самцями. Проте різниця в рівні агресії стосовно людей є мінімальною та не має статистично значущого показника при оцінюванні за бальною шкалою.

3. За результатами досліджень, Буллі Кутта проявляють значно нижчий рівень агресії до людей у порівнянні з багатьма іншими породами собак, які вважаються соціально адаптованими.

4. Дослідження поведінкових особливостей собак, віднесених до категорії «суспільно небезпечних», має проводитися з використанням науково обґрунтованих

методик за участю професійних дослідників. Отримані результати слід поширювати для руйнування суспільних стереотипів, формування об'єктивного ставлення до таких порід та підвищення їх популярності.

Рекомендується починати формування контролю за агресивними проявами та соціалізацію цуценят із перших місяців життя, особливо при роботі з песиками. Враховувати статеві особливості при плануванні тренувань та соціалізації, оскільки песики більш схильні до агресії до однопородок, а сучки – до агресії до людей. Проводити періодичну оцінку поведінкових реакцій для раннього виявлення схильності до небажаної агресії та корекції тренувального процесу. Впроваджувати поступове збільшення соціальних і тренувальних навантажень, щоб мінімізувати стресові реакції і запобігти розвитку неконтрольованої агресії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Schade V. Aggression in Dogs. 2023. *PetMD by chewy* : веб-сайт. URL: https://www.petmd.com/dog/behavior/aggression-in-dogs. (дата звернення: 17.12. 2025).
2. Judith K. Blackshaw. An overview of types of aggressive behaviour in dogs and methods of treatment. *Applied Animal Behaviour Science*. Volume 30, Issues 3–4. 1991, P. 351–361. https://doi.org/10.1016/0168-1591(91)90140-S
3. Булі Кутта (Пакистанський мастиф). *Petsi* : веб-сайт. URL: https://petsi.net/uk/dog-breeds/bully-kutta. (дата звернення: 17.12. 2025).
4. Булі Кутта. *Animalia pets* : веб-сайт. URL: https://animalia.bio/uk/pets/bully-kutta. (дата звернення: 17.12. 2025).
5. Roll A., Unshelm J. Aggressive conflicts amongst dogs and factors affecting them. *Applied Animal Behaviour Science*. 1997. Vol. 52, Issues 3–4. P. 229–242. https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01125-2
6. Svartberg K. Breed-typical behaviour in dogs – Historical remnants or recent constructs? *Applied Animal Behaviour Science*. 2006. Vol. 96, Issues 3–4. P. 293–313. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.06.014

Дата першого надходження статті до видання: 02.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 636.2.034:636.2.082
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.39

ПРОДУКТИВНІСТЬ І ВІДТВОРНА ЗДАТНІСТЬ КОРІВ ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ ДАНСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ ЗА СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кобернюк В. В. *– к.с.-г.н.,*
доцент біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0001-7037-8269
Вербельчук С. П. *– к.с.-г.н.,*
доцент біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0002-1136-5617
Лавринюк О. О. *– к.с.-г.н.,*
доцент біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0003-3145-3689
Забродський Н. П. *– аспірант біоресурсів, тваринництва та аквакультури,*
Поліський національний університет
orcid.org/0009-0009-2533-5652

У статті наведено результати комплексної оцінки молочної продуктивності та відтворювальної здатності корів голштинської породи данської селекції за умов сучасних інтенсивних технологій виробництва молока. Дослідження проведено на поголів'ї 136 корів різних лактацій, які утримуються у племінному заводі ПАФ «Єрчики» Житомирської області з використанням безприв'язного утримання та однотипної годівлі повнораціонними моносумішами. Оцінку продуктивності здійснювали за надоєм, вмістом і виходом молочного жиру та білка за завершені лактації і стандартні 305 діб, а відтворну здатність – за тривалістю сервіс-, сухостійного та міжотельного періодів і коефіцієнтом відтворення.

Встановлено, що максимальні надої та найвищий вихід молочного жиру і білка характерні для корів другої та третьої лактацій, що свідчить про повнішу реалізацію генетичного потенціалу з віком. Водночас у тварин із вищою продуктивністю відмічено подовження сервіс- та міжотельного періодів і зниження коефіцієнта відтворної здатності. Ознаки молочної продуктивності характеризувалися середнім рівнем мінливості, тоді як вміст жиру і білка в молоці – низьким, що вказує на значну роль генетичних чинників. Показники відтворної здатності значною мірою залежали від умов технологічного середовища.

Кореляційний аналіз виявив тісний позитивний зв'язок між надоєм і виходом молочного жиру та білка, а також різноспрямовані зв'язки між молочною продуктивністю і відтворними показниками. Отримані результати підтверджують наявність певного компромісу між рівнем продуктивності та відтворною функцією корів і можуть бути використані для обґрунтування селекційно-технологічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності та сталості молочного скотарства.

Ключові слова: *голштинська порода, молочна продуктивність, кореляційний аналіз, відтворна здатність, рівень мінливості.*

© Кобернюк В. В., Вербельчук С. П., Лавринюк О. О., Забродський Н. П., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Koberniuk V. V., Verbelchuk S. P., Lavryniuk, O. O., Zabrodskyi N. P. Productivity and reproductive capacity of danish-breed holstein cows using modern technologies

The article presents the results of a comprehensive assessment of milk productivity and reproductive capacity of Holstein cows of Danish selection under conditions of modern intensive milk production technologies. The study was conducted on a population of 136 cows of different lactations, which are kept in the breeding farm of the PAF "Yerchyky" in the Zhytomyr region using free-range housing and uniform feeding with complete mono-mixtures. Productivity was assessed by milk yield, content and yield of milk fat and protein for completed lactations and standard 305 days, and reproductive capacity – by the duration of service, dry and intercalary periods and the reproduction coefficient. It was established that the maximum milk yield and the highest yield of milk fat and protein are characteristic of cows of the second and third lactations, which indicates a more complete realization of genetic potential with age. At the same time, animals with higher productivity had longer service and intercalary periods and a lower reproductive rate. Milk productivity was characterized by an average level of variability, while the fat and protein content in milk was low, which indicates a significant role of genetic factors. Reproductive performance indicators largely depended on the conditions of the technological environment.

Correlation analysis revealed a close positive relationship between milk yield and milk fat and protein yield, as well as multidirectional relationships between milk productivity and reproductive performance. The results obtained confirm the presence of a certain compromise between the level of productivity and the reproductive function of cows and can be used to justify selection and technological solutions aimed at increasing the efficiency and sustainability of dairy cattle breeding.

Key words: *Holstein breed, milk production, correlation analysis, reproductive ability, level of variability.*

Постановка проблеми. Інтенсифікація молочного скотарства за сучасних умов ґрунтується на впровадженні високопродуктивних порід, удосконаленні технологій утримання та годівлі, а також використанні генетично цінного племінного матеріалу провідних світових селекційних програм [4]. Голштинська порода данської селекції характеризується високим генетичним потенціалом молочної продуктивності та адаптивністю до промислових технологій виробництва молока. Водночас практичний досвід експлуатації високопродуктивних корів свідчить про загострення проблем, пов'язаних зі зниженням відтворної здатності, подовженням сервіс-періоду, збільшенням міжотельного інтервалу та ростом вибракування через порушення репродуктивної функції.

За умов сучасних технологій утримання (безприв'язне утримання, автоматизовані системи доїння, інтенсивна годівля з високою часткою концентратів) фізіологічне навантаження на організм корів істотно зростає. Це часто призводить до порушення енергетичного балансу, післяродових ускладнень і, як наслідок, погіршення показників відтворення навіть у тварин із високою молочною продуктивністю. Таким чином, виникає суперечність між прагненням максимально реалізувати генетичний потенціал продуктивності та необхідністю збереження стабільної відтворної здатності стада.

У зв'язку з цим актуальною є науково-практична проблема комплексної оцінки продуктивності й відтворної здатності корів голштинської породи данської селекції за умов сучасних технологій виробництва молока. Вирішення цієї проблеми дозволить обґрунтувати напрями оптимізації селекційно-технологічних рішень, спрямованих на підвищення економічної ефективності галузі та забезпечення сталого відтворення високопродуктивних молочних стад.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки вітчизняні й закордонні дослідження приділяють значну увагу формуванню продуктивності та репродуктивних показників молочного стада, зокрема корів голштинської породи, що зумовлено їх ключовою роллю у забезпеченні ефективного виробництва молока [1, 2, 6]. В українському науковому середовищі з'явилися нові дослідницькі

роботи, спрямовані на оцінювання молочної продуктивності, відтворної здатності та господарсько-корисних ознак голштинських тварин у реальних умовах фермерських господарств. Так, науковці досліджували продуктивність та відтворну здатність голштинських корів, підкреслюючи важливість поєднання генетичного потенціалу й ефективних технологій утримання для підвищення валового виробництва молока й економічної ефективності стада [5,7].

Ряд публікацій в українських фахових виданнях стосується впливу генотипових чинників і виробничих технологій на репродуктивні показники тварин. Зокрема, результати досліджень Войтенка, Сидоренка та інших авторів показують, що відтворна здатність корів знаходиться під сильним впливом спадковості та умов утримання, що узгоджується з потребою оптимізації селекційно-технологічних підході. Аналіз даних із різних господарств вказує на залежність продуктивності й відтворних функцій від умов годівлі та технологій виробництва молока, що підкреслює роль інтенсивних технологій у формуванні господарських якостей тварин [4, 9].

У міжнародній літературі також висвітлюються питання репродуктивних показників голштинських корів із застосуванням нових підходів аналізу даних. Зокрема, дослідження на великих фермах показали, що середній рівень репродуктивної здатності голштинських корів знижується останніми десятиліттями, а з'ясувати фактори впливу допомагають методи машинного навчання, що дозволяють моделювати складні взаємозв'язки між продуктивними й репродуктивними ознаками [10,11].

Таким чином, сучасна наукова література демонструє дві основні тенденції: розширення емпіричних досліджень у межах українського тваринництва, спрямованих на оцінювання продуктивності й відтворних функцій у реальних технологічних умовах та впровадження сучасних аналітичних підходів (зокрема цифрових і статистичних методів), що підсилюють розуміння складних взаємозв'язків між технологіями утримання, генетикою та репродуктивними показниками.

Ці напрямки свідчать про актуальність подальшого вивчення продуктивності і відтворної здатності корів голштинської породи данської селекції, особливо з урахуванням сучасних технологій молочного виробництва та вимог до сталого розвитку тваринництва.

Методика досліджень. Матеріалами досліджень були відомості про племінне походження та показники продуктивного використання 136 корів-первісток голштинської породи данської селекції, що утримуються в племінному заводі ПАФ «Єрчики» Житомирської області. Вирощування ремонтного молодняку здійснюють до 15–16-місячного віку із забезпеченням середньодобових приростів у межах 660–720 г. Облік і контроль технологічних та селекційних заходів проводяться із застосуванням автоматизованої інформаційної системи АІС «ОРСЕК».

Господарство належить до провідних підприємств у галузі молочного скотарства. Завдяки впровадженню інтенсивної технології виробництва молока, що поєднує безприв'язне боксове утримання тварин та однотипну годівлю повнораціонними моносумішами з кормових столів, забезпечується високий рівень їхньої продуктивності. У 2024 році середній надій на одну корову становив 10 682 кг, а у 2025 році цей показник зріс до 11 703 кг молока.

При проведенні досліджень брали до уваги вік тварин, рівень їхньої продуктивності та походження. Оцінку молочної продуктивності корів здійснювали за 305 діб, а також за завершеними першою, другою і третьою лактаціями з використанням показників надою, вмісту жиру та білка в молоці, виходу молочного жиру і білка, а також добової продукції молочного жиру [8]. Відтворну здатність піддослідних корів визначали за тривалістю сервіс-періоду, міжотельного та

сухостійного періодів, а також за коефіцієнтом відтворення, який розраховували за формулою КВЗ = 365 / МОП.

Рівень прояву селекційних ознак у тварин оцінювали на основі комплексу селекційно-генетичних показників, із застосуванням методів статистичної обробки даних [1].

Виклад основного матеріалу дослідження. Застосовувана в господарстві технологія виробництва створює оптимальні умови для утримання молочної худоби та повної реалізації генетичного потенціалу голштинської породи данської селекції. Проведений порівняльний аналіз показав, що досліджувані корови вирізняються високою продуктивністю, однак між ними спостерігаються відмінності за рівнем надоїв у різні лактації.

Запроваджена в господарстві технологія виробництва створює належні умови утримання молочної худоби та сприяє повнішій реалізації генетичного потенціалу голштинської породи данської селекції. За результатами порівняльного аналізу встановлено, що досліджувані корови відзначаються високою продуктивністю, проте мають відмінності за рівнем надоїв у різні лактації (табл. 1).

Зокрема, максимальні надої як за повну лактацію, так і за стандартні 305 діб були зафіксовані у повновікових корів. Порівняно з тваринами першої та другої лактацій ця різниця становила відповідно 3874 кг ($p < 0{,}001$) і 2290 кг ($p < 0{,}001$) за повну лактацію та 1871 кг ($p < 0{,}001$) і 1361 кг ($p < 0{,}001$) за 305 діб. Аналіз надоїв у межах досліджуваних лактацій показав, що найвищою молочною продуктивністю відзначалися корови другої та третьої лактацій.

Приріст надоїв за повну другу лактацію та за 305 діб у порівнянні з першою склав відповідно 22,3 % і 11,2 %, тоді як за третю лактацію та її стандартні 305 діб відносно другої він дорівнював 16,8 % і 14,7 %.

Таблиця 1

Характеристика продуктивності корів голштинської породи данської селекції (n = 136), $\bar{x} \pm Sx$

Ознака	Лактація		
	I	II	III
Надій за всю лактацію, кг	9036 ± 52,9***	11039 ± 67,9***	12910 ± 88,5
Вміст жиру в молоці, %	3,73 ± 0,018	3,82 ± 0,009	3,91 ± 0,009
Кількість молочного жиру, кг	334,9 ± 2,55***	420,9 ± 2,79***	503,9 ± 3,49
Вміст білка в молоці, %	3,38 ± 0,009	3,41 ± 0,006	3,32 ± 0,005
Кількість молочного білка, кг	306,9 ± 1,99***	374,8 ± 2,38***	425,9 ± 2,95
Надій за 305 днів лактації, кг	8379 ± 53,8***	9308 ± 60,8***	10669 ± 77,8
Кількість молочного жиру, кг	310,9 ± 2,46***	354,9 ± 5,08***	416,9 ± 3,10
Кількість молочного білка, кг	284,6 ± 1,99***	316,8 ± 2,10***	351,9 ± 2,59

Примітка: *** – $p < 0{,}001$.

Подібні тенденції спостерігаються і за іншими показниками молочної продуктивності, для яких притаманна така сама закономірність. Зокрема, у третю лактацію корови синтезують більшу кількість молочного жиру та білка порівняно з первістками і тваринами, що завершили другу лактацію.

Поряд із показниками продуктивності важливе значення має й відтворювальна функція корів, адже синтез і виділення молока розпочинаються лише після

отелення. Окрім того, стабільне відтворення забезпечує формування наступного, більш продуктивного покоління тварин. Дослідження показали, що для корів другої та третьої лактацій характерна більша тривалість лактаційного, сервісного та міжотельного періодів. (табл. 2).

Таблиця 2

Оцінка показників відтворювальної здатності корів голштинської породи (n = 136), $\bar{x} \pm Sx$

Ознака	Лактація		
	I	II	III
Тривалість лактації, днів	329,6 ± 0,93	362,4 ± 0,89***	369,6 ± 0,97***
Тривалість сервіс-періоду, днів	117,2 ± 0,99	150,3 ± 1,19***	156,8 ± 0,98***
Тривалість сухостійного періоду, днів	54,7 ± 0,28	57,3 ± 0,40	59,3 ± 0,29
Тривалість МОП, днів	384,5 ± 0,96	419,6 ± 0,99***	428,8 ± 0,98***
Коефіцієнт відтворювальної здатності	0,96 ± 0,002***	0,88 ± 0,003	0,86 ± 0,002

Примітка: *** – $p < 0{,}001$.

Таким чином, порівняно з першою лактацією, різниця відповідних показників становила 32,8; 33,1 та 35,1 доби ($p < 0{,}001$). У повновікових корів ці відмінності були ще більш вираженими й досягали 40,0; 39,6 та 44,35 доби ($p < 0{,}001$) порівняно з тваринами другої лактації.

Водночас корови-первістки характеризуються вищим коефіцієнтом відтворювальної здатності порівняно з тваринами другої лактації та повновіковими коровами. Це свідчить про те, що зі зростанням рівня продуктивності у корів має місце тенденція до зниження їхньої відтворної функції.

Ознаки молочної продуктивності та відтворювальної здатності відзначаються певним рівнем мінливості, що створює передумови для ефективного ведення селекційної роботи зі стадом великої рогатої худоби. Показники надою, виходу молочного жиру і білка за окремі лактації мають середній ступінь варіабельності (Cv = 10,5–13,7 %), тоді як вміст жиру та білка в молоці характеризується низькою мінливістю (Cv = 1,8–8,2 %). Така закономірність зумовлена переважним впливом генетичних факторів порівняно з паратиповими.

Водночас прояв відтворювальної здатності корів значною мірою визначається умовами технологічного утримання. Для більшості цих показників притаманна мінливість середнього або високого рівня. Зокрема, тривалість сервіс-періоду характеризувалася середнім ступенем варіабельності, значення коефіцієнта мінливості в I, II та III лактаціях становили 10,7–14,3 %. Подібний рівень мінливості зафіксовано для тривалості сухостійного періоду лише у корів другої лактації (Cv = 10,7 %). Водночас інші показники відтворювальної здатності відзначалися низьким ступенем варіабельності (Cv = 3,9–8,54 %).

Кожна ознака молочної продуктивності та відтворювальної здатності реалізується у тісному взаємозв'язку з іншими показниками, у зв'язку з чим було визначено напрям і силу цих взаємозалежностей (табл. 3 і 4). Зокрема, наявність тісного позитивного кореляційного зв'язку між надоєм та кількістю молочного жиру і білка свідчить про високий ступінь їх взаємообумовленості та підтверджує закономірність, відповідно до якої зі зростанням величини надою одночасно збільшується вихід молочного жиру та білка за лактаційний період.

Таблиця 3

Кореляція між показниками молочної продуктивності корів голштинської породи, ($r \pm m_r$)

Показники, одиниці виміру	Лактації		
	I	II	III
Надій, кг – жирномолочність,%	–0,12 ± 0,175	+0,13 ± 0,178	–0,22 ± 0,175
Надій, кг – білковомолочність,%	–0,58 ± 0,119***	+0,14 ± 0,178	–0,35 ± 0,158*
Надій, кг – молочний жир, кг	+0,35 ± 0,159*	+0,67 ± 0,918***	+0,38 ± 0,156*
Надій, кг – молочний білок, кг	+0,95 ± 0,008***	+0,97 ± 0,009***	+0,96± 0,007***
Надій, кг – молочний жир + білок, кг	+0,93 ± 0,021***	+0,91 ± 0,028***	+0,98± 0,033***

У межах окремих лактацій значення коефіцієнтів кореляції між показниками молочної продуктивності змінювалися: між надоєм і вмістом жиру в молоці – від –0,58 до +0,14, між надоєм і кількістю молочного жиру – від +0,35 до +0,67, між надоєм і виходом молочного білка – від +0,95 до +0,97, а між надоєм і сумарною продукцією молочного жиру та білка – від +0,91 до +0,98. Взаємозв'язки між досліджуваними показниками молочної продуктивності у корів загалом відповідають характеру кореляцій, притаманних популяції в цілому. Водночас окремі, хоча й статистично недостовірні, відмінності виявлено у зв'язку між надоєм і жирномолочністю, що доцільно враховувати під час подальшої племінної роботи в заводських стадах агрофірми.

Кореляційні взаємозв'язки між показниками молочної продуктивності та відтворювальної здатності корів (табл. 4) за своїм характером є майже ідентичними та загалом відповідають рівню і напряму зв'язку, притаманному популяції молочної худоби в цілому.

Таблиця 4

Кореляція між показниками молочної продуктивності і відтворної здатності корів ($r \pm mr$)

Показники, одиниці виміру	Лактації		
	I	II	III
Кількість дійних днів – сервіс-період	+0,95 ± 0,013***	+0,90 ± 0,033***	+0,97 ± 0,008***
Кількість дійних днів – сухостійний період	–0,16 ± 0,17	–0,06 ± 0,183	–0,343 ± 0,163*
Надій 305 днів – сухостійний період	–0,21 ± 0,176	–0,23 ± 0,173	–0,28 ± 0,169
Надій 305 днів – сервіс-період	+0,27 ± 0,167	+0,08 ± 0,183	+0,31 ± 0,164*
Надій 305 днів – міжотельний період	+0,26 ± 0,168	+0,18 ± 0,177	+0,31 ± 0,168
Надій 305 днів – коефіцієнт відтворної здатності	–0,25 ± 0,171	–0,18 ± 0,179	–0,33 ± 0,166

Між окремими показниками відтворювальної здатності корів та рівнем їх молочної продуктивності встановлено взаємозв'язки, що різняться за напрямом і силою прояву. Так, кореляція між тривалістю сухостійного періоду та надоєм була середньою за величиною, від'ємною і в усіх випадках статистично недостовірною ($P > 0,05$), із значеннями коефіцієнтів –0,21, –0,25 та –0,28. Водночас між тривалістю сервіс- і міжотельного періодів та надоєм за 305 днів лактації спостерігався середній

за силою додатний зв'язок: відповідно +0,27, +0,08, +0,31 та +0,26, +0,18, +0,31, який у всіх випадках також не досягав рівня статистичної достовірності ($P > 0,05$).

Виявлено загальну тенденцію, згідно з якою подовження сервіс-періоду супроводжується підвищенням надою корів, тоді як зі зростанням коефіцієнта відтворювальної здатності рівень надою має тенденцію до зниження.

Висновки. Створення комфортних умов технологічного середовища, зокрема забезпечення оптимального мікроклімату в літній період, годівля молочної худоби за принципом загально змішаного раціону з кормових столів, раціональне застосування сучасних машин і обладнання, а також неухильне дотримання вимог інтенсивної технології, сприяли реалізації високого рівня продуктивності корів голштинської породи. Водночас встановлено подовження сервіс- та міжотельного періодів відповідно на 32,80 доби і 35,10 доби порівняно з первістками, а також на 39,60 доби і 44,35 доби у порівнянні з коровами другої лактації. У подальшому доцільним є дослідження узгодженості розвитку поєднаних ознак молочної продуктивності та відтворювальної здатності у тварин, що утримуються.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин / С. С Крамаренко та ін. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.
2. Капшук Н. О. Молочна продуктивність корів четвертої лактації залежно від віку в лактаціях корів-матерів. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 107−113.
3. Молочна продуктивність та відтворна здатність корів залежно від різних технологій виробництва молока / С. Л. Войтенко та ін. *Розведення і генетика тварин*. Бориспіль, 2023. Вип. 65. С. 38–47.
4. Молочна продуктивність та відтворювальна здатність корів залежно від генетичних та паратипових чинників / М. Б. Шпетний та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2021. Вип. 4 (47). С. 33–42.
5. Підпала Т. В., Зайцев Є. М. Продуктивне довголіття молочної худоби голштинської породи різної селекції. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Одеса, 2018. Вип. 3. С. 40–45.
6. Продуктивні, відтворювальні та адаптаційні властивості корів голштинської породи різних ліній / Т. В. Підпала та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2018. Вип. 1. С. 108–111.
7. Ставецька Р. В., Бойко О. В. Вплив тривалості сервіс-періоду на показники молочної продуктивності та господарського використання молочних корів. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква, 2015. Ви. 2 (120). С. 205–210.
8. Селекція молочної худоби і свиней : навч. посібник / Т. В. Підпала та ін. Миколаїв : МНАУ, 2012. 297 с.
9. Тривалість та ефективність довічного використання корів молочних порід залежно від країни походження їх батька / Н.П. Бабік та ін. *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2017. Вип. 54. С. 19–29.
10. Kepkalo, I., Kuzmenko, M., Khomenko, M., Seba, M. Productivity of Holstein cows with early insemination of heifers. *Animal Science and Food Technology*, 15(4), 36–48.
11. Polupan Yu., Kucher D., Kochuk-Yashchenko O., Biriukova O. Evaluation of bulls and related groups of the jersey breed on dairy productivity and reproductive capacity of offspring. *Scientific Horizons*. 2021. Issue 24(5). P. 54–68.

Дата першого надходження статті до видання: 26.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 636.4 / 57.087.01
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.40

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРЕПАРАТУ «ГЛЮТАМ 1М» ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВІДТВОРЮВАЛЬНИХ ЯКОСТЕЙ СВИНОМАТОК: МЕТА-АНАЛІЗ

Крамаренко С. С. *– д.б.н., професор,*
професор кафедри біотехнології та біоінженерії,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5658-1244
Крамаренко О. С. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри біотехнології та біоінженерії,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-2635-526X
Гончар А. А. *– студентка І курсу магістратури факультету технології виробництва і переробки продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології,*
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0009-5600-0038

Дослідження низки авторів засвідчують високу ефективність використання біологічно активного препарату метаболічно-нейротропної дії «Глютам 1М» у свинарстві. Зокрема, встановлено його позитивний вплив на запліднювальну здатність, багатоплідність, великоплідність, а також зниження частки мертвонароджених поросят. При цьому, отримані результати не завжди демонстрували вірогідні різниці щодо відтворювальних якостей свиноматок між тваринами контрольної та дослідної груп. Така невизначеність отриманих різними дослідниками результатів свідчить про необхідність використання для їх даних методу мета-аналізу, що дозволить більш обґрунтовано прийняти (чи відкинути) гіпотезу щодо впливу препарату «Глютам 1М» на відтворювальні якості свиноматок. Отже, головною метою даної роботи є оцінювання ефективності біотехнологічного методу регуляції відтворення свиноматок із використанням препарату «Глютам 1М» на підставі результатів мета-аналізу.

Було здійснено літературний пошук із використанням ресурсу Google Scholar (https://scholar.google.com.ua) за ключовими словами «Глютам 1М», «свині», «відтворювальні якості». У результаті пошуку було виявлено 29 наукових публікацій (статей, монографій, дисертацій, матеріалів конференцій, тощо), опублікованих протягом 2011–2024 років. Після вилучення робіт, що не містили цифрових результатів, дублювали дані або не стосувалися свинарства, для подальшого аналізу було використано 12 публікацій. Для визначення інтегрального показника вірогідності відмінностей між контрольною та дослідною групами за сукупністю досліджень було застосовано алгоритм мета-аналізу з використанням freeware програми OpenMeta(Analyst). Результати було представлено у вигляді оцінки різниці (OR або SMD), її 95 % довірчого інтервалу, а також показників гетерогенності даних (Q та τ^2).

Згідно з результатами мета-аналізу, виконаного за моделями фіксованих та випадкових ефектів, було доведено вірогідний позитивний вплив препарату «Глютам 1М» на запліднювальну здатність свиноматок, загальну кількість поросят при народженні та багатоплідність свиноматок, а також великоплідність. При цьому, не було підтверджено статистично вірогідного впливу препарату «Глютам 1М» на рівень мертвонародження у свиноматок.

© Крамаренко С. С., Крамаренко О. С., Гончар А. А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Отже, отримані результати свідчать про доцільність використання препарату «Глютам 1М» як ефективного біотехнологічного засобу підвищення відтворювальної здатності свиноматок у сучасних системах промислового свинарства.

Ключові слова: *свиноматки, відтворювальні якості, мета-аналіз, «Глютам 1М»*

Kramarenko S. S., Kramarenko O. S., Gonchar A. A. Effectiveness of the "Glutam 1M" supplement in improving the reproductive performance of sows: a meta-analysis

Numerous studies have demonstrated the high efficiency of the biologically active preparation with metabolic and neurotropic properties "Glutam 1M" in pig breeding. In particular, researchers have established its positive influence on sow conception rate, litter size, piglet birth weight, and on the reduction of stillborn and weak piglets. However, the findings obtained in individual studies did not always reveal statistically significant differences in reproductive performance between sows of the control and experimental groups. The inconsistency and variability of results reported by different authors highlight the need to apply the meta-analytical approach, which enables a more objective and substantiated verification (or rejection) of the hypothesis regarding the effect of "Glutam 1M" on sow reproductive traits. The main objective of this study was to evaluate the efficiency of a biotechnological approach to the regulation of sow reproduction through the use of the preparation "Glutam 1M," based on the results of a comprehensive meta-analysis.

A systematic literature search was conducted using the Google Scholar database (https://scholar.google.com.ua) with the keywords "Glutam 1M", "sows", and "reproductive traits". The search identified 29 scientific publications (original articles, monographs, dissertations, and conference proceedings) published between 2011 and 2024. After excluding studies that lacked numerical data, contained duplicated results, or were unrelated to pig breeding, 12 publications were selected for further analysis. To determine the overall statistical significance of differences between control and experimental groups across the included studies, a meta-analysis was performed using the freeware program OpenMeta(Analyst). The results were presented as effect size estimates (Odds Ratio – OR or Standardized Mean Difference – SMD) with 95 % confidence intervals, along with measures of data heterogeneity (Q and τ^2*).*

According to the results obtained from both fixed- and random-effects models, the use of "Glutam 1M" exerted a statistically significant positive effect on the conception rate of sows, the total number of piglets born, litter size, and piglet birth weight. Conversely, no statistically significant influence of the preparation was detected on the stillbirth rate among sows.

In conclusion, the findings confirm the effectiveness of "Glutam 1M" as a biotechnological agent capable of enhancing the reproductive performance of sows. The preparation can therefore be recommended as a promising component of modern industrial pig production systems aimed at improving reproductive efficiency and productivity.

Key words: *sows, reproductive performance, a meta-analysis, "Glutam 1M"*

Постановка проблеми. Існують різноманітні біотехнологічні засоби регулювання відтворювальної здатності свиноматок, серед яких найбільш ефективними є використання гормональних препаратів, таких як СЖК, окситоцин, хоріогонін, прогестерон, аналоги простагландину *F*2α та ін. Але їх, як правило, використовують на невеликому поголів'ї тварин [13]. Тому розробка способів та схем використання препаратів, що збільшують заплідненість свиноматок та попереджують ембріональну смертність є актуальним, оскільки вони сприяють інтенсифікації їх відтворної здатності та значить підвищують економічну ефективність ведення галузі свинарства та поліпшують селекційну роботу з породами [1].

Постановка завдання. За останні 25 років в Світі значно зріс інтерес до метаболізму *L-глутамату* (Glu) у свиней. Glu є широко поширеною вільною амінокислотою в молоці та внутрішньоклітинній рідині, основним компонентом харчових та тканинних білків, а також ключовим регулятором експресії генів, клітинної сигналізації та антиоксидантних реакцій. Було отримано нові дані, що додавання до раціону 2 % Glu підтримувало здоров'я кишечнику та запобігало кишковій дисфункції у поросят при відлученні, одночасно покращуючи їх ріст та збереженість [19].

На основі глутамінової кислоти вітчизняними вченими були створені біологічно активні препарати «Глютам», «Глютам 1М», «Стимулін-Вет», діючою речовиною яких є *глутамат натрію*. Ці екологічно безпечні засоби легко виготовляються як у господарських, так і в промислових умовах. Вони ефективні у періоди функціонального напруження організму тварин – під час інволюції репродуктивних органів або статевого збудження. Їхня дія реалізується через нейроендокринну регуляцію, що підвищує ферментативну активність клітин і стимулює енергетично-вуглеводний обмін [8].

Дослідження низки авторів засвідчують певну ефективність використання біологічно активного препарату метаболічно-нейротропної дії «Глютам 1М» у свинарстві. Зокрема, встановлено його позитивний вплив на запліднювальну здатність, багатоплідність, великоплідність, а також зниження частки мертвонароджених і слабких поросят.

За даними [13], згодовування свиноматкам великої білої породи препарату «Глютам 1М» протягом трьох днів, починаючи з другого дня після осіменіння, забезпечувало рівень заплідненості 96,6 %, що на 13,3 % перевищувало контроль. У роботі [1] відзначалося, що введення цього препарату свиноматкам 3–4-го опоросу на 1–3-й день статевого циклу сприяло підвищенню багатоплідності на 18,0…26,0 %, а великоплідності – на 6,7 %. У молодших свиноматок (1–2-го опоросів) вірогідного збільшення кількості поросят не спостерігалося, однак істотно зростала частка поросят з живою масою понад 1 кг і зменшувалася кількість мертвонароджених особин у гнізді.

У подальших дослідженнях [3] було доведено, що пероральне введення свиноматкам великої білої породи «Глютаму 1М» (на 1–3-й день статевого циклу в дозі 20 мл) активізує білковий, вуглеводний та енергетичний обміни. Це зумовлювало зростання запліднювальної здатності на 13,3 %, багатоплідності – на 12,6 % ($P \leq 0{,}01$), великоплідності – на 5,4 % ($P \leq 0{,}001$) та забезпечувало зменшення кількості мертвонароджених поросят на 2,0 %.

Застосування «Глютаму 1М» у поєднанні з вітамінним препаратом «Інтровіт» забезпечувало підвищення ефективності відтворення свиноматок. Так, у роботі [9] відзначалося, що одноразова ін'єкція «Інтровіту» (10 мл у день відлучення поросят) у поєднанні зі згодовуванням «Глютаму 1М» (20 мл протягом трьох днів після відлучення) підвищувала запліднювальну здатність на 19,6 % і скорочувала холостий період на один день. Аналогічна тенденція спостерігалася і при введенні препарату свиноматкам із різною кількістю опоросів (від 1-го до 5-го): тривалість холостого періоду скорочувалася на 0,6…1,5 доби, а з запліднювальну здатність підвищувалася на 18,8…30,7 %.

За даними [16], застосування «Глютаму 1М» на 1–3-й день після відлучення поросят зумовлювало збільшення кількості новонароджених на 1,9 гол., зменшення мертвонароджених на 0,4 гол., підвищення запліднювальної здатності на 6,6 % і скорочення тривалості холостого періоду на 17,8 %. Також цей препарат позитивно впливав на багатоплідність і знижував рівень ембріональної смертності.

У подальших роботах [10, 11] було ще раз підтверджено значний ефект препарату. Зокрема, його використання у комбінації з «Інтровітом» підвищувало запліднювальну здатність на 21,4 %, багатоплідність – на 1,6 гол., а кількість мертвонароджених поросят зменшувалася вдвічі. Крім того, за розробленою біотехнологічною схемою, введення «Глютам 1М» зменшувало частку гіпотрофіків на 8,1 %, підвищувало кількість нормотрофіків на 25,0 % та збільшувало число гіпертрофіків у 2,5 рази. У свиноматок, які отримували препарат, загальна кількість

новонароджених поросят була вище на 39,0 %, багатоплідність – на 1,9 гол., а маса новонароджених і гнізда перевищувала контрольні значення на 16,8 % та 53,1 %, відповідно.

Також було встановлено, що згодовування свиноматкам на 0–3-й день статевого циклу препаратів «Глютам 1М» та «Стимулін-Вет» сприяло підвищенню багатоплідності на 12,6…16,4 % без істотного скорочення супоросного періоду. При цьому застосування «Глютаму 1М» у весняний період скорочувало тривалість супоросності у свиноматок в середньому на 0,6 доби порівняно з контролем [4].

У більш пізньому дослідженні [5] показано, що згодовування свиноматкам у фізіологічно напружений період статевого циклу препаратів «Глютам 1М» та «Стимулін-Вет» на 1–3-й день циклу позитивно впливало на їх відтворні показники: збільшувало кількість новонароджених і ділових поросят, а також сприяло вірогідному підвищенню їх живої маси, зокрема у класі понад 1,51 кг.

При цьому, отримані результати не завжди демонстрували вірогідні різниці між тваринами контрольної та дослідної груп. Така невизначеність отриманих результатів вимагала застосування методу мета-аналізу, що дозволяє більш обґрунтовано прийняти (чи відкинути) гіпотезу щодо впливу препарату «Глютам 1М» на відтворювальні якості свиноматок.

Отже, *головною метою* даної роботи є оцінювання ефективності біотехнологічного методу регуляції відтворення свиноматок із використанням препарату «Глютам 1М» на підставі результатів мета-аналізу.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводилося у два етапи.

На першому етапі було здійснено літературний пошук із використанням ресурсу Google Scholar (https://scholar.google.com.ua) за ключовими словами «*Глютам 1М*», «*свині*», «*відтворювальні якості*». У результаті пошуку було знайдено 29 наукових публікацій (статей, монографій, дисертацій, матеріалів конференцій, тощо), опублікованих протягом 2011–2024 років. Після виключення публікацій, що не містили цифрових результатів, дублювали дані або не стосувалися свинарства, для подальшого аналізу було залишено 12 публікацій [1, 2, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17].

На другому етапі на основі відібраних джерел було створено базу даних, що містила такі параметри: джерело інформації, порода/породність свиноматок, кількісні показники для контрольної та дослідної груп (обсяг вибірки, середнє арифметичне значення та статистичну помилку). До аналізу включено наступні ознаки: запліднювальна здатність; загальна кількість поросят при народженні; багатоплідність; кількість мертвонароджених поросят; великоплідність.

Для кожного дослідження та кожної ознаки обчислювалася різниця між середніми арифметичними значеннями контрольної та дослідної груп і статистичну помилку ($d \pm Sd$) та її рівень вірогідності.

Для визначення інтегрального показника вірогідності відмінностей між контрольною та дослідною групами за сукупністю досліджень застосовано алгоритм мета-аналізу з використанням freeware програми OpenMeta(Analyst). Результати представлено у вигляді оцінки різниці (*OR* або *SMD*), її 95 % довірчого інтервалу, а також показників гетерогенності даних (Q та τ^2).

Перевірку гіпотези щодо відсутності публікаційного зміщення (*publication bias*) було проведено на підставі т.зв. «воронкоподібного графіку» (*funnel plot*) з використанням online-програми METAANALYSISONLINE (https://metaanalysisonline.com/).

Весь математико-статистичний аналіз було проведено на підставі алгоритмів, що описано у підручнику [18].

Виклад основного матеріалу дослідження. У результаті аналізу даних дев'яти дослідів, у яких вивчали вплив препарату «Глютам 1М» на запліднювальну здатність свиноматок, встановлено тенденцію до підвищення ефективності відтворення при додаванні цього препарату. Загальний обсяг вибірки становив 750 тварин. У всіх дослідженнях показники запліднювальної здатності свиноматок дослідних груп, яким згодовували препарат «Глютам 1М», перевищували відповідні значення у контролі.

Згідно з результатами мета-аналізу, виконаного за моделями фіксованих та випадкових ефектів, гетерогенність вихідних даних була відсутня (τ^2 = 0 %). Оцінки відношення шансів для обох моделей мали близькі значення (*OR* = 2,75 та *OR* = 2,80, відповідно). В обох випадках одиниця не входила до меж 95 % довірчого інтервалу оцінки *OR*, що свідчить про вірогідний позитивний вплив препарату на запліднювальну здатність свиноматок (рис. 1).

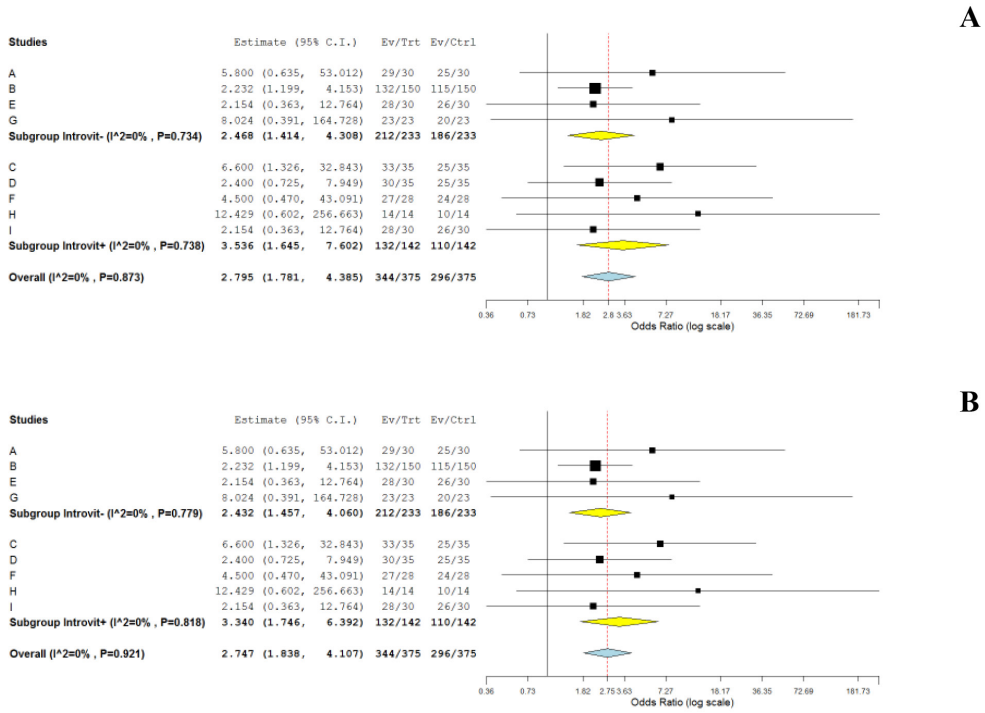


Рис. 1. Результати мета-аналізу (forest plot) оцінок запліднювальної здатності свиноматок при відсутності/наявності препарату «Глютам 1М» для дослідів без додання та із додаванням препарату «Інтровіт»: А – модель випадкових факторів; В – модель фіксованих факторів

Додатково встановлено, що попереднє введення свиноматкам препарату «Інтровіт» підсилювало дію «Глютаму 1М» і сприяло подальшому зростанню запліднювальної здатності тварин. Якщо без попереднього введення препарату «Інтровіт» оцінки відношення шансів складали *OR* = 2,47 та *OR* = 2,43 (для моделі випадкових та фіксованих факторів, відповідно), то при попередньому введенні цього препарату ці оцінки значно зростали й складали *OR* = 3,54 та *OR* = 3,30, відповідно (див. рис. 1).

Результати кумулятивного мета-аналізу показали, що дослідження, проведене першим в 2011 році [13], не мало вірогідного доказу впливу дії препарату «Глютам 1М» на запліднювальну здатність свиноматок, не зважаючи на дуже високу оцінку *OR* = 5,80 (95 % довірчий інтервал: 0,64 – 53,01). Але вже включення у мета-аналіз другого дослідження 2013 року [14] робить отриману загальну оцінку *OR* = 2,39 трохи менше, але вже вірогідною (*P* = 0,004). І додавання кожного наступного дослідження до мета-аналізу також підтверджує вірогідний вплив дії препарату «Глютам 1М» на запліднювальну здатність свиноматок, лише незначно корегуючи підсумкову оцінку *OR* (рис. 2).

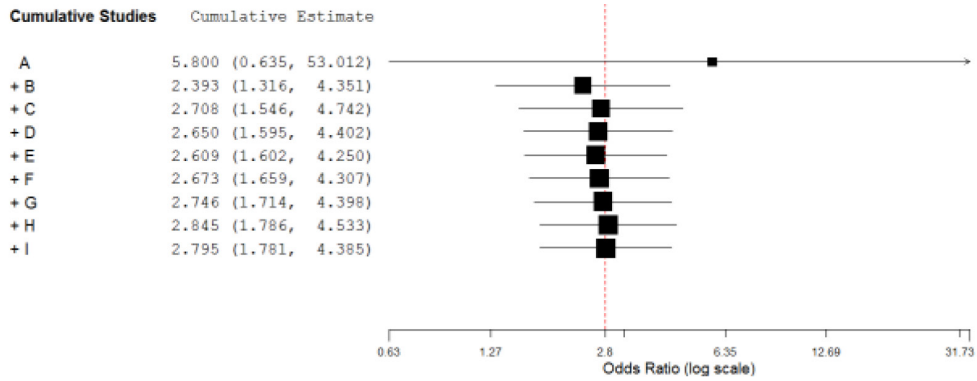


Рис. 2. Результати кумулятивного мета-аналізу (модель фіксованих факторів) оцінок запліднювальної здатності свиноматок при відсутності/наявності препарату «Глютам 1М»

Аналіз результатів дев'яти дослідів, щодо вивчення впливу препарату «Глютам 1М» на загальну кількість поросят при народженні, охопив дані щодо 580 свиноматок. Вірогідне підвищення кількості новонароджених поросят у дослідних групах, яким згодовували препарат «Глютам 1М», порівняно з контролем, було зафіксовано у п'яти дослідженнях.

Згідно з результатами мета-аналізу, виконаного за моделями фіксованих та випадкових ефектів, рівень гетерогенності вихідних даних був помірний (τ^2 = 41,0 %). Отримані значення стандартизованої різниці середніх для обох моделей були близькими (*SMD* = 0,38 та *SMD* = 0,40, відповідно). Оскільки нуль не входив до меж 95 % довірчого інтервалу оцінки *SMD*, можна зробити висновок про вірогідний позитивний вплив препарату «Глютам 1М» на загальну кількість поросят при народженні у свиноматок (рис. 3).

Аналіз результатів 14 дослідів, у яких вивчали вплив препарату «Глютам 1М» на багатоплідність свиноматок, охопив дані щодо 865 тварин. Вірогідне підвищення багатоплідності у дослідних групах, яким згодовували препарат «Глютам 1М», порівняно з контрольною, було відмічено у восьми дослідженнях.

Згідно з результатами мета-аналізу, виконаного за моделями фіксованих та випадкових ефектів, рівень гетерогенності між дослідженнями був помірно високим (τ^2 = 66,0 %). Отримані значення стандартизованої різниці середніх становили *SMD* = 0,54 і *SMD* = 0,58, відповідно. Оскільки нуль не входив до меж 95 % довірчого інтервалу оцінки *SMD*, можна вважати доведеним вірогідний позитивний вплив препарату «Глютам 1М» на багатоплідність свиноматок (рис. 4).

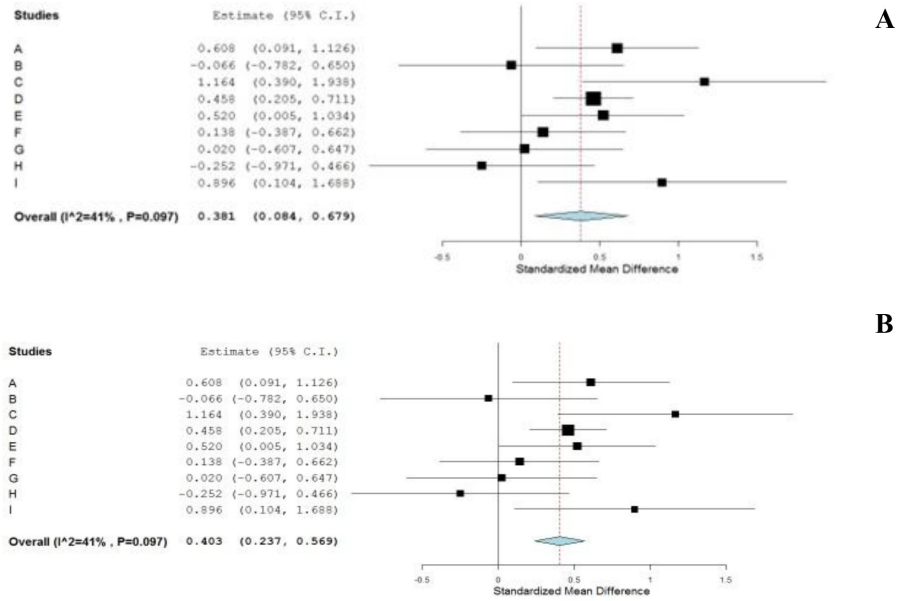


Рис. 3. Результати мета-аналізу (forest plot) оцінок загальної кількості поросят при народженні у свиноматок при відсутності/наявності препарату «Глютам 1М»: А – модель випадкових факторів; В – модель фіксованих факторів

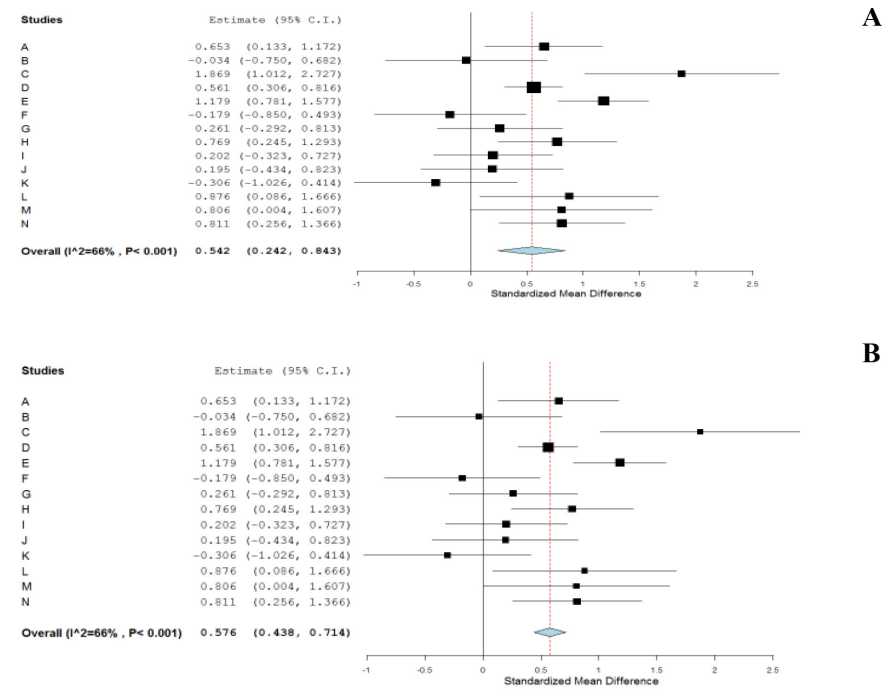


Рис. 4. Результати мета-аналізу (forest plot) оцінок багатоплідності свиноматок при відсутності/наявності препарату «Глютам 1М»: А – модель випадкових факторів; В – модель фіксованих факторів

До аналізу було включено 10 дослідів, у яких викладені результати оцінки впливу препарату «Глютам 1М» на кількість мертвонароджених поросят у гнізді. Загальна вибірка становила 634 свиноматки. Вірогідне зниження рівня мертвонародження у дослідних групах тварин, яким згодовували препарат «Глютам 1М», порівняно з контрольною, було зафіксовано лише у двох дослідженнях.

Згідно з результатами мета-аналізу, виконаного за моделями фіксованих та випадкових ефектів, гетерогенність вихідних даних була помірно висока (τ^2 = 58,0 %). Отримані значення стандартизованої різниці середніх були близькими для обох моделей (*SMD* = –0,28 та *SMD* = –0,26 відповідно). Оскільки в цьому випадку нуль входив до меж 95 % довірчого інтервалу оцінки *SMD*, було зроблено висновок, що результати мета-аналізу не підтверджували статистично вірогідного впливу препарату «Глютам 1М» на рівень мертвонародження у свиноматок.

До аналізу було включено 14 дослідів, у яких оцінювали вплив препарату «Глютам 1М» на великоплідність. Загальна вибірка становила 990 тварин. Вірогідне підвищення показників великоплідності у дослідних групах, яким згодовували препарат «Глютам 1М», порівняно з контрольними, було зафіксовано у шести дослідженнях.

Згідно з результатами мета-аналізу, проведеного за моделями фіксованих та випадкових ефектів, гетерогенність вихідних даних оцінювалася як висока (τ^2 = 73,0 %). Отримані значення стандартизованої різниці середніх були близькими (*SMD* = 0,61 та *SMD* = 0,58, відповідно) (рис. 5).

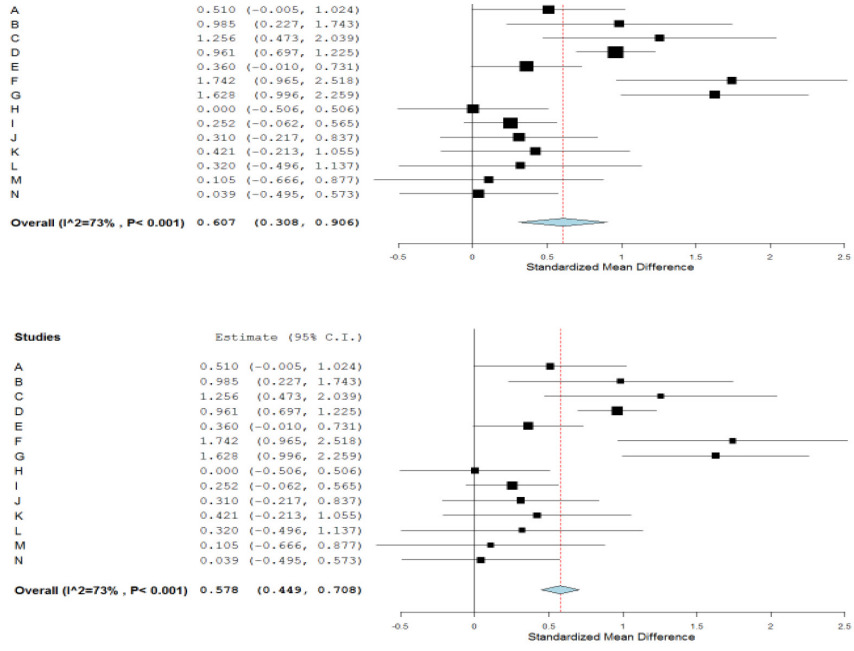


Рис. 5. Результати мета-аналізу (forest plot) оцінок великоплідності при відсутності/наявності препарату «Глютам 1М»: А – модель випадкових факторів; В – модель фіксованих факторів

Оскільки в обох випадках нуль не входив до меж 95 % довірчого інтервалу оцінки *SMD*, можна зробити висновок, що згодовування свиноматкам препарату «Глютам 1М» статистично вірогідно підвищувало показники їх великоплідності.

Якісну оцінку результатів мета-аналізу можна отримати на підставі перевірки гіпотези щодо відсутності публікаційного зміщення (*publication bias*) на підставі т.зв. «воронкоподібного графіку» (*funnel plot*) [18]. Симетричне та рівномірне заповнення «воронки» точками, що відповідають окремому дослідженню, що включено до мета-аналізу, свідчать про відсутність такого зміщення, тобто, рівне представлення публікацій як з наявністю вірогідного ефекту, так і з його відсутністю.

Як бачимо, для трьох кількісних ознак відтворення свиноматок, точки дійсно рівномірно та симетрично заповнювали простір «воронки» (рис. 6B, C, D). У той час як для запліднювальної здатності відмічається «недолік» публікацій у лівій нижній частині графіку (рис. 6A), що відповідає публікаціям із слабкою доказовою базою щодо дії препарату «Глютам 1М» на цю ознаку свиноматок.

Висновки. Проведені раніше дослідження свідчать про високу ефективність використання біологічно активного препарату метаболічно-нейротропної дії «Глютам 1М» у свинарстві. Було показано його позитивний вплив на запліднювальну здатність свиноматок, багатоплідність, великоплідність та зниження частки мертвонароджених поросят. Водночас різниці між результатами контрольної та дослідної груп в окремих досліджень не завжди досягають рівня значущості ($P < 0{,}05$), що зумовлює необхідність їх узагальнення на підставі методу мета-аналізу. Метою роботи була оцінка ефективності використання препарату «Глютам 1М» для покращення відтворювальних якостей свиноматок за даними результатів мета-аналізу.

Отримані на підставі мета-аналізу результати підтверджують статистично вірогідний позитивний вплив препарату на запліднювальну здатність, загальний

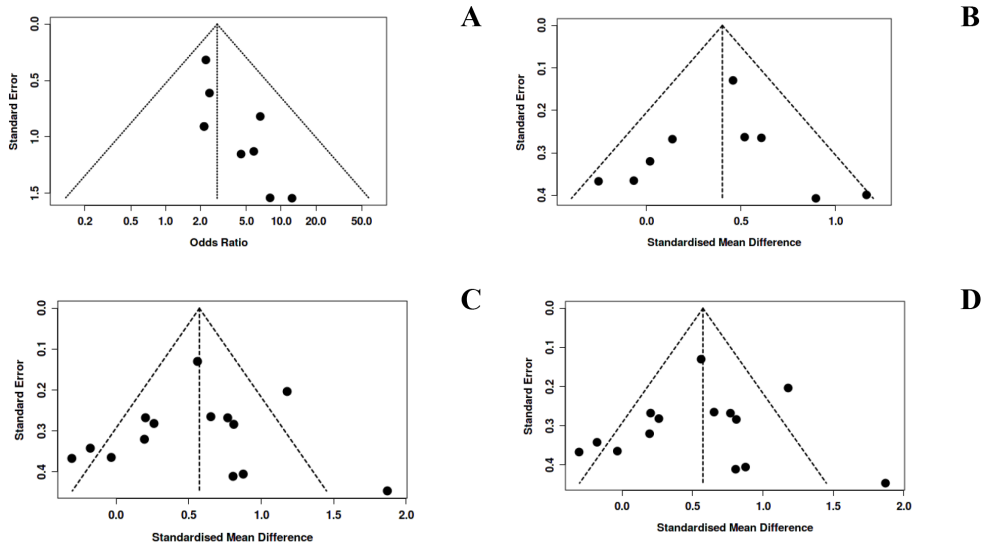


Рис. 6. Результати мета-аналізу (funnel plot) для різних ознак відтворення свиноматок:
A – запліднювальна здатність; B – загальна кількість поросят при народженні;
C – багатоплідність; D – великоплідність

розмір гнізда, багатоплідність свиноматок та великоплідність, у той час як його вплив на рівень мертвонародження не виявлено.

Отже, можна вважати доведеною доцільність використання препарату «Глютам 1М» як ефективного біотехнологічного засобу підвищення відтворювальної здатності свиноматок у сучасних системах промислового свинарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Безверха Л. М. Вплив біологічно активних препаратів на багатоплідність і великоплідність свиноматок залежно від кількості опоросів. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2012. № 5(2). С. 188–194.
2. Безверха Л. М., Шеремета В. І. Багатоплідність свиноматок великої білої породи за використання метаболічного препарату нейтропної дії. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2011. Вип. 4. С. 168–172.
3. Безверха Л. М., Шеремета В. І. Обмінні процеси в організмі свиноматок за використання препарату нейротропної метаболічної дії. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2014. № 1. С. 83–86.
4. Безверха Л. М., Трохименко В. З., Захарін В. В. Відтворювальна здатність свиноматок великої білої породи за використання біологічно активних препаратів «Глютам 1 М» та «Стимулін-вет». *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. Вип. 1(104). С. 94–102.
5. Безверха Л. М., Трохименко В. З., Ходаківська Н. І., Захарін, В. В. Нейротропних препаратів метаболічної дії на ембріональний приріст поросят та вихід поросят при народженні. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво.* 2021. № 1. С. 42–46.
6. Кулдонашвілі К. В., Шеремета В. І., Каплуненко В. Г. Стимуляція росту поросят-сисунів біологічно активними препаратами. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2015. № 205. С. 308–313.
7. Кулдонашвілі К. В., Шеремета В. І., Каплуненко В. Г. Вплив нейротропно-метаболічного препарату Глютам 1М та наноаквахелат германию на багатоплідність свиноматок. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. 2016. № 5. С. 183–186.
8. Пилипчук О. С. *Обґрунтування біотехнологічних способів стимуляції відтворювальної здатності свиноматок*. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія. Білоцерківський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Біла Церква, 2017. 148 с.
9. Пилипчук О. С., Шеремета В. І. Спосіб стимуляції запліднености свиноматок. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2014. № 202. С. 319–324.
10. Пилипчук О. С., Шеремета В. І. Репродуктивна здатність свиноматок при застосуванні нейротропно-метаболічного препарату. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015а. Вип. 2(2). С. 156–162.
11. Пилипчук О. С., Шеремета В. І. Вплив нейротропно-метаболічного препарату на рівень глюкози в крові свиноматок у різні періоди фізіологічного стану. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва.* 2015б. № 205. С. 370–378.
12. Пилипчук О. С., Шеремета В. І., Каплуненко В. Г. Вплив нейротропно-метаболічних препаратів на великоплідність свиноматок. *Розведення і генетика тварин*. 2016. № 51. С. 267–275.

13. Шеремета В. І., Безверха Л. М. Заплідненість свиноматок великої білої породи за використання біологічно активного препарату. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. Вип. 8(48). С. 84–88.

14. Шеремета В. І., Безверха Л. М. Вміст статевих гормонів у крові та відтворювальна здатність свиноматок за використання препарату нейротропно-метаболічної дії «Глютам 1М». *Біологія тварин*. 2013а. Т. 15. № 2. С. 149–156.

15. Шеремета В. І., Безверха Л. М. Вплив лінії кнурів на відтворювальну здатність свиноматок за використанння нейротропно-метоболічних препаратів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2013б. № 190. С. 375–381.

16. Шеремета В. І., Менчинська О. С. Відтворювальна здатність свиноматок за використання після відлучення поросят біологічно активного препарату. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2014. № 1. С. 79–82.

17. Шеремета В. І., Пилипчук О. С., Каплуненко В. Г. Поліпшення відтворювальної здатності свиноматок біологічно активними препаратами. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва*. 2015. Вип. 221. С. 161–165.

18. Borenstein M., Hedges L. V., Higgins J. P. T., Rothstein H. R. *Introduction to Meta-Analysis*. John Wiley & Sons, 2009. 421 p.

19. Hou Y., Wu G. L-Glutamate nutrition and metabolism in swine. *Amino acids*. 2018. Vol. 50(11). P. 1497–1510.

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 633.13 : 631.8
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.41

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ЖИТА ОЗИМОГО ГІБРИДНОГО

Кургак В. Г. *– д.с.-г.н., професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, професор, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» orcid.org/0000- 0003-2309-0128*
Жук М. М. *– аспірант Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» orcid.org/0009-0004-8105-9967*
Сеник І. І. *– д.с.-г.н., с.н.с., професор кафедри агробіотехнологій, Західноукраїнський національний університет orcid.org/0000-0003-4756-7824*

Серед однорічних кормових культур сучасного аграрного виробництва значного поширення набуває жито озиме гібридне. Завдяки своїм біологічним особливостям його висівають у вересні, а урожай зеленої маси збирають весною наступного року, що дозволяє висівати після нього пізні ярі культури. Технологічні особливості вирощування жита озимого гібридного передбачають висівання значно меншої кількості насіння порівняно із сортовим. Це вимагає стимулювання процесів його розвитку на початкових етапах вегетації для створення необхідних передумов для отримання високого урожаю. Метою дослідження було вивчення впливу передпосівної обробки насіння на біометричні показники рослин жита озимого гібридного при вирощуванні на кормові цілі та стало метою нашої роботи.

Дослідження проводилися ННЦ «Інститут землеробства НААН» в умовах західного Лісостепу на полях ТОВ «Аграрна Марка» Тернопільського району Тернопільської області протягом 2023–2025 рр.

Виходячи із мети досліджень, вирішення намічених програмою завдань проводилось в одному двофакторному досліді, де на агрофітоценозі жита озимого гібридного КВС Прогас F1 вивчалися різні способи передпосівної обробки насіння.

Встановлено, що у всіх варіантах агроценозу спостерігається позитивний вплив передпосівної обробки насіння. Найбільш чутливими до дії препаратів виявилися чисті посіви жита та сумішки із домінуванням злакової культури (75 % жита). Основні показники інтенсивності росту – сира маса, довжина кореня і проростка – збільшувались на 8–20 %. Найефективнішим варіантом була комбінована обробка мікробіологічним препаратом Біоексперт і стимулятором росту Вітазим. На зазначеному варіанті досліду спостерігалися максимальні значення основних біометричних показників – густота рослин в період повних сходів, сира маса 100 рослин, середня довжина коренів та проростків. Ранні етапи онтогенезу реагують на стимулятори особливо виразно, що потенційно формує передумови для підвищення врожайності.

Ключові слова: *жито озиме, горошок паннонський, стимулятори росту, мікробіологічні препарати, біометричні показник.*

© Кургак В. Г., Жук М. М., Сеник І. І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Kurhak V. G., Zhuk M. M., Senyk I. I. Influence of pre-sowing seed treatment on biometric parameters of hybrid winter rye plants

Among the annual fodder crops of modern agricultural production, hybrid winter rye is becoming increasingly widespread. Due to its biological characteristics, it is sown in September, and the green mass is harvested in the spring of the following year, which allows late spring crops to be sown after it. The technological features of growing hybrid winter rye involve sowing significantly fewer seeds than with varietal rye. This requires stimulating its development in the early stages of vegetation to create the necessary conditions for a high yield. The aim of the study was to investigate the effect of pre-sowing seed treatment on the biometric parameters of winter hybrid rye plants grown for fodder purposes, both in single-species crops and in mixtures with Hungarian vetch.

The research was conducted by the National Scientific Centre 'Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences' in the western forest-steppe zone on the fields of Agrarna Marka LLC in the Ternopil district of the Ternopil region during 2023–2025.

Based on the research objectives, the tasks set out in the programme were carried out in a single two-factor experiment, where various methods of pre-sowing seed treatment were studied on the agrophytocenosis of winter rye hybrid KVS Progas F1.

It has been established that in all variants of the agrocenosis, pre-sowing seed treatment has a positive effect. Single-species rye crops and mixtures dominated by cereal crops (75 % rye) proved to be the most sensitive to the action of the preparations.

The main indicators of growth intensity – raw weight, root length and sprout length – increased by 8–20 %. The most effective option was combined treatment with the microbiological preparation Bioexpert and the growth stimulator Vitazym. In this experiment, maximum values of the main biometric indicators were observed – plant density during full emergence, fresh weight of 100 plants, average root and sprout length.

Key words: *winter rye, Hungarian vetch, growth stimulants, microbiological preparations, biometric parameters.*

Постановка проблеми. Жито озиме в Україні вирощується для використання за двома напрямками – для отримання продовольчого і фуражного зерна та зеленої маси на корм худобі або заготівлі сінажу [1, 2]. До недавнього часу здебільшого в Україні вирощували сорти озимого жита. Проте починаючи із 2014 року [3] в Україні почали вирощувати гібридне озиме жто компанії КВС. Специфікою технології його вирощування є зменшена норма висіву (2,0 млн/га порівняно із звичайним сортовим (4,5–5,0 млн/га). Це потребує створення особливих умов для кращого проростання насіння та інтенсивнішого росту і розвитку у осінній період, щоб забезпечити потрібну густоту пагонів на одиниці площі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день у науковій літературі висвітлена значна кількість результатів досліджень щодо передпосівної обробки насіння зернових культур, в тому числі і жита озимого. Для цього використовують стимулятори росту рослин, які інтенсифікують процеси росту та розвитку рослин на початкових етапах вегетації, що в подальшому сприяєю формуванню високопродуктивних агрофітоценозів [4–10].

Нині у технологіях вирощування найчастіше застосовують три групи біостимуляторів: гумінові та фульвові кислоти, екстракти морських водоростей і амінокислоти [11].

Окрему групу стимуляторів росту становлять брасиностероїди. Це речовини, виділені із рослин родини капустяних і які сприяють кращому росту і розвитку рослин. Обробка насіння зернових, бобових і технічних культур цим фітогармоном сприяє сильній стимуляції росту цих культур [12].

Зазначені речовини увійшли до складу стимулятора росту Вітазим.

Крім рістстимулюючих речовин, для передпосівної обробки насіння зернових культур часто використовують мікробіологічні препарати різного цільового призначення. Вони сприяють ефективнішому засвоєнню елементів живлення

сільськогосподарськими культурми та володіють фунгіцидними і бактерицидними властивостями, що сприяє покращенню фітосанітарного стану посівів [12–17].

Проте, в науковій літературі повнстю відсутня інформація про застосування рістстимулюючих речовин для обробки насіння жита озимого гібридного. Однак, враховуючи його біологічні та ботанічні особливості в технології його вирощування можливе застосування тих же препаратів як і на інших зернових культурах. Це і зумовило необхідність проведення експерименту із вивчення впливу передпосівної обробки насіння на біометричні показники рослин жита озимого гібридного при вирощуванні на кормові цілі та стало метою нашої роботи.

Матеріал і методика досліджень. Дослідження із вивчення питання впливу передпосівної обробки насіння жита озимого гібридного на його біометричні показники проводилися ННЦ «Інститут землеробства НААН» в умовах західного Лісостепу на полях ТОВ «Аграрна Марка» Тернопільського району Тернопільської області протягом 2023–2025 рр.

Виходячи із мети досліджень, вирішення намічених програмою завдань проводилось в одному двофакторному досліді, де на агрофітоценозі жита озимого гібридного КВС Прогас F1 вивчалися різні агроценози досліджуваної культури та способи передпосівної обробки насіння.

Фактор А – травосумішки: 1. Жито озиме, 100 % (2,0 млн/га); 2. Жито озиме, 75 % + горошок панонський, 25 %; 3. Жито озиме, 50 % + горошок панонський, 50 %; 4. Жито озиме, 25 % + горошок панонський, 75 %.

Фактор В – обробка насіння: 1. Без обробки (контроль); 2. Мікробіологіний препарат Біоексперт; 3. Стимулятор росту Вітазим; 4. Біоексперт + Вітазим

Площа посівної ділянки – 75 м^2, облікової – 60 м^2. Повторність досліду триразова.

Польові дослідження проводилися відповідно загальноприйнятих методик з кормовиробництва та луківництва [18].

Виклад основного матеріалу. Детальний аналіз біометричних показників посівів у польових умовах вказує на деякі відмінності у рості і розвитку розвитку компонентів агрофітоценозу, порівняно із лабораторними, (табл. 1). У 2023 році густота сходів істотно залежала як від компонентного складу агроценозу, так і від передпосівної обробки насіння.

Найвищі показники отримано у одновидових посівах жита озимого: контроль – 161 шт./м^2; Біоексперт – 162 шт./м^2; Вітазим – 175 шт./м^2; Біоексперт + Вітазим – 177 шт./м^2. Стимулятор росту Вітазим підвищував густоту сходів на 10–15 % порівняно з контролем. Найнижчу густоту формували посіви з переважанням горошку паннонского (75 %) – 38–41 шт./м^2, що зумовлено біологічними особливостями культури..

Маса 100 рослин у чистих посівах жита була максимальною – 25,3–25,4 г при обробці Вітазимом і його поєднанні з Біоекспертом. Контрольні варіанти в усіх агроценозах значно поступалися зазначеному варіанту і зазначені показники знаходилися на рівні – 20,5–22,5 г.

Змішані посіви з високою часткою горошку паннонського(75 %) характеризувалися зменшеними показниками маси рослин 20,5–23,4 г, що пояснюється слабшим стартовим ростом бобової компоненти.

У 2023 році найкращий розвиток кореневої системи відмічено у варіантах із поєднанням мікробіологічного препарату Біоексперт та стимулятора росту Вітазим: жито озиме одновидовий посів – 2,59 см; жито 75 % + горошок паннонський

Таблиця 1

Біометричні показники злакового компонента агрофітоценозу в період повних сходів (ВВСН 11), (у 2023–2025 рр.)

Фактор А –агроценоз*	Фактор В – передпосівна обробка насіння	Густота рослин в період повних сходів шт../м²			Сира маса 100 рослин у фазі повних сходів, г			Середня довжина коренів, см			Середня довжина проростків, см		
		роки											
		2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025
Жито озиме, 100 % (2,0 млн/га)	Без обробки (контроль)	161	163	175	22,5	20,5	23,4	2,28	3,29	3,45	3,57	2,01	2,14
	Мікробіологіний препарат Біоексперт	162	164	177	22,5	20,6	23,4	2,29	3,31	3,49	3,59	2,02	2,15
	Стимулятор росту Вітазим	175	179	182	25,3	23,2	26,2	2,58	3,75	3,86	4,01	2,16	2,36
	Біоексперт + Вітазим	177	182	184	25,4	23,6	26,5	2,59	3,81	4,11	4,05	2,22	2,75
Жито озиме, 50 % + горошок панонський, 50 %	Без обробки (контроль)	75	77	81	21,3	19,8	21,2	2,22	3,16	3,34	3,39	1,89	1,94
	Мікробіологіний препарат Біоексперт	76	78	84	21,3	19,9	21,3	2,25	3,25	3,33	3,41	1,95	1,96
	Стимулятор росту Вітазим	86	89	91	24	20,5	24,1	2,44	3,51	3,65	3,85	2,01	2,12
	Біоексперт + Вітазим	87	91	93	24,1	21,1	25,5	2,45	3,65	3,85	3,89	2,09	2,22
Жито озиме, 75 % + горошок панонський, 25 %	Без обробки (контроль)	120	122	129	21,9	20,2	22,4	2,3	3,2	3,54	3,45	1,95	2,09
	Мікробіологічний препарат Біоексперт	121	124	131	21,9	20,5	22,4	2,32	3,3	3,55	3,45	1,99	2,11
	Стимулятор росту Вітазим	129	131	135	24,8	21,9	24,9	2,45	3,65	3,72	3,98	2,09	2,34
	Біоексперт + Вітазим	133	136	138	24,9	22,6	25,4	2,46	3,72	3,99	4,02	2,15	2,56
Жито озиме, 25 % + горошок панонський, 75 %	Без обробки (контроль)	38	40	42	20,5	19	21	2,03	3,11	3,22	3,75	1,8	1,88
	Мікробіологіний препарат Біоексперт	39	42	44	20,5	19,5	21,6	2,04	3,2	3,24	3,75	1,86	1,92
	Стимулятор росту Вітазим	41	44	46	23,3	20,1	22,9	2,17	3,4	3,56	3,95	1,96	2,05
	Біоексперт + Вітазим	41	45	47	23,4	20,9	23,4	2,19	3,52	3,92	3,97	2,03	2,16
HIP_{05}		3,6	3,9	4,1	0,5	0,3	0,4	0,02	0,04	0,05	0,03	0,06	0,09

* Примітка: норми висіву у % від повної у одновидовому посіві

ISSN 2226-0099 (Print), ISSN 2664-6102 (Online)

25 % – 2,46 см; жито 50 % + горошок паннонський 50 % – 2,45 см; У контрольному варіанті без обробки дані показники були нижчими на 10–15 %. Вплив препаратів проявлявся стабільно в усіх агроценозах.

Найдовші проростки у одновидових посівах жита – 4,01–4,05 см відмічено при застосуванні стимулятора росту ті мікробіологічного препарату. У варіантах із переважанням горошку панноснького показники залишалися нижчими – 3,75–3,97 см. Комбінована обробка забезпечила найбільш інтенсивний стартовий ріст.

У 2024 році простежується аналогічна тенденція, але величини дещо вищі, що зумовлено кращим режимом атмосферного зволоження порівняно із попереднім роком: жито одновидового посіву 163–182 шт./м^2; жито в сумішці з горошком паннонським 50/50 – 77–91 шт./м^2; у співвідношенні 75/25 – 122–136 шт./м^2; а при висіванні 25/75 – 40–45 шт./м^2

Маса рослин дещо зменшилася порівняно з 2023-м, що може свідчити про менш сприятливі погодні умови на початку вегетації. Одновидовий посів жита озимого гібридного 20,5–23,6 г; змішані посіви 75 % жита – 20,2–22,6 г; агроценози з переважанням горошку: 19,0–20,9 г. Стимулятор росту Вітазим підвищував масу на 10–15 % незалежно від структури ценозу.

У одновидовому посіві жита, довжина коренів становила 3,29–3,81 см; у сумішках із горошком паннонським 75 % злакового та 25 % бобового компонента 3,2–3,72 см; при співвідношенні 50/50: 3,16–3,65 см; а на варіантах із вирощуванням 25 % жита та 75 % горошку паннонськго: 3,11–3,52 см.

Довжина проростків у 2024 році була нижчою ніж у 2023, що спричинене прохолодною погодою в осінній період. У одновидового посіву жита вони становили 2,01–2,22 см; у змішаних посівах 1,80–2,15 см.

Дощова погода осіннього періоду 2025 року спричинила найвищі біометричні показники проростків жита озимого як в одновидовому посіві так і в сумішках із бобовим компонентом за всі роки досліджень. Вона становила 175–184 шт./м^2 у одновидового посіву жита озимого, 129–138 шт./м^2; 81–93 шт./м^2 та 42–47 шт./м^2 в його сумішках із горошком паннонським за різного співвідношення. Відмічається найкраща реакція на Вітазим та його суміш: приріст до контролю становив 6–12 %.

У 2025 році сира маса проростків досягла максимальних значень: одновидовий посів жита – 23,4–26,5 г; жито з горошком паннонським 75/25: 22,4–25,4 г; 50/50 – 21,2–25,5 г; 25/75 – 21,0–23,4 г. Застосування препаратів підвищувало даний показник до +15–20 %.

Коренева система рослин жита озимого у 2025 році була розвинена найкраще. Її довжина становила 3,45–4,11 см; 3,54–3,99 см; 3,34–3,85 см та 3,22–3,92 см залежно від передпосівної обробки насіння та співвідношення компонентів в сумішці. Комбінована обробка забезпечувала приріст кореневої довжини до 20 %. У 2025 році довжина проростків зросла порівняно з 2024-м, і становила 2,14–2,75 см в одновидовому посіві та 1,88–2,56 см у сумішках із горошком паннонським. При застосуванні Вітазиму приріст довжини проростків становив 15–25 %.

В середньому за три роки досліджень, (табл. 2) найвищою густотою пагонів відзначилися варіанти одновидового посіву жита озимого гібридного. У варіанті без обробки густота становила 166,3 шт./м^2.

Застосування Біоексперту практично не змінило цей показник (167,7 шт./м^2), тоді як Вітазим сприяв відчутному збільшенню густоти – до 178,7 шт./м^2. Найвищий результат отримано при комбінованій обробці (181,0 шт./м^2), що свідчить про синергічний ефект препаратів.

Таблиця 2

Біометричні показники злакового компонента агрофітоценозу в період повних сходів (ВВСН 11), (середнє за 2023–2025 рр)

Фактор А – агроценоз*	Фактор В – передпосівна обробка насіння	Густота рослин в період повних сходів шт./м²	Сира маса 100 рослин у фазі повних сходів, г	Середня довжина коренів, см	Середня довжина проростків, см
Жито озиме, 100 % (2,0 млн/га)	Без добрив (контроль)	166,3	22,1	3,44	2,14
	Мікробіологчіний препарат Біоексперт	167,7	22,2	3,46	2,15
	Стимулятор росту Вітазим	178,7	24,9	3,87	2,37
	Біоексперт + Вітазим	181,0	25,2	3,99	2,52
Жито озиме, 50 % + горошок панонський, 50 %	Без добрив (контроль)	77,7	20,8	3,30	2,02
	Мікробіологчіний препарат Біоексперт	79,3	20,8	3,33	2,05
	Стимулятор росту Вітазим	88,7	22,9	3,67	2,19
	Біоексперт + Вітазим	90,3	23,6	3,80	2,25
Жито озиме, 75 % + горошок панонський, 25 %	Без добрив (контроль)	123,7	21,5	3,40	2,11
	Мікробіологічний препарат Біоексперт	125,3	21,6	3,43	2,14
	Стимулятор росту Вітазим	131,7	23,9	3,78	2,29
	Біоексперт + Вітазим	135,7	24,3	3,91	2,39
Жито озиме, 25 % + горошок панонський, 75 %	Без добрив (контроль)	40,0	20,2	3,36	1,90
	Мікробіологічний препарат Біоексперт	41,7	20,5	3,40	1,94
	Стимулятор росту Вітазим	43,7	22,1	3,64	2,06
	Біоексперт + Вітазим	44,3	22,6	3,80	2,13

* Примітка: норми висіву у % від повної у одновидовому посіві

У варіантах сумісного вирощування жита озимого з горошком паннонським (50 %:50 %) густота була удвічі нижчою, ніж у одновидового посіву, що очікувано через меншу норму висіву жита та присутність горошку. Порівняно з контролем (77,7 шт./м²) стимулятори підвищували цей показник до 90,3 шт./м² у разі поєднання двох препаратів.

На варіантах де до якладу суміші входили жита 75 % + горошку 25 %, густота становила 123,7 шт./м² на контролі без обробки. Максимальне збільшення забезпечила комбінація Біоексперт + Вітазим (135,7 шт./м²), що перевищує контроль на ~10 %.

У агрофітоценозах, де в сумішках вирощувалося жита 25 % + горошку 75 % густота була найнижча – 40 шт./м² у контролі. Досліджувані препарати підвищували показник до 44,3 шт./м², але загальний приріст був незначним, що пов'язано з біологічними особливостями бобової культури.

Сира маса 100 рослин відображає інтенсивність ростових процесів на ранніх етапах. У одновидовому посіві жита маса зросла з 22,1 г (контроль) до 25,2 г за

комбінованої обробки стимулятором росту і мікробіологічним препаратом Біоексперт. При вирощуванні сумішки, яка складалася із жита озимого і горошку панонського 50/50, приріст становив від 20,8 г до 23,6 г. У варіантах із 75 % жита маса збільшилась із 21,5 до 24,3 г.

Обробка насіння стимуляторами системно збільшує біомасу, що вказує на активізацію метаболічних процесів та зміцнення ранніх ростових реакцій.

Розвиток кореневої системи критично важливий для формування продуктивності. У одновидовому посіві жита озимого на контролі без обробки довжина коренів становила 3,44 см, а при сумісному застосуванні мікробіологічного препарату та стимулятора росту 3,99 см. В сумішках із горошком паннонським зазначені показники становили від 3,30 до 3,91 см.

Довжина проростків збільшується у всіх агроценозах: у чистому житі приріст становив від 2,14 см до 2,52 см; у сумішах з горошком – від 1,90–2,11 см у контролі до 2,13–2,39 см у варіантах із подвійною обробкою. Відмічено, що Вітазим має сильніший вплив порівняно з Біоекспертом, а їхнє поєднання забезпечує максимальні значення.

Висновки. В цілому ж, у всіх варіантах агроценозу спостерігається позитивний вплив передпосівної обробки насіння. Найбільш чутливими до дії препаратів виявилися чисті посіви жита та сумішки із домінуванням злакової культури (75 % жита). Основні показники інтенсивності росту – сира маса, довжина кореня і проростка – збільшувались на 8–20 %. Найефективнішим варіантом була комбінована обробка мікробіологічним препаратом Біоексперт і стимулятором росту Вітазим. Ранні етапи онтогенезу реагують на стимулятори особливо виразно, що потенційно формує передумови для підвищення врожайності

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ. і допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.
2. Макаренко П. С. Лучне і польове кормовиробництво : навчальне видання. Вінниця : ФОП Данилюк В. Г., 2008. 548
3. Державний реєсто сортів рослин придатних для поширення в Україні : Український інститут експертизи сортів рослин. URL: https://sops.gov.ua/derzavnij-reestr (дата звернення: 25.01. 2026).
4. Спосіб ефективної та безпечної передпосівної обробки насіння жита озимого : пат. 135570 Україна, МПК A01G 13/00. № u201900417; заявл. 15.01.2019 ; дата публікації 10.07.2019, Бюл. № 13.
5. Смірнова І. В Вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратами на ріст і розвиток рослин сортів пшениці озимої. *Аграрні інновації*. Меліорація, землеробство, рослинництво. 2023. № 18. С. 114–119. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.16
6. Кліпакова Ю. О., Прісс О. П., Білоусова З.В., Єременко О.А. Урожайність пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння. *Вісник аграрної науки*. 2019. Том 97. № 4. С. 16–23. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-03
7. Жемела Г. П., Герман М. М. Врожайність пшениці м'якої озимої в залежності від передпосівної обробки насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 4. С. 36–39.
8. Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Коробова О. М., Чугрій Г. А. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої на різних фонах живлення в умовах Донецької області. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 41–47. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-06

9. Гамаюнова В. В., Панфілова А. В. Окупність сумісного використання добрив та біопрепаратів на пшениці озимої в Південному Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 41–48. https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.05

10. Полянчиков С., Капітанська О. Ринок біостимуляторів: перспективи для розвитку України. *Агроіндустрія*. 2018. № 2. С. 28–32.

11. Гродзінський А. М. Основи хімічної взаємодії рослин. К. : Наукова думка, 1973. 205 с.

12. Дробітько А. В., Смірнова І. В., Байсен І. Продуктивність пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння в умовах півдня України. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 312–318. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.48

13. Korkhova M., Smirnova V., Panfilova A., Bilichenko O. Productivity of winter wheat depending on varietal characteristics and pre-sowing treatment of seeds with biological products. *Scientific Horizons*, (2023). 26(5), 65–75. DOI: https://doi.org/10.48077/scihor5.2023.65

14. Gamajunova V. V., Kuvshinova A. O. Economic efficiency of growing winter barley under the influence of biologics in the Southern Steppe zone of Ukraine. *Scientific Horizons*, 2023. №. 26 (11). С. 39–48. DOI: https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.39

15. Базалій В., Домарацький Є. Вплив біопрепаратів на врожайність і адаптивні властивості сортів пшениці м'якої озимої. *Таврійський науковий вісник*. 2012. № 81. С. 9–14.

16. Mashchenko Yu. V., Kulik G. A., Trikina N. M. Malahovska V. O. Yield of winter wheat in crop rotations of the steppe depends on fertilizer systems and bio-products. *Agrarian innovations*. 2023. № (18). С. 77–83. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.48

17. Методика наукових досліджень в агрономії [текст]: навч. посіб. / В. Г. Дідора та ін. К. : «Центр учбової літератури», 2013. 264 с.

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 633.17:631.147:664.8:621.9
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.42

СОРГО В СИСТЕМІ СТАЛОГО АГРОВИРОБНИЦТВА ТА 3D-ДРУКУ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Бойко М. О. *– к.с.-г.н.,*
ст. викладач кафедри екології та сталого розвитку
імені професора Ю. В. Пилипенка,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0001-2291-3164

У статті розглядаються сучасні виклики та перспективи розвитку сільського господарства України в умовах посилення кліматичних змін, що виявляються у підвищенні температури повітря, зменшенні кількості опадів та частіших посухах. Стверджується, що ці кліматичні зміни становлять довгострокові ризики для традиційного сільського господарства та знижують стабільність врожайності основних культур, особливо в степових та південних регіонах України. За таких умов особливо важливо диверсифікувати структуру оброблюваних площ та впроваджувати альтернативні культури, які можуть ефективно функціонувати в умовах дефіциту вологи та високих температур. Особлива увага приділяється сорго як перспективній культурі, що поєднує високу посухо- та жаростійкість, знижену потребу у воді та здатність давати стабільні врожаї на малородючих ґрунтах. У статті обґрунтовано перспективи використання сорго та продуктів його переробки як сировинної бази для адитивних технологій, зокрема 3D-друку дієтичних та функціональних харчових продуктів. Борошно, крохмаль, білкові фракції та вторинні ресурси переробки сорго мають необхідні реологічні, структуроутворюючі та поживні властивості для формування друкованих харчових мас. Підкреслюється безглютеновий характер сорго та можливість створення на його основі персоналізованих продуктів для споживачів з особливими дієтичними потребами.

Окремо узагальнено світовий досвід впровадження 3D-друку харчових продуктів та діяльність провідних компаній у сфері адитивних харчових технологій, що підтверджує технологічну зрілість та комерційний потенціал цього напряму. На основі аналізу запропоновано концептуальну модель інтеграції сорго та продуктів його переробки в адитивні харчові технології, що відображає логічний перехід від сільськогосподарського виробництва до створення інноваційних харчових продуктів та формування соціально-економічних ефектів. Зроблено висновок, що використання сорго в 3D-друку дієтичних харчових продуктів відповідає світовим тенденціям сталого розвитку, ефективного використання ресурсів та персоналізованого харчування і має значний науковий та практичний потенціал для України.

Ключові слова: *сировинна основа, адитивні технології, 3D-друк, харчові продукти, інновації.*

© Бойко М. О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Boiko M. O. Sorgo in the system of sustainable agricultural production and 3d printing of food products

The article discusses the current challenges and prospects for the development of Ukraine's agricultural sector in the context of intensifying climate change, manifested in rising air temperatures, decreasing precipitation, and more frequent droughts. It is argued that these climatic transformations pose long-term risks to traditional agriculture and reduce the stability of yields of major crops, especially in the steppe and southern regions of Ukraine. Under such conditions, it is particularly important to diversify the structure of cultivated areas and introduce alternative crops that can function effectively in conditions of moisture deficiency and high temperatures. Particular attention is paid to sorghum as a promising crop that combines high drought and heat resistance, reduced water requirements, and the ability to produce stable yields on low-fertility soils. The article substantiates the prospects of using sorghum and its processed products as a raw material base for additive technologies, in particular 3D printing of dietary and functional food products. Flour, starch, protein fractions, and secondary resources from sorghum processing have the necessary rheological, structure-forming, and nutritional properties for forming printed food masses. The gluten-free nature of sorghum and the possibility of creating personalized products based on it for consumers with special dietary needs are emphasized.

The global experience of implementing 3D food printing and the activities of leading companies in the field of additive food technologies are summarized separately, confirming the technological maturity and commercial potential of this direction. Based on the analysis, a conceptual model for integrating sorghum and its processed products into additive food technologies is proposed, reflecting the logical transition from agricultural production to the creation of innovative food products and the formation of socio-economic effects. It is concluded that the use of sorghum in 3D printing of dietary food products is in line with global trends in sustainable development, resource efficiency, and personalized nutrition and has significant scientific and practical potential for Ukraine.

Key words: *raw material base, additive technologies, 3D printing, food products, innovations.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах глобальних викликів, пов'язаних із зростанням чисельності населення, кліматичними змінами, деградацією природних ресурсів та загостренням проблеми продовольчої безпеки, особливої актуальності набуває пошук нових підходів до формування сталих агропродовольчих систем. Традиційні моделі агровиробництва та переробки сільськогосподарської сировини дедалі частіше виявляються недостатньо адаптивними до умов нестабільності, що зумовлює необхідність впровадження альтернативних культур і інноваційних харчових технологій.

У цьому контексті сорго виступає як перспективна аграрна культура, що характеризується високою посухостійкістю, невибагливістю до ґрунтово-кліматичних умов, стабільною врожайністю та значним поживним потенціалом. Водночас рівень його використання у харчовій промисловості залишається обмеженим, а можливості інтеграції сорго в сучасні технології виробництва продуктів харчування, зокрема адитивні, досі недостатньо досліджені.

Паралельно з розвитком сталого агровиробництва активно формуються інноваційні напрями харчових технологій, серед яких особливе місце посідає 3D-друк харчових продуктів. Ця технологія відкриває нові можливості для персоналізації харчування, оптимізації використання сировинних ресурсів, створення продуктів із заданими функціональними властивостями та зниження харчових втрат. Проте науково обґрунтований вибір рослинної сировини, придатної для 3D-друку, залишається однією з ключових проблем впровадження адитивних технологій у харчовій галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку з окресленими викликами та зростаючою потребою інтеграції стійких аграрних культур у сучасні харчові технології, доцільним є звернення до аналізу наукових досліджень і публікацій, присвячених використанню сорго як харчової сировини, зокрема

в контексті застосування технологій 3D-друку продуктів харчування. Зокрема, Летницький А. І. у своїй науковій роботі досліджував сучасні тенденції розвитку технологій 3D-друку та їх вплив на трансформацію маркетингових стратегій промислових підприємств, зокрема зміну бізнес-моделей, підходів до управління інноваціями, формування конкурентних переваг, позиціонування продукції та бренду, а також адаптацію маркетингових інструментів до умов цифровізації й поширення кастомізованого виробництва [1].

Науковці Тарасюк Г. М. та Чагайда А. О. у своїх розвідках зосередили увагу на потенціалі персоналізованого харчування як одному з ключових чинників розвитку технологій 3D-друку харчових продуктів, зокрема на можливостях включення до складу надрукованих виробів поживних речовин і біологічно активних сполук з метою профілактики захворювань та підтримки здоров'я споживачів, а також на використанні альтернативних, стійких харчових інгредієнтів з високою поживною цінністю у вигляді порошкоподібної сировини для 3D-друку, що дозволяє покращувати естетичні, смакові та споживчі характеристики харчових продуктів і підвищувати їхню комерційну привабливість [2].

Кузьменко Р. Г. та Стукальська Н. М. розглядали технологію 3D-друку харчових продуктів як інноваційний спосіб формування їжі заданих форм і дизайну з використанням їстівної сировини та проаналізували основні етапи процесу 3D-друку, спектр продуктів, придатних до адитивного виробництва, а також узагальнили його ключові переваги (персоналізація харчування, точність, зменшення харчових відходів) і обмеження, пов'язані з вартістю, асортиментом інгредієнтів та умовами зберігання [3].

Пивовар Р. Ю. та інші автори зосередилися на комплексній оцінці потенціалу технологій 3D-друку як інноваційного інструменту трансформації харчової промисловості, розглядаючи їх вплив на стратегічний розвиток галузі. У роботі проаналізовано можливі зміни у традиційних моделях виробництва, розподілу та споживання харчових продуктів, зумовлені впровадженням адитивних технологій, а також обґрунтовано їхню роль у підвищенні якості, безпечності та доступності харчової продукції. Автори підкреслюють значення 3D-друку для формування більш гнучких, ресурсоефективних і орієнтованих на споживача харчових систем, що відповідають сучасним викликам сталого розвитку [4].

Незважаючи на наявність окремих досліджень, комплексний аналіз сорго як елемента системи сталого агровиробництва та як сировинної основи для 3D-друку харчових продуктів у науковій літературі практично відсутній. Недостатньо вивченими залишаються питання технологічної придатності продуктів переробки сорго до адитивного виробництва, їх функціональних і харчових властивостей, а також потенціалу використання таких продуктів у контексті забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку. Саме це зумовлює необхідність проведення міждисциплінарних досліджень, спрямованих на обґрунтування ролі сорго в інтеграції аграрних і харчових інноваційних технологій.

Мета статті полягає в обґрунтуванні доцільності використання сорго як адаптивної сільськогосподарської культури в умовах кліматичних змін в Україні та визначенні перспектив використання зерна сорго і продуктів його переробки до технологій 3D-друку дієтичних харчових продуктів з урахуванням принципів сталого розвитку, ресурсоефективності та інноваційного розвитку агропродовольчих систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах посилення кліматичних змін аграрний сектор України стикається з довгостроковими ризиками, пов'язаними зі зростанням температури повітря, зменшенням кількості

атмосферних опадів та збільшенням частоти й тривалості посушливих періодів. За прогнозними оцінками, у середньостроковій перспективі значна частина сільськогосподарських угідь країни може опинитися в зоні підвищеного дефіциту вологи, що суттєво ускладнить ведення традиційного землеробства. Очікується, що протягом наступних десятиліть кліматичні трансформації негативно впливатимуть на врожайність основних сільськогосподарських культур, знижуючи глобальний рівень продуктивності навіть за умови впровадження адаптаційних агротехнологій.

За таких умов вирощування традиційних зернових культур, зокрема пшениці, кукурудзи та ячменю, у степових і південних регіонах України стає дедалі більш ризикованим через їхню високу чутливість до водного стресу та температурних екстремумів. Це актуалізує необхідність диверсифікації структури посівних площ і пошуку альтернативних культур, здатних забезпечувати стабільні врожаї в умовах обмеженого зволоження та підвищених температур. Однією з таких культур є сорго, яке розглядається як перспективний елемент адаптації агровиробництва до кліматичних змін.

Сорго вирізняється високою посухо- та жаростійкістю, що зумовлено його біологічними та морфологічними особливостями. Культура здатна переносити температури повітря до +40 °С і тривалі періоди відсутності опадів без істотного зниження продуктивності. Важливу роль у цьому відіграє добре розвинена коренева система, яка проникає на значну глибину та забезпечує доступ до вологи з нижніх горизонтів ґрунту. Така особливість дозволяє рослині ефективно використовувати обмежені водні ресурси навіть у критичні фази вегетації [5–7].

Порівняно з кукурудзою, сорго характеризується значно нижчими потребами у воді, що дає змогу зменшити водне навантаження на агроекосистеми на 30–50 %. Крім того, культура демонструє добру адаптацію до вирощування на легких і малородючих ґрунтах, що розширює можливості її використання в регіонах з несприятливими ґрунтовими умовами. Сорго добре піддається механізації всіх етапів виробничого процесу – від сівби до збирання, що підвищує його економічну доцільність для сільськогосподарських виробників [8, 9].

Окрім виробничих переваг, сорго має важливе агроекологічне значення. Його включення до змішаних сівозмін сприяє збереженню ґрунтової вологи, зменшенню ризиків водної та вітрової ерозії, а також підвищенню загальної стійкості агроландшафтів. У сукупності ці характеристики дозволяють розглядати сорго не лише як альтернативну зернову культуру, а як стратегічний компонент сталого агровиробництва в умовах кліматичних змін, що набувають все більшого впливу на продовольчу безпеку України.

Сорго та продукти його переробки мають значний потенціал для використання у технологіях 3D-друку дієтичних харчових продуктів завдяки своїм фізико-хімічним, харчовим і функціональним властивостям. Основною сировиною для адитивного виробництва можуть виступати борошно сорго, крохмаль, білкові фракції, а також вторинні ресурси – висівки та інші рештки переробки, що відповідає принципам безвідходної та сталої харчової системи (Табл.1).

Борошно та крохмаль сорго можуть використовуватися як структуроутворююча основа для формування друкованих харчових мас завдяки їхній здатності до гелеутворення, в'язко-пластичної деформації та стабілізації форми після екструзії через насадку 3D-принтера. Такі властивості є ключовими для забезпечення точності друку та збереження геометрії виробів. Водночас сорго не містить глютену, що робить його придатним для створення дієтичних і безглютенових продуктів,

Таблиця 1

Використання сорго та продуктів його переробки у технологіях 3D-друку дієтичних харчових продуктів

Вид сировини сорго	Основні властивості	Функціональна роль у 3D-друку	Харчова та дієтична цінність
Борошно сорго	Гелеутворювальні та в'язко-пластичні властивості, відсутність глютену	Формування стабільної харчової маси, забезпечення точності друку та збереження форми виробів	Придатне для безглютенових і дієтичних продуктів
Крохмаль сорго	Здатність до набухання та структуроутворення	Підвищення стабільності геометрії виробів після екструзії	Джерело вуглеводів з помірним глікемічним ефектом
Білкові фракції сорго	Високий вміст рослинного білка, амінокислотний склад	Збагачення друкованих продуктів білком, покращення поживної цінності	Формування збалансованого дієтичного раціону
Висівки та оболонки зерна	Високий вміст харчових волокон, антиоксидантів і мікроелементів	Створення функціональних харчових композицій	Підтримка травлення, зниження глікемічного навантаження
Переробні рештки сорго	Потребують підготовки (сушіння, тонкий помел, стабілізація часток)	Інтеграція у харчові суміші для 3D-друку	Реалізація принципів безвідходного виробництва
Комбіновані суміші з гідроколоїдами	Регульовані реологічні властивості	Адаптація харчових мас до вимог адитивного виробництва	Створення персоналізованих і функціональних продуктів

Джерело: сформовано автором [5]

орієнтованих на споживачів із харчовою чутливістю або спеціальними дієтичними потребами.

Білкові компоненти сорго можуть застосовуватися для підвищення поживної цінності 3D-друкованих продуктів, зокрема за рахунок збагачення рослинним білком і формування збалансованого амінокислотного складу. Крім того, до складу друкованих харчових композицій можуть включатися подрібнені висівки та оболонки зерна сорго, які є джерелом харчових волокон, антиоксидантів і мікроелементів. Використання таких переробних решток сприяє створенню функціональних дієтичних продуктів, орієнтованих на покращення травлення та зниження глікемічного навантаження.

Технологічно рештки сорго можуть бути інтегровані у процес 3D-друку після відповідної підготовки – сушіння, тонкого помелу та стабілізації розміру часток, що забезпечує однорідність харчової маси та її придатність до екструзії. Комбінування компонентів сорго з рослинними гідроколоїдами, природними загусниками або іншими функціональними інгредієнтами дозволяє регулювати реологічні властивості сумішей та адаптувати їх до вимог адитивного виробництва. Використання сорго та продуктів його переробки в технологіях 3D-друку відкриває можливості для створення персоналізованих, дієтичних і функціональних нових

харчових продуктів, поєднуючи принципи сталого агровиробництва, ресурсоефективності та інноваційних харчових технологій.

Перспективність використання сорго та продуктів його переробки у технологіях 3D-друку дієтичних харчових продуктів узгоджується із загальносвітовими тенденціями розвитку адитивних харчових технологій та підтверджується успішними прикладами їх комерційної реалізації. Світовий досвід свідчить, що ключовими чинниками успіху 3D-друку їжі є використання рослинної сировини з високою функціональністю, можливість формування заданої текстури та орієнтація на сталий розвиток і здорове харчування. У цьому контексті сорго, як безглютенова, поживна й екологічно стійка культура, може органічно інтегруватися в сучасні адитивні виробничі моделі.

Активне впровадження 3D-друку харчових продуктів спостерігається у провідних технологічних стартапах Ізраїлю, країн Європи та Азії, які демонструють комерційну життєздатність цього напряму. Так, компанія Redefine Meat (Ізраїль) використовує великоформатні 3D-принтери для виробництва рослинних альтернатив м'ясних продуктів на основі білкових сумішей, що підтверджує можливість масштабування адитивних технологій та їх виходу на міжнародні ринки. Подібний підхід застосовує австрійська компанія Revo Foods, яка у 2024 році відкрила у Відні найбільшу у світі фабрику з 3D-друку їжі, орієнтовану на комбінування рослинних білків і жирів для відтворення складної харчової текстури та подальшої комерціалізації продукції в роздрібних мережах.

Високий рівень технологічної зрілості демонструє також компанія Steakholder Foods (Ізраїль), що застосовує запатентовані методи надточного пошарового формування харчових продуктів і досягла промислових обсягів виробництва. Паралельно розвивається напрям 3D-біодруку культивованого м'яса, зокрема в діяльності компанії Aleph Farms, що свідчить про розширення функціональних можливостей адитивних технологій у харчовій промисловості [10].

З урахуванням наведених прикладів світового досвіду можна стверджувати, що інтеграція сорго та його переробних продуктів у технології 3D-друку має значний потенціал не лише з наукової, а й з практичної та комерційної точки зору. Використання сорго як рослинної сировини для адитивного виробництва дієтичних харчових продуктів відповідає глобальним трендам персоналізованого харчування, сталого використання ресурсів і розвитку альтернативних харчових систем.

У зв'язку з цим виникає необхідність систематизації наявних науково-технологічних підходів і формування цілісного бачення шляхів залучення сорго до адитивних харчових технологій. Для обґрунтування взаємозв'язків між аграрною сировинною базою, процесами переробки, формуванням харчових композицій та етапами 3D-друку можна запропонувати концептуальну модель інтеграції сорго та продуктів його переробки в адитивні харчові технології, що відображає логіку переходу від вирощування культури до створення інноваційного харчового продукту (рис. 1).

Рисунок відображає ієрархічну системну модель використання сорго як сировинної основи для адитивних харчових технологій (3D-друку їжі) – від аграрного виробництва до системного соціально-економічного ефекту. Модель є лінійно-каскадною, але водночас демонструє інтеграцію аграрних, технологічних і споживчих рівнів, що відповідає концепції сталих агропродовольчих систем:

Аграрно-сировинний рівень. На цьому рівні основна увага приділяється вирощуванню сорго як кліматично стійкої культури. Вирощування сорго відповідає принципам сталого агровиробництва, забезпечуючи стабільну врожайність навіть

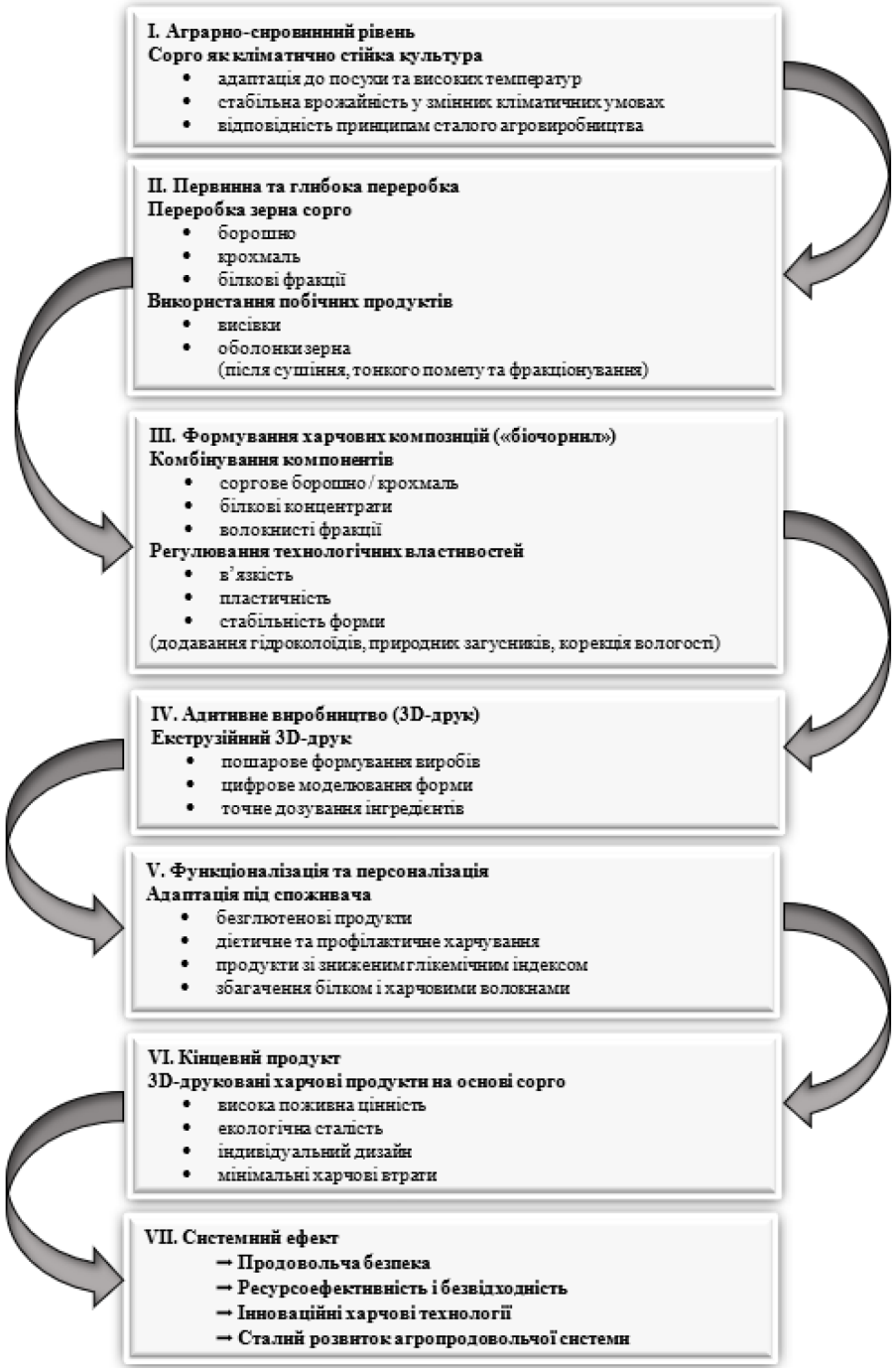


Рис. 1 Модель інтеграції сорго та продуктів його переробки в адитивні харчові технології

Джерело: сформовано автором

у несприятливих кліматичних умовах. Завдяки цим властивостям сорго стає надійною сировиною для подальшої обробки і інтеграції в інноваційні харчові технології.

Переробний рівень. На цьому етапі сорго піддається первинній і вторинній переробці для отримання різних харчових продуктів та інгредієнтів. До таких продуктів належать борошно, крупи, висівки, сиропи та інші похідні, які можуть слугувати основою для формування матеріалів для 3D-друку їжі. Цей рівень включає технологічні процеси, що підвищують харчову цінність продуктів сорго, зберігають їх органолептичні властивості та забезпечують довготривале зберігання.

Рівень інтеграції з адитивними харчовими технологіями. Перероблені продукти сорго використовуються в системах 3D-друку харчових продуктів, що дозволяє створювати індивідуалізовані, функціональні та нутрієнтно збалансовані продукти харчування. Адитивні технології дозволяють контролювати склад, текстуру, форму та вміст корисних компонентів у готовому продукті, підвищуючи його конкурентоспроможність на ринку інноваційних харчових продуктів.

Екологічний та економічний ефект. Інтеграція сорго в адитивні харчові технології сприяє підвищенню ефективності використання агропромислових ресурсів, зменшенню харчових втрат та утилізації побічних продуктів переробки. Використання сорго як кліматично стійкої культури також підтримує стале агровиробництво та адаптацію агросектору до зміни клімату, що має важливе соціально-економічне значення.

Таким чином, модель демонструє повний ланцюг «від поля до інноваційного продукту» і підкреслює стратегічну роль сорго як ресурсної бази для розвитку сучасних адитивних харчових технологій.

Висновки. Посилення кліматичних змін в Україні формує системні ризики для традиційного землеробства, що зумовлює необхідність перегляду структури агровиробництва та пошуку адаптивних культур, здатних забезпечувати стабільну продуктивність у посушливих і теплих умовах. Сорго обґрунтовано розглядається як стратегічно важлива культура для адаптації аграрного сектору до кліматичних викликів. Включення сорго до сівозмін має не лише економічні, а й агроекологічні переваги, оскільки сприяє збереженню ґрунтових ресурсів, зниженню ерозійних процесів і підвищенню стійкості агроландшафтів у довгостроковій перспективі.

Продукти переробки сорго характеризуються комплексом фізико-хімічних, реологічних і харчових властивостей, що робить їх перспективною сировиною для використання в адитивних технологіях, зокрема у 3D-друку дієтичних та функціональних харчових продуктів. Безглютеновий характер сорго, можливість збагачення білком, харчовими волокнами та біологічно активними сполуками створюють передумови для розробки персоналізованих харчових продуктів, орієнтованих на споживачів із особливими дієтичними потребами та принципами здорового харчування.

Світовий досвід комерційного впровадження 3D-друку їжі підтверджує технологічну зрілість адитивних харчових технологій і демонструє доцільність використання рослинної сировини з високою функціональністю, до якої належить сорго. Інтеграція сорго та продуктів його переробки в адитивні харчові технології має значний науковий, виробничий і комерційний потенціал та відповідає глобальним трендам сталого розвитку, ресурсоефективності й розвитку альтернативних харчових систем. Запропонована концептуальна модель використання сорго як сировинної основи для 3D-друку їжі дозволяє системно поєднати аграрне виробництво, переробку та створення інноваційних продуктів, формуючи мультиплікативний

соціально-економічний ефект. Розвиток напрямів вирощування сорго та його залучення до адитивних харчових технологій може стати важливим елементом підвищення продовольчої безпеки України в умовах кліматичних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Летницький А. Аналіз тенденцій та інновацій у сфері 3D-друку та їх вплив на маркетингові стратегії. *Економіка та суспільство*. 2025. (75). DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-75-23. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/6136 (дата звернення: 12.01.2026).

2. Тарасюк Г. М., Чагайда А. О. Проєктування харчових продуктів з використанням технології 3D- і 4D-друку та його значення для розвитку адитивного виробництва. *Економіка, управління та адміністрування*. 2025. 4(110). С. 18–24. DOI: https://doi.org/10.26642/ema-2024-4(110)-18-24. URL: https://ema.ztu.edu.ua/article/view/321321 (дата звернення: 12.01.2026).

3. Кузьменко Р. Г., Стукальська Н. М. Переваги та недоліки приготування їжі за допомогою 3Д-принтера. НУХТ: веб-сайт. URL: https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4809bcea-8332-40f4-8aee-99385f7e5c73/content (дата звернення: 12.01.2026).

4. Пивовар Р. Ю., Яременко А. С., Карпенко Л. К. Перспективи розвитку 3D-друку в харчовій промисловості. *Молодь і технічний прогрес в АПВ*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 26–27 листопада 2024 р.; Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2024. С. 543–546. URL: https://repo.btu.kharkiv.ua/items/64ed0eab-b167-44d8-93c9-804c8158314d (дата звернення: 14.01.2026).

5. Бойко М. О. Сорго як харчовий продукт: перспективи та нові можливості. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. 138. С. 15–21. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202408-08

6. Бойко М. О. Підвищення врожайності та якості зерна гібридів сорго зернового у зоні південного степу України. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 8, т. 102. С. 73–80. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.2

7. Boiko M.O. The impact of crop density and sowing time on the yield structure of grain sorghum hybrids. Sciences of Europe: Global science center LP. 2016. V. 4, № 5. P. 62–65.

8. Агробіологічне обґрунтування вирощування зернових культур в зоні Степу за умов кліматичних змін / Домарацький Є. О., Базалій В. В., Бойко М. О., Пічура В. І. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 334 с. URL: http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15095 (дата звернення: 14.01.2026).

9. Boiko M.O. PROSPECTS FOR SORGHUM CULTIVATION AS A NICHE CROP IN MODERN AGRIBUSINESS. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. № 143, ч. 1. С. 34–42. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.5

10. Вергелес О. 3D-друк м'яса: Революційні технології майбутнього у харчовій індустрії. НУБіП України: веб-сайт. URL: https://nubip.edu.ua/news/3d-druk-myasa-revolyutsiyni-tekhnolohiyi-maybutnoho-u-kharchoviy-industriyi (дата звернення: 14.01.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 712.2:502.131.1:640.41
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.43

ОЗЕЛЕНЕННЯ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ КОМПЛЕКСІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИНЦИПІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Бойко Т. О. *– к.б.н.,*
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0003-3864-2036

В статті розглянуто озеленення готельно-ресторанних комплексів як ефективний інструмент реалізації принципів сталого та складову екологічно орієнтованого розвитку індустрії гостинності. Проаналізовано сучасні наукові підходи до інтеграції зелених насаджень у просторову організацію об'єктів HoReCa, зокрема в контексті біофільного дизайну, екосистемних послуг і формування безпечного, екологічно збалансованого середовища, орієнтованого на покращення самопочуття гостей. Обґрунтовано екологічні, соціальні та економічні переваги озеленення, серед яких поліпшення мікроклімату, зниження рівня шуму та забруднення повітря, підвищення психоемоційного комфорту відвідувачів, а також зростання привабливості та конкурентоспроможності закладів. Особливу увагу приділено ролі озеленення готельно-ресторанних комплексів, які розглядаються як складні інженерно-біологічні рішення, які поєднують архітектурні, ландшафтні, екологічні та експлуатаційні аспекти. Їх застосування дозволяє не лише підвищити естетичну привабливість об'єктів індустрії гостинності, а й оптимізувати мікрокліматичні показники середовища, зменшити антропогенне навантаження та підвищити екологічну стійкість просторів. Проаналізовано використання найбільш поширених і перспективних форм сучасного озеленення: вертикальні сади, зелені дахи, модульні системи озеленення та облаштування зелених двориків, садів, внутрішніх атріумів і рекреаційних зон. Впровадження системи озеленення в готельно-ресторанних комплексах слід розглядати як інтегрований процес, який потребує міждисциплінарного підходу за участю архітекторів, ландшафтних дизайнерів, екологів і фахівців з експлуатації будівель. Виявлено, що озеленення та біофільний дизайн як один з ключових трендів інноваційного розвитку закладів гостинності, відповідає зростанню попиту на екологічно орієнтовані послуги та природо-інтегровані антропогенні простори. При цьому природні елементи розглядаються як фактор підвищення комфортності та психологічного розвантаження гостей у просторі відпочинку.

Ключові слова: *заклади гостинності, природоорієнтовані рішення, озеленення інтер'єрів та екстер'єрів*

Boyko T. O. Greening of hotel and restaurant complexes as a tool for implementing the principles of sustainable development

The article considers the landscaping of hotel and restaurant complexes as an effective tool for implementing the principles of sustainable development and a component of environmentally friendly development of the hospitality industry. Modern scientific approaches to integrating green spaces into the spatial organization of HoReCa facilities are analysed, particularly in the context of biophilic design, ecosystem services, and the formation of a safe, ecologically balanced environment focused on improving the well-being of guests. The environmental, social, and economic benefits of greening are substantiated, including improvement of the microclimate, reduction of noise levels and air pollution, increased psycho-emotional comfort of visitors, and increased attractiveness and competitiveness of establishments. Special attention is paid to the role of greening of hotel and restaurant complexes, which is considered as complex engineering and biological solutions integrating architectural, landscape, environmental and operational aspects. Their application makes it possible not only to enhance the aesthetic attractiveness of hospitality industry facilities, but also to optimize environmental microclimatic parameters,

© Бойко Т. О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

reduce anthropogenic pressure, and increase the ecological resilience of spaces. The use of the most widespread and promising forms of contemporary greening is analysed, including vertical gardens, green roofs, modular greening systems, as well as the arrangement of green courtyards, gardens, internal atriums, and recreational areas. The implementation of greening systems in hotel and restaurant complexes should be considered as an integrated process that requires an interdisciplinary approach involving architects, landscape designers, ecologists, and building maintenance specialists. It has been identified that greening and biophilic design, as one of the key trends in the innovative development of hospitality establishments, corresponds to the growing demand for environmentally oriented services and nature-integrated anthropogenic spaces. At the same time, natural elements are regarded as a factor enhancing comfort and providing psychological relief for guests withing recreation spaces.

Key words: *hospitality establishments, nature-based solutions, indoor greenery, outdoor greenery.*

Актуальність теми дослідження. Посилення екологічної відповідальності суспільства в поєднанні зі зростаючим дефіцитом природних ресурсів актуалізує необхідність інтеграції екологічно орієнтованих рішень у діяльність сфери гостинності. В умовах трансформації споживчих пріоритетів відвідувачі дедалі частіше обирають заклади, що забезпечують не лише високий рівень сервісу та комфорту, а й безпечне, екологічно збалансоване середовище, орієнтоване на покращення самопочуття та зниження стресового навантаження. Одним з ключових інструментів реалізації цих вимог є цілеспрямоване озеленення внутрішніх і зовнішніх просторів готельно-ресторанних комплексів, яке розглядається як складова екодизайну та сталого управління простором [1].

Використання рослинних елементів у структурі закладів HoReCa (Ho – Hotel, Re – Restaurant, Ca – Cafe (Catering)) виконує багатофункціональну роль, поєднуючи естетичні, екологічні та соціально-психологічні аспекти [2]. Озеленення сприяє покращенню мікроклімату приміщень за рахунок регуляції вологості повітря, зниження кількості пилу та концентрації шкідливих речовин, а також підвищенню якості повітря завдяки фотосинтезу та фітонцидній активності рослин [3]. Зелені насадження також знижують рівень шумового навантаження, створюють відчуття просторового комфорту та позитивно впливають на психоемоційний стан відвідувачів і персоналу.

Метою нашої роботи є обґрунтування ролі озеленення готельно-ресторанних комплексів як ефективного інструменту реалізації принципів сталого розвитку, а також визначення екологічних, соціальних та економічних ефектів упровадження природоорієнтовних рішень у закладах гостинності.

Об’єктом нашого дослідження є готельно-ресторанні комплекси як складові туристичної інфраструктури та елементи урбанізованого середовища.

Предметом нашого дослідження є просторові рішення та методи озеленення HoReCa, а також їх вплив на екологічну стійкість, комфортність середовища, привабливість закладів гостинності для споживачів і соціально-економічний розвиток територій.

В роботі ми висуваємо такі гіпотези:

Екологічна гіпотеза – інтеграція системи озеленення та елементів біофільного дизайну в готельно-ресторанних комплексах сприяє зниженню негативного впливу на довкілля, покращенню мікроклімату та підвищенню рівня екосистемних послуг в урбанізованому середовищі.

Соціальна гіпотеза – наявність якісно спроєктованих зелених просторів у закладах гостинності позитивно впливає на психоемоційний стан відвідувачів, формує почуття безпеки та комфорту, а також підвищує рівень задоволеності послугами.

Економічна гіпотеза – впровадження природоорієнтовних рішень та озеленення сприяє підвищенню конкурентоспроможності готельно-ресторанних комплексів, збільшенню тривалості перебування гостей, що в довгостроковій перспективі забезпечує економічну доцільність таких інвестицій.

Загальна гіпотеза – озеленення закладів гостинності може розглядатись як інструмент інтеграції принципів сталого розвитку туризму та сталого розвитку територій, посилюючи екологічний імідж регіону та його інвестиційну привабливість.

Матеріали та методи дослідження. Матеріалами дослідження слугували наукові публікації у фахових вітчизняних [1–3, 6–11, 17] та міжнародних виданнях [13–16], аналітичні звіти міжнародних організацій у сфері сталого розвитку [4, 5], а також приклади практичного впровадження природоорієнтованих рішень у готельно-ресторанних комплексах. Власні спостереження проводились в готельно-ресторанних комплексах низки міст України: м. Кропивницький, м. Миколаїв, м. Одеса.

Відбір літературних джерел здійснювався за такими критеріями: тематична відповідність проблематиці озеленення, біофільного дизайну, екологічної модернізації закладів гостинності та сталого туризму; наявність кількісних або якісних оцінок екологічних, соціальних або економічних ефектів упровадження зелених рішень; часові межі обраних публікацій переважно 2015–2025 роки, що відповідає сучасному етапу розвитку концепції сталого розвитку та біофільного дизайну, якій до цього увага авторів майже не приділялась.

Окрему увагу приділено аналізу практичних кейсів упровадження зелених дахів, вертикального озеленення, внутрішніх садів та використання різних видів рослин у закладах гостинності, які розглядаються як інструменти зниження екологічного навантаження, підвищення адаптаційної спроможності будівель до кліматичних змін і формування позитивного екологічного іміджу закладів. Отримані результати узагальнювались для формування концептуальної моделі взаємозв'язку між рівнем інтеграції озеленення та досягненням екологічних, соціальних і економічних цілей сталого розвитку.

Наше дослідження має оглядово-аналітичний характер і не передбачає польових або експериментальних вимірювань, що відповідає поставленій меті теоретичного узагальнення сучасних підходів до озеленення у сфері гостинності.

Постановка проблеми. У контексті сучасних тенденцій біофільного дизайну, озеленення закладів гостинності розглядається як ефективний інструмент підвищення привабливості інтер'єрів і рекреаційної цінності готелів та ресторанів [6]. Формування зелених зон на терасах, у холах, зимових садах та на прилеглих територіях сприяє створенню гармонійного середовища, що підсилює ідентичність закладу та його емоційну привабливість для споживачів. Наявність озеленених просторів дедалі частіше сприймається відвідувачами як маркер екологічної відповідальності та високої якості послуг. Аналіз наукових публікацій свідчить, що підходи до оцінювання впливу озеленення готельно-ресторанних комплексів суттєво різняться залежно від дослідницької парадигми. Низка авторів зосереджується переважно на екологічних ефектах, зокрема покращенні мікроклімату, зниженні теплового навантаження та підвищенні енергоефективності будівель [7]. Інші дослідники акцентують увагу на соціальних аспектах – впливі біофільного середовища на психоемоційний стан гостей, рівень задоволеності і формування лояльності [10, 13–16]. Водночас економічний вимір озеленення у більшості робіт розглядається фрагментарно – як похідний від підвищення якості середовища,

без комплексного врахування інвестиційних витрат та довгострокових фінансових вигод [1,17]. На відміну від таких підходів, у даному дослідженні озеленення розглядається як інтегрований інструмент, що одночасно формує екологічні, соціальні та економічні ефекти, які взаємно підсилюють один одного.

Індустрія гостинності, будучи складовою глобальної економіки, справляє відчутний вплив на навколишнє середовище через споживання енергетичних ресурсів [8,9] та формування відходів, через що проблеми охорони довкілля та раціонального природокористування набувають дедалі більшого значення [11]. За даними міжнародних галузевих досліджень [4, 5], впровадження елементів озеленення та біофільного дизайну готельно-ресторанних комплексів має вимірюваний економічний ефект. Зокрема, зелені дахи та фасади дозволяють зменшити витрати на кондиціонування приміщень у середньому на 10–30 %, а також знизити пікові теплові навантаження в літній період [4, 5]. У закладах із внутрішнім озелененням фіксується зростання часу перебування гостей і підвищення середнього чека на 5–15 %, що безпосередньо впливає на загальний дохід закладу.

З огляду на це, в останні десятиліття значно зросла увага науковців і практиків до інтеграції рослинних компонентів у архітектурні рішення готелів і ресторанів, що обумовлено не лише естетичними перевагами, а й прагненням закладів покращити конкурентоспроможність, механізми впливу та економічні показники [12]. За даними низки досліджень [13–16] встановлено, що залучення інвестицій в розвиток зеленої інфраструктури та біофільного дизайну в інтер'єрах та зовнішніх просторах об'єктів гостинності сприяє оптимізації експлуатаційних витрат за рахунок підвищення енергоефективності та зниження ресурсоспоживання, а також покращує економічні результати внаслідок збільшення рівня задоволеності гостей (рис. 1). Такий підхід дозволяє використовувати природні активи як конкретні фінансові показники через покращення клієнтського досвіду та оптимізацію ресурсів.

Запропонована нами теоретична модель (рис. 1) має концептуально-аналітичний характер і ґрунтується на синтезі результатів сучасних досліджень у сферу сталого розвитку, біофільного дизайну та економіки гостинності. Модель відображає причинно-наслідкові зв'язки між інвестиціями в озеленення, формуванням якісного середовища, змінами поведінки споживачів та досягненням економічних ефектів. Водночас слід зазначити, що представлена модель не претендує на емпіричну верифікацію в межах даного дослідження і може розглядатись як теоретична основа для подальших прикладних досліджень, спрямованих на кількісну оцінку ефективності озеленення готельно-ресторанних комплексів.

Згідно теоретичної моделі, озеленення закладів гостинності має системний вплив на реалізацію принципів сталого розвитку та формування моделей сталого туризму. Інтеграція озеленення підсилює конкурентні переваги даних об'єктів, дозволяючи позиціонувати готельно-ресторанні комплекси як екологічно відповідальні об'єкти, орієнтовані на сучасні запити ринку сталих подорожей. Їх розвиток сприяє зростанню інвестиційної привабливості території, формуванню позитивного туристичного бренду та залученню екосвідомих відвідувачів, що створює передумови для розвитку суміжних галузей та підвищення економічної стійкості регіону загалом.

Зростання популярності раціонального туристичного споживання з урахуванням екологічних та соціальних чинників зумовлює трансформацію підходів у сфері гостинності та формування екологічно відповідальних закладів гостинності [15–17]. В сучасних готелях, які впроваджують екологічні практики, часто

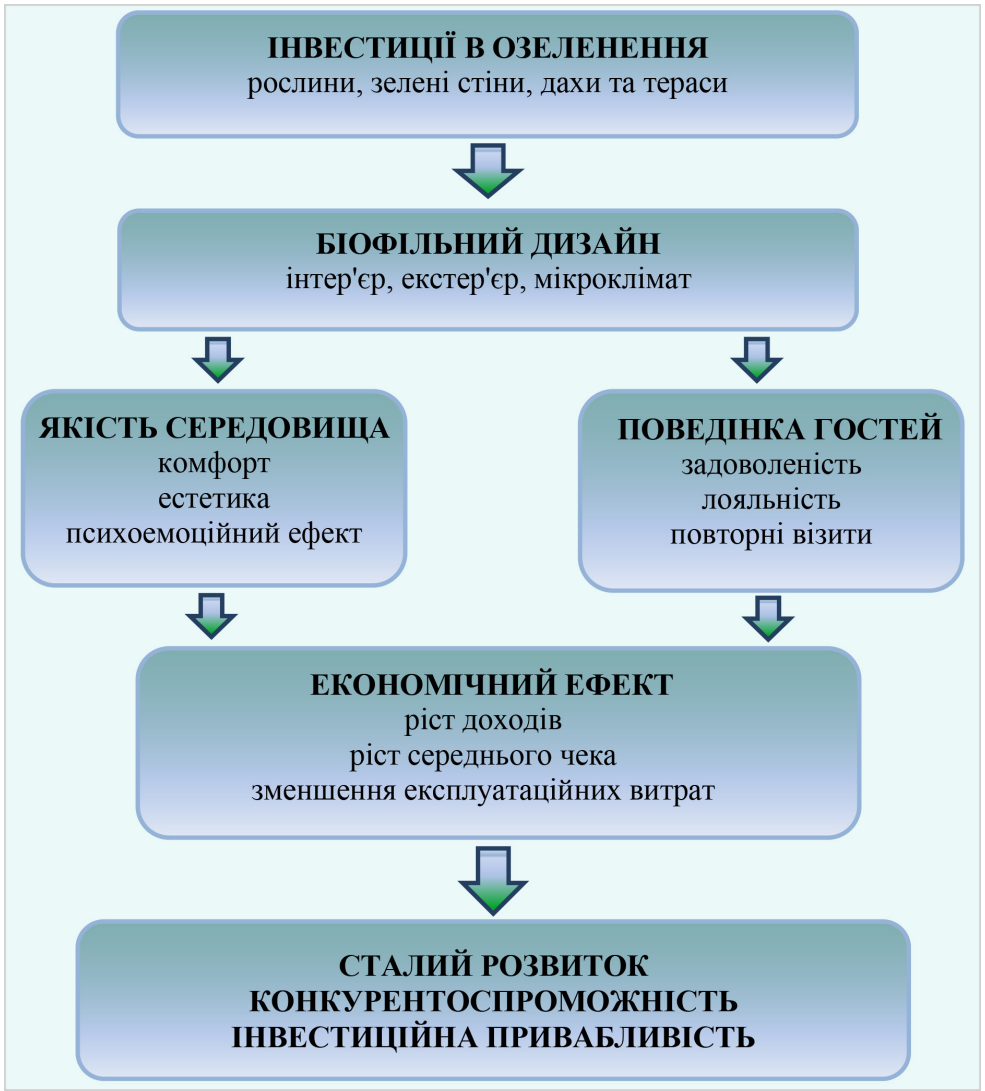


Рис. 1. Теоретична модель економічного впливу озеленення готельно-ресторанних комплексів

віддають перевагу функціональному озелененню, яке посідає провідне місце як найбільш візуально та функціонально відчутний елемент сталого розвитку. Таким чином, системне впровадження озеленення в готельно-ресторанних комплексах не лише відповідає сучасним екологічним викликам, а й виступає важливим чинником підвищення конкурентоспроможності, економічної ефективності та соціальної привабливості закладів індустрії гостинності.

Узагальнюючи результати аналізу, слід зазначити, що озеленення готельно-ресторанних комплексів доцільно розглядати не як допоміжний елемент дизайну, а як стратегічний інструмент реалізації принципів сталого розвитку. Поєднання екологічних, соціальних та економічних ефектів формує множинний вплив, який

підсилює конкурентні позиції закладів гостинності та сприяє сталому розвитку територій.

Аналітичне узагальнення результатів. Озеленення виступає однією з ключових складових естетичної та просторової організації внутрішнього середовища, суттєво впливаючи на характер інтер'єру та екстер'єру, його емоційне сприйняття та функціональну структуру [2, 18]. Використання рослинних елементів у готельно-ресторанних комплексах сприяє формуванню певного психологічного настрою, забезпечує візуальне та функціональне зонування простору, а також може виконувати роль виразного композиційного акценту, що підсилює індивідуальність та впізнаваність закладу. У сучасній практиці дизайну інтер'єрів озеленення дедалі частіше розглядається не як допоміжний декор, а як самостійний засіб художньо-просторової організації середовища.

Формування традицій озеленення приміщень закладів гостинності має глибоке культурно-історичне підґрунтя та пов'язане з прагненням людини до гармонізації штучно створеного простору з природними елементами [19]. У сучасних умовах озеленення таких об'єктів ґрунтується на аргументованих наукових принципах, які передбачають поєднання декоративних властивостей рослин з їх санітарно-гігієнічними, екологічними та біологічними функціями.

Науковий підхід до організації внутрішнього озеленення полягає у врахуванні екологічних вимог рослин до освітлення, вологості, температурного режиму та складу субстрату, а також їх біологічної сумісності в межах спільних композицій [20]. Методика розміщення рослин і формування художньо-декоративних груп базується на знанні еколого-географічних особливостей ботанічних видів [21], їх морфологічних характеристик та закономірностей сучасного фітодизайну. Вдале поєднання цих чинників дозволяє створювати стабільні, довговічні та візуально цілісні рослинні композиції.

Ефективність декоративного озеленення інтер'єрів готельно-ресторанних об'єктів досягається за умови комплексного врахування трьох взаємопов'язаних аспектів: науково обґрунтованого добору асортименту рослин, раціонального вибору місць їх розташування у просторі та належного рівня агротехнічного догляду. Недотримання хоча б одного з цих складових може призвести до зниження декоративності композицій і втрати їх функціонального потенціалу.

Подальший розвиток інтер'єрного та екстер'єрного озеленення закладів гостинності тісно пов'язаний із впровадженням інноваційних зелених технологій, що відповідають принципам сталого розвитку та екологічно орієнтованого проєктування. Сучасні системи озеленення розглядаються як складні інженерно-біологічні рішення, які поєднують архітектурні, ландшафтні, екологічні та експлуатаційні аспекти. Їх застосування дозволяє не лише підвищити естетичну привабливість об'єктів індустрії гостинності, а й оптимізувати мікрокліматичні показники середовища, зменшити антропогенне навантаження та підвищити екологічну стійкість будівель.

Однією з найбільш поширених і перспективних форм сучасного озеленення є вертикальні сади, або «зелені стіни», які ефективно використовують вертикальні поверхні будівель і внутрішніх приміщень. Такі системи дозволяють раціонально залучати обмежені просторові ресурси, що особливо актуально для міських готельно-ресторанних комплексів. Вертикальне озеленення сприяє створенню візуально виразних акцентів у структурі інтер'єру та фасадів без зайвих конструкцій. При цьому успішність функціонування зелених стін залежить від вдалого підбору рослин, типу конструкцій, систем автоматизованого поливу та освітлення. Частим прийомом стає використання зеленої стіни з логотипом комплексу.

Рослини зеленого фасаду можуть стати потужним фоном для логотипу або вивіски. В такому випадку зелена стіна посилює вплив та сприйняття вектору сталого розвитку, який заклад гостинності хоче донести.

Ще одним напрямом екологізації об'єктів індустрії гостинності є облаштування зелених дахів, які виконують як декоративну, так і природоохоронну функції. Зелені дахи сприяють зменшенню теплового навантаження на будівлю, підвищенню її енергоефективності та подовженню терміну експлуатації покрівельних матеріалів. Крім того, вони виконують роль додаткових рекреаційних зон, які можуть бути використані для організації відкритих терас, літніх ресторанів або зон відпочинку. У міському середовищі зелені дахи також відіграють роль у регулюванні водного балансу, зменшуючи поверхневий стік і сприяючи акумулюванню атмосферних опадів.

Перспективним рішенням у практиці озеленення готельно-ресторанних комплексів є застосування модульних систем озеленення, які характеризуються гнучкістю, мобільністю та можливістю адаптації до різних функціональних зон. Модульне озеленення дозволяє швидко трансформувати простір, забезпечувати сезонну змінність композицій і легко інтегрувати рослинні елементи в інтер'єр або екстер'єр без значних конструктивних втручань. Такі системи є особливо ефективними для зонування приміщень, організації тимчасових експозицій або створення зелених бар'єрів у місцях інтенсивного потоку відвідувачів.

Окрім вертикальних і модульних рішень, важливе значення мають комплексні ландшафтні підходи до озеленення прилеглих територій готельно-ресторанних комплексів (рис. 2). Формування зелених двориків, садів, патіо, внутрішніх атріумів і рекреаційних зон із використанням високодекоративних деревних та трав'янистих рослин сприяє підвищенню екосистемних послуг об'єкта, зокрема покращенню мікроклімату та створенню сприятливих умов для відпочинку. У таких просторах озеленення виступає ефективним чинником просторової ідентифікації закладу та формування позитивного емоційного досвіду гостей.

Рис. 2. Озеленення екстер'єру закладу гостинності (ресторан в парку культури та відпочинку Марка Твена, м. Одеса, 2025 р., автор фото Бойко Т. О.)

На основі узагальнення проєктних і експлуатаційних рішень, описаних у сучасній практиці, доцільно виділити три функціональні групи озеленення закладів HoReCa:

– декоративно-іміджеве озеленення (вертикальні сади, фітостіни, композиційні групи);

– мікрокліматично-адаптивне озеленення (зелені дахи, фасадні системи, внутрішні атріуми);

– рекреаційно-просторове озеленення (патіо, сади, тераси, зелені дворики).

Кожна з наведених груп має різний ступінь впливу на екологічні, соціальні та економічні показники функціонування закладу. Якщо перша група переважно формує естетичну привабливість і брендову ідентичність, то друга забезпечує зниження теплових навантажень і покращення мікроклімату, а третя – безпосередньо підвищує рекреаційну цінність об'єкта та привабливість для споживачів.

Порівняльний аналіз функціональних груп озеленення свідчить, що максимальний інтегральний ефект досягається за умови поєднання щонайменше двох типів рішень у межах одного об'єкта. Так, поєднання зелених дахів із внутрішніми фітостінами забезпечує як енергоефективний, так і психологічний ефект, тоді як використання лише декоративних рослинних елементів обмежує вплив озеленення переважно іміджевою складовою. Отже, ефективність озеленення визначається не стільки кількістю рослинних елементів, скільки рівнем їх інтеграції у просторову та функціональну структуру будівлі, що підтверджує доцільність комплексного підходу до проєктування зелених систем у закладах гостинності.

Таким чином, результати аналітичного узагальнення свідчать, що найбільший практичний ефект озеленення готельно-ресторанних комплексів досягається за умови комплексного поєднання архітектурних, ландшафтних та інженерних рішень, орієнтованих на формування сприятливого мікроклімату, просторової ідентифікації закладу та підвищення рекреаційної цінності середовища. Саме інтегрований характер озеленення забезпечує його роль як інструмент реалізації принципів сталого розвитку в сфері гостинності.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведення аналітичного узагальнення встановлено, що озеленення готельно-ресторанних комплексів доцільно розглядати не як окремий елемент дизайну, а як багаторівневу систему просторових, екологічних та економічних рішень, інтегрованих у загальну структуру об'єкта. Підтверджено концептуальну модель взаємозв'язку між інвестиціями в озеленення, формуванням якісного середовища, змінами поведінки гостей та досягненням економічних ефектів, що дозволяє розглядати зелені системи як інструмент реалізації принципів сталого розвитку у сфері гостинності. Визначено ключові умови ефективності озеленення, до яких належать науково обґрунтований добір асортименту рослин з урахуванням екологічних чинників середовища, інтеграція зелених елементів у функціональне зонування простору та забезпечення належного рівня експлуатації. Нами систематизовано основні функціональні групи озеленення закладів гостинності: декоративно-іміджеве, мікрокліматично-адаптивне та рекреаційно-просторове, які відрізняються за механізмами впливу на комфортність середовища, енергоефективність будівель і поведінку споживачів. Обґрунтовано доцільність комплексного поєднання різних типів зелених рішень, оскільки поєднання внутрішнього озеленення з зеленими дахами або рекреаційними просторами забезпечує вищий інтегральний ефект порівняно з використанням лише декоративних рослинних елементів. Показано економічну доцільність озеленення як довгострокової інвестиції, що реалізується

через зниження витрат на експлуатацію, підвищення привабливості закладу для споживачів та формування конкурентних переваг на ринку туристичних послуг.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з емпіричною перевіркою запропонованої теоретичної моделі на основі польових обстежень конкретних готельно-ресторанних об'єктів, проведенням соціологічних опитувань відвідувачів і персоналу, а також розрахунком економічної ефективності різних типів озеленення з урахуванням кліматичних і регіональних особливостей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Новак У. П. Екологізація готельного бізнесу: Особливості сучасних тенденцій. Український економічний часопис. 2024. (7). 57–64. https://doi.org/10.32782/2786-8273/2024-7-9

2. Лаврись В. Ю., Котовська Ю. С. Озеленення інтер'єру як невід'ємна частина дизайну сучасних готельно-ресторанних комплексів. Таврійський науковий вісник. Вип. 127. 2022. 79–81. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.10

3. Бойко Т. О., Бойко П. М. Озеленення курортних міст півдня України у повоєнному відновленні регіону в контексті сталого розвитку. Таврійський науковий вісник. № 141. 2025. 187–194. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.25

4. Green Lodging Trends Report https://surl.li/avqmbv (дата звернення 20.01.2025).

5. Sustainability Business Reports / HN Hotel Group https://surl.li/loczck (дата звернення 20.01.2025).

6. Раньків Н., Бик В. Екологізація готельно-ресторанної сфери в контексті сталого розвитку туризму в Україні. Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. 2023. 316(2). 146–156. https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-316-2-23

7. Грицина А. В., Твердохліб В. А., Шаран Л. А., Бондар Н. П., Пушка О. Перспективні напрями екологізації вітчизняних готельних підприємств. Інновації та технології у сфері послуг і харчування. 2025. 1 (15), 45–50. https://doi.org/10.32782/2708-4949.1(15).2025.8

8. Алєщенко Л. Теоретичні та методологічні аспекти використання стратегічних інструментів ефективного розвитку суб'єктів туристичного бізнесу. Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка, 2023. (16). 185–191. https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.16.24

9. Грановська В. Г., Алєщенко Л. О. Формування моделі стратегічної стійкості підприємств туристичного бізнесу в умовах воєнного стану в Україні. Ефективна економіка. 2024. № 5. http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.5.15 (дата звернення 05.01.2026)

10. Карачевцева А. А. Екодизайн як засіб підвищення привабливості готельно-ресторанного простору. Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів, 20 листопада 2025 р. – Хмельницький: ХНУ, 2025. 187–188.

11. Бойко Т. О., Бойко П. М. Екосистемні послуги зелених насаджень – основа формування екологічної компоненти сталого розвитку урболандшафтів. Таврійський науковий вісник. № 145. 2025. 325–331. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.37

12. Стратегія сталого розвитку туризму: навчальний посібник. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. 257 с.

13. Bramwell B. Theoretical activity in sustainable tourism research. Annals of Tourism Research. 2015. № 54. 204–218. https://doi.org/10.1016/j.annals.2015.07.005

14. Song C., Ali, F., Cobanoglu C., Nanu L., Lee S. H. J. The effect of biophilic design on customer's subjective well-being in the hotel lobbies. Journal of Hospitality and Tourism Management. 2022. 52. 264–274. https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2022.07.008

15. Elshaer I. A., Azazz A. M. S., Zayed M. A., Ameen F. A., Fayyad S. Environmental Design Innovation in Hospitality: A Sustainable Framework for Evaluating Biophilic Interiors in Rooftop Restaurants. Buildings. 2025. 15(19). 3474. https://doi.org/10.3390/buildings15193474

16. Elshaer I. A., Azazz A. M. S., Fayyad S., Mohammad A. A. A. Quality of Hotel Biophilic Design and Its Impact on Guest Well-Being, Perceived Value, and Patronage Intentions: The Moderating Role of Guest Delight. Tourism and Hospitality. 2025. 6(4). 212. https://doi.org/10.3390/tourhosp6040212

17. Каленська В. П., Любченко В. В. Зелений готельний бізнес: екологічна відповідальність. Індустрія туризму і гостинності в Центральній та Східній Європі. 2023. № 30–37. https://doi.org/10.32782/tourismhospcee-9-4

18. Омелянова В. Ю., Котовська Ю. С. Особливості озеленення офісних приміщень. Наукові читання імені В. М. Виноградова: Матеріали ІІ-ої Всеукр. науково-практ. конф. здобувачів вищ. освіти та молодих уч., м. Херсон, 20–21 трав. 2020 р. Херсон, 2020. 32–34.

19. Основи дизайну інтер'єру: навч. посіб. / О. Олійник та ін. Київ : НАУ, 2011. 228 с.

20. Мотузна О. Є., Бойко Т. О., Міхнова А. В. Екологічні критерії добору рослин для озеленення зимових садів. VIII Міжнародна науково-практична конференція «Екологічний стан навколишнього середовища та раціональне природокористування в контексті сталого розвитку». 30–31 жовтня 2025 року. 2025. 100–103.

21. Бойко Т. О., Дементьєва О. І., Бойко П. М., Котовська Ю. С., Теленга, К. О. Досвід використання *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H.Wendl. в озелененні ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет». Do desenvolvimento mundial como resultado de realizações em ciência e investigação científica:Coleção de trabalhos científicos «ΛΌГОΣ» com materiais da conferência científico-prática internacional (Vol. 1), 9 de outubrode 2020. Lisboa, Portugal: Plataforma Científica Europeia. 2020. 102–106.

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 502/504:711.4:712
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.44

МІСЬКЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ В КОНТЕКСТІ МІЖНАРОДНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СТАНДАРТІВ

Василенко О. В. *– к.с.-г.н.,*
завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-2584-810X
Балабак О. А. *– д с.-г.н.,*
професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-2605-810X
Балабак А. В. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-7483-277X
Гурський І. М. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-3822-3889
Поліщук С. М. *– аспірант кафедри екології та безпеки життєдіяльності,*
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0005-4659-7142

У статті розглянуто проблему забезпеченості міського населення зеленими насадженнями як одного з ключових показників сталого розвитку та екологічної безпеки. Відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я мінімальна площа зелених насаджень має становити не менше 9 м^2 на одного мешканця, а доступність таких територій повинна забезпечуватися у межах 300 метрів від місця проживання. На основі аналізу фактичних даних щодо площі зелених насаджень у містах Черкаської області визначено рівень відповідності міжнародним екологічним стандартам та окреслено пріоритети для розвитку міської інфраструктури. Результати дослідження свідчать про суттєву диференціацію у забезпеченості зеленими насадженнями: міста Черкаси та Канів демонструють високі показники (понад 70 м^2/особу), що значно перевищують мінімальні вимоги ВООЗ і наближаються до оптимальних значень, рекомендованих у науковій літературі (близько 50 м^2/особу). Міста Умань та Сміла мають середні показники (30 та 24 м^2/особу відповідно), що перевищують базовий поріг, але залишаються нижчими за оптимальні стандарти. Найбільш критичною є ситуація у м. Золотоноша, де площа зелених насаджень на одного мешканця становить лише 5,9 м^2, що не відповідає міжнародним нормам і створює ризики для здоров'я та якості життя населення. У статті також розглянуто міжнародні стандарти та ініціативи у сфері міського озеленення, зокрема ISO 37120:2018, Green Infrastructure (ЄС), LEED for Cities (США) та SITES, які інтегрують кількісні та якісні показники озеленення у систему оцінки екологічної стійкості та соціального добробуту міських спільнот. Порівняння цих підходів свідчить про необхідність комплексного бачення озеленення як стратегічного ресурсу для адаптації міст до змін клімату, зниження антропогенного навантаження та формування комфортного середовища для життя. У висновках підкреслено, що мінімальні норми ВООЗ слід розглядати як базовий поріг, тоді як оптимальним індикатором екологічної стійкості є забезпеченість

© Василенко О. В., Балабак О. А., Гурський І. М., Поліщук С. М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

зеленими насадженнями на рівні щонайменше 50 м²/особу. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці інтегрованих моделей оцінки міського озеленення, які поєднують кількісні та якісні параметри з урахуванням міжнародних стандартів і практик, що дозволить формувати ефективні стратегії сталого розвитку та адаптації міст до глобальних екологічних викликів.

Ключові слова: *міське озеленення, сталий розвиток, міжнародні стандарти, ВООЗ, ISO 37120, Green Infrastructure, LEED for Cities, SITES.*

Vasylenko O. V., Balabak O. A., Balabak A. V., Hurskyi I. M., Polischuk S. M. Urban greening in the context of international environmental standards

The article examines the issue of urban population provision with green spaces as one of the key indicators of sustainable development and environmental security. According to the recommendations of the World Health Organization, the minimum area of green spaces should be at least 9 m² per resident, and the accessibility of such areas should be ensured within 300 meters from the place of residence. Based on the analysis of actual data on the area of green spaces in the cities of Cherkasy region, the level of compliance with international environmental standards has been determined and priorities for the development of urban infrastructure have been outlined. The results of the study indicate significant differentiation in the provision of green spaces: the cities of Cherkasy and Kaniv demonstrate high indicators (over 70 m² per person), which significantly exceed the minimum WHO requirements and approach the optimal values recommended in scientific literature (around 50 m² per person). The cities of Uman and Smila have average indicators (30 and 24 m² per person, respectively), which exceed the basic threshold but remain below optimal standards. The most critical situation is observed in Zolotonosha, where the area of green spaces per resident is only 5.9 m², which does not meet international norms and creates risks for public health and quality of life. The article also considers international standards and initiatives in the field of urban greening, including ISO 37120:2018, Green Infrastructure (EU), LEED for Cities (USA), and SITES, which integrate quantitative and qualitative indicators of greening into the system of assessing environmental sustainability and social well-being of urban communities. A comparison of these approaches indicates the necessity of a comprehensive vision of greening as a strategic resource for adapting cities to climate change, reducing anthropogenic pressure, and creating a comfortable living environment. The conclusions emphasize that the minimum WHO standards should be regarded as a basic threshold, while the optimal indicator of ecological sustainability is the provision of green spaces at a level of at least 50 m² per person. Prospects for further research lie in the development of integrated models for assessing urban greening, which combine quantitative and qualitative parameters in accordance with international standards and practices, enabling the formation of effective strategies for sustainable development and adaptation of cities to global environmental challenges.

Key words: *urban greening, sustainable development, international standards, WHO, ISO 37120, Green Infrastructure, LEED for Cities, SITES.*

Постановка проблеми. Міське озеленення, що охоплює природоорієнтовані рішення та зелену-блакитну-сіру інфраструктуру, стало важливою стратегією для формування кліматично стійких і придатних для життя міст, подолання втрати біорізноманіття та підтримки Цілей сталого розвитку [1]. У міру зростання кількості міського населення та посилення змін клімату міські громади у всьому світі стикаються з екологічними викликами, серед яких екстремальна спека, збільшення ризику повеней, погіршення якості повітря, шумове забруднення та втрата біорізноманіття. Ефективна інтеграція міського озеленення – включаючи вуличні дерева, парки, міські ліси, водно-болотні угіддя, зелені дахи та зелені стіни, – сприяє підвищенню екологічної стійкості та добробуту населення [2]. Зростання урбанізації та щільності забудови призводить до скорочення площі зелених насаджень, що створює серйозні екологічні та соціальні виклики. Але, проблема міського озеленення полягає не лише у кількісному дефіциті зелених насаджень, але й у недостатній інтеграції науково обґрунтованих стратегій управління ними у практику міського планування. Міжнародні дослідження переконливо доводять, що розширення площі та підвищення якості зелених територій є ключовими

умовами для формування кліматично стійких міст, здатних протидіяти екологічним викликам і забезпечувати високий рівень добробуту населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зелені території виконують функції охолодження міського середовища, регулювання водного балансу, очищення повітря та збереження біорізноманіття, проте їхня кількість і якість у багатьох містах залишаються недостатніми. Це підтверджується низкою міжнародних досліджень. Зокрема, наголошується, що зелені насадження є критично важливими для зменшення впливу кліматичних змін, забезпечення соціальних та екологічних вигод, а також підтримання психічного здоров'я населення [3]. Дослідження Turcu C. [4] показує, що політика розширення зелених зон у містах сприяє одночасно адаптації до кліматичних змін і покращенню громадського здоров'я. У публікації Ebi та ін. [5] підкреслюється, що наукові знання про користь зелених територій для здоров'я та стійкості міст недостатньо швидко впроваджуються у практику, що створює ризики для життєздатності урбанізованих територій.

Однією з найважливіших ролей міського озеленення є його внесок у підвищення кліматичної стійкості. Міське озеленення допомагає пом'якшити ефект міського «теплового острова», забезпечуючи затінення, охолодження завдяки випаровуванню та транспірації, а також зменшення поглинання тепла [6]. На відміну від «сірої» інфраструктури, природоорієнтовані рішення не поглиблюють першопричини змін клімату через використання продуктів із високим рівнем викидів, таких як бетон. Охолоджувальний ефект рослинності стає особливо важливим під час хвиль спеки, які стають дедалі частішими внаслідок кліматичних змін [7]. З цих причин огляд Urban Greening for Climate Resilient and Sustainable Cities: Grand Challenges and Opportunities [8] визначає розширення площ озеленення як стратегічний напрям для формування кліматично стійких міст, наголошуючи на необхідності комплексних програм управління зеленими зонами.

Постановка завдання. Метою дослідження є комплексна оцінка забезпеченості населення міст Черкаської області зеленими насадженнями у контексті міжнародних екологічних стандартів та норм сталого розвитку. Завдання полягає у визначенні рівня відповідності фактичних показників площі зелених територій на одного мешканця мінімальним вимогам ВООЗ та оптимальним рекомендаціям, що сформувалися у сучасній науковій літературі. Додатково дослідження спрямоване на аналіз міжнародних ініціатив, таких як Green Infrastructure, LEED for Cities та SITES, які інтегрують кількісні та якісні параметри озеленення у систему оцінки екологічної стійкості міст. Це дозволяє сформувати науковообґрунтовані висновки щодо стану міського озеленення та розробити пропозиції для його вдосконалення з урахуванням глобальних тенденцій і викликів змін клімату.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оцінка забезпеченості населення міських агломерацій зеленими насадженнями є одним із ключових показників сталого розвитку та екологічної безпеки. Відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я [9], мінімальна площа зелених насаджень має становити не менше 9 м^2 на одного мешканця, а доступність таких територій повинна забезпечуватися у межах 300 метрів від місця проживання. У цьому контексті аналіз фактичних даних щодо площі зелених насаджень у містах Черкаської області дозволяє визначити рівень відповідності міжнародним екологічним стандартам та окреслити пріоритети для розвитку міської інфраструктури (табл. 1). Порівняння показників із нормами ВООЗ дає змогу оцінити не лише кількісні параметри озеленення, але й потенційні ризики для здоров'я населення та екологічної стійкості міських екосистем.

Таблиця 1

Забезпеченість населення міст Черкаської області зеленими насадженнями

Місто	Площа міста, км^2	Загальна площа зелених насаджень, км^2	Кількість населення, осіб	Площа зелених насаджень на одного жителя міста, м^2/ос.
Черкаси [10]	77,5	21,0	264 000	79,5
Умань [11]	47,9	2,5	82 000	30,5
Сміла [12]	39,9	2,0	84 000	23,8
Золотоноша [13]	21,65	0,16	27 200	5,9
Канів [14]	17,4	1,17	23 800	71,4

Отримані дані свідчать про суттєву диференціацію забезпеченості зеленими насадженнями серед міст Черкаської області. Черкаси та Канів демонструють показники, що значно перевищують мінімальні вимоги ВООЗ, забезпечуючи понад 70 м^2 зелених насаджень на одного мешканця. Це створює сприятливі умови для підтримання екологічної рівноваги та формування комфортного міського середовища.

Водночас Умань та Сміла мають значно нижчі показники – близько 30 та 24 м^2 відповідно, що хоча й перевищує мінімальну норму, проте свідчить про обмеженість зелених територій у порівнянні з більш екологічно збалансованими містами. Така ситуація потребує посилення програм озеленення та інтеграції зелених зон у міське планування для забезпечення рівномірного доступу населення до екологічно значущих територій.

Найбільш критичним є стан в м. Золотоноша, де показник становить лише 5,9 м^2 на одного мешканця, що не відповідає міжнародним стандартам і створює ризики для здоров'я та якості життя населення. Це підкреслює необхідність розробки комплексних стратегій розвитку міського озеленення, спрямованих на досягнення мінімальних нормативів ВООЗ, а також на формування довгострокової політики сталого розвитку міських екосистем.

Хоча рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо мінімальної площі зелених насаджень є найбільш відомими та широко застосовуваними, у міжнародній практиці існують й інші рекомендації стосовно рівня озеленення міст. Відповідно до огляду наукових публікацій, проведеного Yaseen N. Hassan та Sándor Jombach [15], оптимальним рівнем забезпеченості зеленими насадженнями вважається близько 50 м^2 на одного мешканця. Такий показник дозволяє не лише компенсувати антропогенне навантаження, але й забезпечити належний рівень екосистемних послуг – від регулювання мікроклімату до підтримання психічного здоров'я населення.

Дослідження, проведене у мегаполісі Філіппін, також підтверджує, що низький рівень доступності зелених зон (менше 10 м^2/особу) призводить до погіршення екологічних умов та зниження якості життя. Автори наголошують, що для сталого розвитку необхідно орієнтуватися на більш високі стандарти – близько 50 м^2/особу, що відповідає концепції «екологічно збалансованого міста» [16].

Таким чином, у сучасній науковій дискусії формується консенсус: мінімальні норми ВООЗ (9 м^2/особу) є базовим порогом, але для досягнення реальної екологічної стійкості мегаполісів необхідно забезпечувати щонайменше 50 м^2 зелених насаджень на одного мешканця. Це значення розглядається як оптимальний

індикатор, що дозволяє містам відповідати викликам зміни клімату, урбанізаційного тиску та соціальних потреб населення.

У контексті аналізу забезпеченості зеленими насадженнями міст Черкаської області важливо враховувати, що міжнародні стандарти сталого розвитку міст виходять за межі мінімальних рекомендацій ВООЗ і інтегрують показники озеленення як базові індикатори якості життя. Зокрема, у стандарті ISO 37120:2018 «Sustainable cities and communities – Indicators for city services and quality of life» [17] площа зелених зон на одного мешканця визначається як один із ключових параметрів, що характеризує рівень екологічної стійкості та соціального добробуту міських спільнот. Це означає, що кількісні показники озеленення міст Черкаської області слід розглядати не лише як локальні статистичні дані, але й як елементи більш широкої системи міжнародних критеріїв, які дозволяють оцінювати відповідність міст глобальним стандартам сталого розвитку.

У цьому контексті важливо враховувати, що сучасні міжнародні ініціативи у сфері міського озеленення виходять за межі простого вимірювання площі зелених насаджень і включають комплексні підходи до їхньої якості, функціональності та ролі у протидії змінам клімату. Такі системи, як Green Infrastructure у Європейському Союзі, LEED for Cities у США та міжнародна сертифікація SITES, формують багатовимірну рамку оцінки, де зелені території розглядаються як стратегічний ресурс для екологічної стійкості та соціального добробуту (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняльна таблиця міжнародних ініціатив міського озеленення

Ініціатива	Основний фокус	Ключові критерії	Значення для міського озеленення
Green Infrastructure (Європейський Союз)	Інтеграція зелених і блакитних територій у міське планування	Створення екологічної мережі, збереження біорізноманіття, стійкість до змін клімату	Розглядає зелені насадження як стратегічний ресурс для екосистемних послуг (охолодження, регулювання води, очищення повітря)
LEED for Cities (США, міжнародне поширення)	Комплексна сертифікація сталого розвитку міст	Енергоефективність, управління відходами, транспорт, якість зелених територій	Включає зелені насадження як індикатор екологічної ефективності та комфортності міського середовища
SITES (США, міжнародне поширення)	Сертифікація відкритих просторів і ландшафтів	Використання місцевих видів рослин, управління ґрунтами та водними ресурсами, екологічна стійкість	Зосереджується на якості та догляді за зеленими зонами, парками, скверами, рекреаційними територіями

Порівняння міжнародних ініціатив свідчить про те, що кожна з них робить власний акцент у підходах до міського озеленення, але всі вони об'єднані спільною метою – забезпечення стійкості міст у контексті глобальних екологічних викликів. Європейська концепція Green Infrastructure підкреслює інтеграцію зелених і блакитних територій у єдину екологічну мережу, що дозволяє містам ефективно протидіяти наслідкам змін клімату та зберігати біорізноманіття.

LEED for Cities пропонує комплексну систему сертифікації, де зелені насадження розглядаються поряд з іншими індикаторами сталого розвитку, такими як

енергоефективність чи управління відходами. Це створює більш цілісне бачення міського середовища, у якому озеленення є важливим елементом екологічної ефективності та комфортності життя.

Ініціатива SITES зосереджується на якості та догляді за відкритими просторами, наголошуючи на використанні місцевих видів рослин, управлінні ґрунтами та водними ресурсами. Такий підхід підкреслює, що озеленення має не лише кількісний, але й якісний вимір, який визначає його довготривалу екологічну стійкість. У сукупності ці ініціативи формують багаторівневу систему міжнародних стандартів, що дозволяє містам інтегрувати зелені насадження у стратегії сталого розвитку та адаптації до змін клімату.

Отже, пропозиції щодо вдосконалення системи міського озеленення мають ґрунтуватися на інтеграції кількісних і якісних показників у стратегічне планування розвитку міст. У цьому контексті доцільним є впровадження комплексних програм озеленення, спрямованих на збільшення площі зелених територій, забезпечення їхньої рівномірної доступності для населення, підвищення екологічної цінності та доглянутості, а також інтеграція принципів Green Infrastructure, LEED for Cities та SITES у міське управління.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результати дослідження показали суттєву диференціацію у рівні забезпеченості зеленими насадженнями серед міст Черкаської області. Міста Черкаси та Канів мають показники, що значно перевищують мінімальні вимоги ВООЗ і наближаються до оптимальних значень, рекомендованих у науковій літературі. Це свідчить про відносно високий рівень екологічної стійкості та сприятливі умови для формування комфортного міського середовища. Міста Умань та Сміла демонструють середні значення, які перевищують базовий поріг, але залишаються нижчими за оптимальні стандарти, що вказує на потребу у посиленні програм озеленення. Найбільш критичною є ситуація в м. Золотоноша, де показник площі зелених насаджень на одного мешканця не відповідає міжнародним нормам і створює ризики для здоров'я та якості життя населення.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці інтегрованих моделей оцінки міського озеленення, які поєднують кількісні та якісні показники з урахуванням міжнародних стандартів і практик, що дозволить формувати ефективні стратегії адаптації міст до змін клімату та забезпечення сталого розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kumar P., Corada Perez K., Debele S. E., Emygdio A. P. M., Abhijith K. V., Hassan H. Air pollution abatement from green-blue-grey infrastructure. *Innov. Geosci*., 2024. 2:100100. https://doi.org/10.59717/j.xinn-geo.2024.100100
2. Astell-Burt T., Feng X. Association of urban green space with mental health and general health among adults in Australia. *JAMA Netw Open*, 2019. 2:e198209. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.8209
3. Athokpam Varun, Chamroy Themmeichon, Ngairangbam Haripriya. The Role of Urban Green Spaces in Mitigating Climate Change: An Integrative Review of Ecological, Social, and Health Benefits. *Environmental Reports*, 2024. 6. P. 10–14. https://doi.org/10.51470/ER.2024.6.1.10
4. Turcu C. Urban Greenspace, Climate Adaptation and Health Co-Benefits: Municipal Policy and Practice in London. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2025. *22*(3), 409. https://doi.org/10.3390/ijerph22030409
5. Ebi Kristie, Bowen Kathryn. Green and blue spaces: crucial for healthy, sustainable urban futures. *The Lancet*, 2023. 401. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(23)00096-x

6. Yang M., Ren C., Wang H., Wang J., Feng Z., Kumar P. Mitigating urban heat island through neighboring rural land cover. *Nat. Cities*, 2024. 1. P. 533–532. https://doi.org/10.1038/s44284-024-00091-z

7. Jones L., Reis S., Hutchins M., Miller J., He B., Seifert-Dähnn I. Airsheds, watersheds and more – the flows that drive intra-extra-urban connections, and their implications for nature-based solutions (NBS). *Nat. Based Sol*., 2022. 2:100040. https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100040

8. Kumar P., Sahani J., Corada Perez K., Ahlawat A., Andrade MdF., Athanassiadou M., Cao S-J., Collins L., Dey S., Di Sabatino S., Halios C.H., Harris F., Horton C., Inostroza L., Jones L., Rodding Kjeldsen T., McCallan B., McNabola A., Kumar Mishra R., Kumar Mishra S., Sperandio Nascimento E.G., Owen G., Ravindra K., Reis N.C., Soebarto V., Wenk J., Wood H.S., Yao R. Urban greening for climate resilient and sustainable cities: grand challenges and opportunities. *Front. Sustain. Cities*, 2025. 7:1595280. https://doi.org/10.3389/frsc.2025.1595280

9. WHO, Urban green spaces: a brief for action, 2017. URL: https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289052498 (дата звернення 12.01.2026).

10. Черкаси. Інвестиційний паспорт 2025 рік. URL: https://cherkasy-rada.gov.ua/wp-content/uploads/documents/2025/09/invpasport_cherkasy_2025_ukr.pdf (дата звернення 13.01.2026).

11. Умань. Інвестиційний паспорт 2024 р. URL: https://uman-rada.gov.ua/index.php/ekonomika/investytsiina-polityka/investytsiinyi-pasport-mista/item/25034-investytsiinyi-pasport-umanska-hromada-2024 (дата звернення 13.01.2026).

12. Сміла. Інвестиційний паспорт 2025 р. URL: https://smilarada.gov.ua/uk/page/investicijnij-pasport (дата звернення 13.01.2026).

13. Золотоноша. Інвестиційний паспорт. https://zolo.gov.ua/investy-tsijny-j-pasport-zolotonoshi/ (дата звернення 13.01.2026).

14. Стратегія розвитку Канівської міської територіальної громади до 2030 року. URL: https://rada.info/upload/users_files/33362991/44ac51c17c09a41086715a9ac2ddc826.pdf (дата звернення 13.01.2026).

15. Hassan Y. N., Jombach S. Urban Green Space per Capita for Sustainable and Equitable Urban Planning: A Systematic Review and Bibliometric Analysis. *Land*, 2026. 15(1), 29. https://doi.org/10.3390/land15010029

16. Olfato-Parojinog Anne, Dagamac Nikki Heherson, Limbo-Dizon James. Assessment of urban green spaces per capita in a megacity of the Philippines: implications for sustainable cities and urban health management. *GeoJournal*, 2024). 89. https://doi.org/10.1007/s10708-024-11084-9

17. ISO 37120:2018 “Sustainable cities and communities – Indicators for city services and quality of life”. URL: https://www.iso.org/standard/68498.html (дата звернення 12.01.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 351.823.1:338.43:332.1
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.45

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ АКВАКУЛЬТУРИ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вербельчук С. П. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0002-1136-5617
Вербельчук Т. В. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0001-7334-4507
Лавринюк О. О. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0003-3145-3689
Кобернюк В. В. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0001-7037-8269
Матковська С. І. *– к.с.-г.н.,*
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0002-8019-5498

У статті проведено всебічний аналіз сучасного стану аквакультури Житомирської області з урахуванням організаційно-економічних, виробничих та технологічних аспектів функціонування галузі. Особлива увага приділена діяльності Управління Державного агентства з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм у регіоні, яке реалізує державну політику у сферах рибного господарства, меліорації та продовольчих програм, виконуючи контрольно-наглядові, регуляторні та відтворювальні функції, а також впроваджуючи цифрові сервіси для підвищення прозорості управлінської діяльності.

Дослідження базується на системному підході та комплексному аналізі статистичних даних за період 2022–2024 років, що дозволяє оцінити динаміку експлуатації водних об'єктів, виробничих площ та продуктивності основних видів риб. Проведено порівняльний аналіз вирощування товарної продукції аквакультури за кількістю та масою риби, що показав значне зниження обсягів традиційних видів, таких як короп, товстолобик білий та карась сріблястий, унаслідок скорочення обсягів зариблення, логістичних труднощів та обмежень ресурсного забезпечення. Водночас спостерігається зростання виробництва швидкозростаючих та економічно рентабельних видів, зокрема амура білого, гібриду товстолобиків, щуки та європейського сома, що свідчить про ефективну адаптацію рибоводних господарств до нових умов та стратегічну перебудову структури виробництва.

Результати аналізу демонструють, що війна та зовнішні економічні чинники істотно вплинули на виробничу діяльність, проте комплекс заходів щодо управління та підтримки аквакультури дозволив стабілізувати виробництво, забезпечити раціональне використання водних ресурсів і підвищити ефективність роботи регіонального підрозділу. На

© Вербельчук С. П., Вербельчук Т. В., Лавринюк О. О., Кобернюк В. В., Матковська С. І. 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

основі отриманих даних визначено ключові проблеми галузі, серед яких нерівномірність розвитку господарств, недостатній рівень спеціалізації та обмежена інфраструктурна підтримка, а також запропоновано науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимізації виробничих процесів, розширення виробничих площ та підвищення економічної та екологічної ефективності аквакультури Житомирської області.

Робота має практичну цінність для органів державного управління, науковців і суб'єктів господарювання, зацікавлених у стратегічному розвитку регіонального рибного господарства, підвищенні продовольчої безпеки та ефективному використанні водних ресурсів.

Ключові слова: *державне управління, меліорація, рибне господарство, продовольчі програми, Житомирська область, аналіз діяльності, ефективність, регіональний розвиток.*

Verbelchuk S. P., Verbelchuk T. V., Lavryniuk O. O., Koberniuk V. V., Matkovska S. I. Analysis of the current state of aquaculture in the Zhytomyr region

The article presents a comprehensive analysis of the current state of aquaculture in the Zhytomyr region, taking into account organizational, economic, production, and technological aspects of the sector. Special attention is given to the activities of the Regional Department of the State Agency for Land Reclamation, Fisheries, and Food Programs, which implements state policy in the fields of fisheries, land reclamation, and food programs by performing supervisory, regulatory, and restorative functions, as well as introducing digital services to enhance the transparency of management activities.

The study is based on a systematic approach and a comprehensive analysis of statistical data for the period 2022–2024, which allows for the assessment of the dynamics of waterbody utilization, production areas, and the productivity of key fish species. A comparative analysis of aquaculture production by quantity and weight revealed a significant decrease in traditional species such as common carp, silver carp, and gibel carp due to reduced stocking, logistical difficulties, and limitations in resource availability. At the same time, an increase in the production of fast-growing and economically profitable species, including grass carp, hybrid carp, pike, and European catfish, indicates effective adaptation of aquaculture enterprises to new conditions and a strategic restructuring of production.

The results of the analysis demonstrate that war and external economic factors significantly affected production activities; however, a comprehensive set of management and support measures allowed the stabilization of production, rational use of water resources, and improvement of the efficiency of the regional department. Based on the findings, key problems in the sector were identified, including uneven development of enterprises, insufficient specialization, and limited infrastructure support, along with scientifically grounded recommendations for optimizing production processes, expanding production areas, and improving the economic and environmental efficiency of aquaculture in the Zhytomyr region.

The study has practical value for public administration bodies, researchers, and business entities interested in the strategic development of regional fisheries, enhancing food security, and ensuring the effective use of water resources.

Key words: *public administration, land reclamation, fisheries, food programs, Zhytomyr region, activity analysis, efficiency, regional development.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу України аквакультура розглядається як важливий чинник забезпечення продовольчої безпеки, підвищення ефективності використання водних біоресурсів та стабілізації виробництва білкової продукції тваринного походження. Вона виконує не лише виробничу, а й екологічну та соціально-економічну функції, сприяючи розвитку сільських територій і зменшенню антропогенного навантаження на природні водні екосистеми [5, с. 123–124].

Незважаючи на наявний природно-ресурсний потенціал, розвиток аквакультури в Україні загалом і в окремих регіонах зокрема характеризується низкою системних проблем. До них належать скорочення обсягів виробництва продукції аквакультури, зношеність гідротехнічних споруд, обмежене впровадження сучасних технологій вирощування гідробіонтів, а також недостатній рівень державної та інвестиційної підтримки галузі [1, с. 106–108; 3, с. 223–225].

Житомирська область має значний потенціал для розвитку аквакультури, що зумовлено наявністю розгалуженої мережі водних об'єктів, сприятливими природно-кліматичними умовами та можливістю поєднання рибогосподарської діяльності з іншими видами аграрного виробництва. Водночас реальний стан галузі в регіоні не повною мірою відповідає наявним можливостям, що проявляється у нерівномірності розвитку суб'єктів аквакультури, недостатньому рівні спеціалізації господарств та обмеженій ефективності використання водного фонду [6, 7].

Окремої уваги потребує питання адаптації аквакультури до сучасних викликів, пов'язаних з економічною нестабільністю, екологічними обмеженнями, змінами нормативно-правового регулювання та зростанням вимог до якості й безпечності рибної продукції [10; 11, с. 14–16]. У цих умовах актуальним є проведення комплексного аналізу сучасного стану аквакультури на регіональному рівні з метою виявлення проблемних аспектів її функціонування та обґрунтування перспективних напрямів розвитку.

Незважаючи на наявність наукових публікацій, присвячених окремим аспектам розвитку аквакультури, питання її сучасного стану в Житомирській області потребує подальшого системного дослідження з урахуванням регіональної специфіки, виробничих показників та організаційно-економічних умов функціонування галузі [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні наукові дослідження підтверджують, що аквакультура є однією з ключових складових рибного господарства та має значний потенціал для забезпечення продовольчої безпеки як на світовому, так і на національному рівнях. Так, в останніх працях виділяється необхідність розвитку технологій та стратегічного планування для підвищення ефективності функціонування галузі [2, 8]. Вони підкреслюють, що стратегічні напрямки розвитку аквакультури повинні включати інструменти регулювання та підтримки внутрішнього виробництва риби, що є важливим для задоволення внутрішнього попиту і зміцнення ринкових позицій [1, 13].

В Україні існує певна стагнація у сфері аквакультури, що пов'язують із комплексом економічних та інфраструктурних проблем, включно зі зниженням обсягів вилову та виробництва продукції аквакультури, відсутністю сучасної технічної бази, а також впливом зовнішніх факторів, у тому числі воєнних дій. Також відзначається значний потенціал водних біоресурсів та сприятливі природно-кліматичні умови, але для їх повноцінного використання необхідно впроваджувати державні програми підтримки галузі, фінансування модернізації та залучення інвестицій [10].

На регіональному рівні, результати досліджень в різних областях України демонструють непропорційний розвиток аквакультури. Наприклад, в Полтавській області було проаналізовано сучасний стан рибництва та аквакультури, де вказано на наявність значних природних ресурсів, але одночасно й на низьку ефективність їх використання). Аналогічні дослідження в інших регіонах підтверджують, що проблеми економічної адаптації підприємств аквакультури впливають на їх виживання та розвиток у нових економічних умовах [1].

Окремі праці присвячені технологічним аспектам аквакультури, зокрема впровадженню інноваційних технологій вирощування гідробіонтів, оптимізації мультитрофічних систем та адаптації до змін абіотичних і біотичних чинників [4, 14]. Такі підходи спрямовані на підвищення продуктивності та екологічної безпеки виробництва, що є важливим напрямом для сталого розвитку галузі.

Загальний висновок з огляду літератури полягає в тому, що аквакультура в Україні має значний науковий інтерес, але існує потреба в подальших

дослідженнях, спрямованих на регіональні особливості функціонування галузі, оцінку її сучасного стану, виявлення проблемних аспектів і пропозицій щодо управлінських рішень.

Постановка завдання. Дослідження присвячене всебічному аналізу сучасного стану аквакультури Житомирської області, зокрема оцінці її організаційно-економічних, виробничих та технологічних аспектів. Метою роботи є визначення ефективності функціонування галузі, виявлення основних проблем і обмежень, що впливають на розвиток аквакультури, а також формулювання науково обґрунтованих рекомендацій щодо її подальшого вдосконалення. Завдання дослідження полягає у систематизації та аналізі наявних статистичних даних і наукових публікацій, що дозволяє оцінити динаміку основних показників функціонування суб'єктів аквакультури, особливості використання водних ресурсів та ефективність існуючих організаційно-управлінських моделей. Особливу увагу приділено виявленню чинників, що сприяють або стримують розвиток аквакультури в регіоні, зокрема економічних, інфраструктурних, природно-кліматичних та технологічних. У межах дослідження здійснено узагальнення сучасних наукових підходів і технологічних інновацій, які можуть бути впроваджені для підвищення продуктивності та економічної ефективності виробництва риби в умовах Житомирської області [9].

Також завданням є оцінка регіональних особливостей функціонування аквакультури, що дає змогу врахувати специфіку природно-ресурсної бази, рівень інвестицій та соціально-економічні умови, необхідні для розробки рекомендацій щодо оптимізації розвитку галузі та підвищення її екологічної безпеки. Такий підхід дозволяє не лише охарактеризувати сучасний стан аквакультури Житомирської області, а й обґрунтувати практичні рекомендації щодо її стратегічного розвитку на регіональному рівні.

Матеріали та методика дослідження. Дослідження базується на аналізі діяльності Управління Державного агентства з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм у Житомирській області. Управління функціонує як зареєстрований відокремлений підрозділ і реалізує державну політику у сферах рибного господарства, меліорації та продовольчих програм [7, 8]. Основними напрямами його діяльності є контрольно-наглядова, регуляторна та відтворювальна функції, а також адміністрування реформ з використанням електронних сервісів для підвищення прозорості управлінської діяльності [10].

Методологічною основою дослідження є системний підхід та аналіз організаційно-управлінських процесів, що дозволяє оцінити ефективність функціонування підрозділу, структуру його діяльності та вплив на розвиток аквакультури регіону. Дослідження проводилося в межах регіонального підходу, що забезпечує врахування природно-кліматичних умов, ресурсного потенціалу та соціально-економічних особливостей Житомирської області, дозволяючи сформувати об'єктивну оцінку стану аквакультури та виявити проблемні аспекти для подальшого вдосконалення управлінської практики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Діяльність Управління Державного агентства з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм у Житомирській області є ключовою для забезпечення продовольчої безпеки та відновлення водних біоресурсів у регіоні. Регіональний підрозділ реалізує державну політику у сферах рибного господарства, меліорації та продовольчих програм, виконуючи контрольно-наглядові, регуляторні та відтворювальні функції, а також адмініструючи впровадження цифрових сервісів для підвищення прозорості управлінської діяльності.

Житомирська область характеризується порівняно низькою водозабезпеченістю та великою кількістю прісноводних водойм, що визначає пріоритети управлінської діяльності. Підрозділ опікується басейнами річок Дніпра та Прип'яті (Тетерів, Случ, Уж та ін.) та мережею ставків і водосховищ, що є основою для розвитку товарної аквакультури та спеціального товарного рибного господарства. Загальна протяжність річок регіону становить 13,7 тис. км, налічується 53 водосховища та близько 2075 ставків, на яких вирощуються основні прісноводні види риб: короп, карась сріблястий, лящ, щука та товстолоб.

Одним із ключових завдань Управління є протидія нелегальному, непідзвітному та неконтрольованому (ННН) рибальству, що загрожує відновленню водних біоресурсів. Контроль здійснюється рибоохоронними патрулями, особлива увага приділяється періоду нерестових заборон. Фінансові інструменти контролю включають стягнення штрафів та компенсацій за незаконний вилов. Паралельно впровадження цифрових платформ («е-Риба», електронні аукціони) та сучасних технічних засобів (дрони для патрулювання) підвищує прозорість та ефективність управління.

Розвиток аквакультури визначено стратегічним напрямом для імпортозаміщення та забезпечення стабільного постачання рибної продукції. Завдяки великій кількості водних об'єктів Житомирська область має потенціал для збільшення виробництва прісноводної риби, зокрема коропових видів. Управління сприяє розвитку галузі, забезпечуючи консультаційну підтримку аквафермерів, контроль дотримання екологічних норм, координацію оренди водних об'єктів та організацію заходів із зариблення.

За наявними даними, загальноукраїнське виробництво продукції аквакультури зросло на 22 % у 2024 році, а Житомирська область демонструє позитивну динаміку обсягів вирощування коропових риб [6]. Ефективність роботи регіонального підрозділу оцінюється не лише за показниками промислового вилову, а передусім за здатністю забезпечувати контроль, відновлення водних біоресурсів та розвиток аквакультури. Комплексний підхід, який включає управлінський контроль, регуляторну діяльність та сприяння розвитку аквакультури, дозволяє забезпечити сталий розвиток рибного господарства області.

Таким чином, аналіз діяльності Управління Держрибагентства у Житомирській області показує, що ефективність управління визначається здатністю поєднувати контроль, відновлення водних біоресурсів та підтримку аквакультури, що є необхідним для сталого розвитку галузі та реалізації державної політики на регіональному рівні.

У процесі дослідження було проведено систематизацію та порівняльний аналіз виробничих площ і водних об'єктів, які використовувались у діяльності державного рибогосподарського агентства протягом 2022–2024 років. Основна увага приділена динаміці наявності та фактичної експлуатації ставів різного функціонального призначення: вирощувальних, нагульних, маточних, нерестових, зимувальних, карантинних та інших об'єктів. Проведений аналіз дає змогу оцінити завантаження виробничих потужностей, тенденції розвитку та можливі напрями оптимізації.

Аналіз основних ставів рибогосподарського підприємства за 2022–2024 роки показує особливості використання водного фонду та динаміку експлуатаційних площ (табл. 1).

Найбільшу частку водних ресурсів займають вирощувальні ставки I та II порядку. У 2022 році їх загальна площа становила 2189,8 га, з яких у виробництві

Таблиця 1

Основні ставки рибогосподарського підприємства, 2022–2024 рр.

Рік	Вид ставів	Наявність на початок року, кількість	Наявність на початок року, площа, га	Було в експлуатації, кількість	Було в експлуатації, площа, га
2022	Вирощувальні 1 і ІІ порядку	129	2189,8	92	1579,8
	Нагульні	24	465,5	18	315,7
	Маточні	2	3,2	2	3,2
	Нерестові	1	–	1	–
	Зимувальні	13	29,4	11	15,8
	Карантинні	–	–	–	–
	Інші	1	0,8	1	0,8
2023	Вирощувальні 1 і ІІ порядку	129	1914,0	92	1495,3
	Нагульні	24	594,5	18	482,5
	Маточні	2	2,1	2	2,1
	Нерестові	1	7,9	1	7,9
	Зимувальні	13	17,6	11	16,2
	Карантинні	–	0,8	–	–
	Інші	12	–	–	0,8
2024	Вирощувальні 1 і ІІ порядку	136	2417,0	95	1946,3
	Нагульні	21	517,4	13	395,2
	Маточні	2	1,5	2	1,5
	Нерестові	1	7,9	1	7,9
	Зимувальні	12	17,15	10	15,8
	Карантинні	–	–	–	–
	Інші	2	40,3	1	26,2

використовувалося 1579,8 га. У 2023 році експлуатаційна площа зменшилася до 1495,3 га, а в 2024 році значно зросла до 1946,3 га, що свідчить про розширення виробничих потужностей та інтенсифікацію вирощування рибопосадкового матеріалу.

Нагульні ставки у 2022 році використовувалися на площі 315,7 га, у 2023 році площа експлуатації збільшилася до 482,5 га, а в 2024 році зменшилася до 395,2 га, що пояснюється технологічними потребами та оптимізацією процесів нагулу. Маточні ставки поступово скорочувалися з 3,2 га у 2022 році до 1,5 га у 2024 році при стабільній кількості водойм (2 одиниці), що свідчить про концентрацію маточного поголів'я у технологічно ефективних ставках.

Площа нерестових ставів залишалася стабільною – 7,9 га у 2023–2024 роках, забезпечуючи безперервний процес відтворення рибопосадкового матеріалу.

Зимувальні ставки підтримувалися на відносно постійному рівні – від 15,8 до 16,2 га, що відповідає потребам безпечної перезимівлі риби. Карантинні ставки використовувалися лише у 2023 році на площі 0,8 га, а площа інших допоміжних

ставок змінювалася від 0,8 га у 2022 році до 26,2 га у 2024 році, що відображає введення нових резервних об'єктів у виробничий процес.

Отже, аналіз основних ставків показує, що підприємство ефективно використовує водні ресурси, стабільно підтримує технологічно важливі категорії водойм, розширює площі вирощувальних ставок та оптимізує нагульні й допоміжні ставки, що забезпечує сталий розвиток виробництва та готовність до подальшої інтенсифікації рибництва.

Аналіз додаткових водних об'єктів рибогосподарського підприємства за 2022–2024 роки показує, що до складу водного фонду включаються водосховища, які виконують допоміжну функцію забезпечення водного балансу ставів та підтримки гідробіологічних умов. У 2022 році водосховище площею 232,0 га перебувало в експлуатації та використовувалося для забезпечення технологічних потреб підприємства. У 2023 та 2024 роках водосховища в експлуатацію не вводилися, що відображає стабільну структуру основних водних ресурсів і відсутність потреби у додаткових об'єктах у цей період.

Таким чином, водосховища виступають важливим резервом водних ресурсів, що забезпечує стабільність функціонування основних ставів та можливість адаптації виробництва до коливань гідрологічних умов.

Аналіз виробничих потужностей рибогосподарського підприємства за 2022–2024 роки показує особливості використання водних об'єктів та їх ефективності. Для оцінки стану водного фонду використовуються два основні показники: динаміка експлуатації водних площ за категоріями ставів та загальний фонд водних площ, включно з часткою площ, що фактично перебувала в експлуатації (рис. 1).

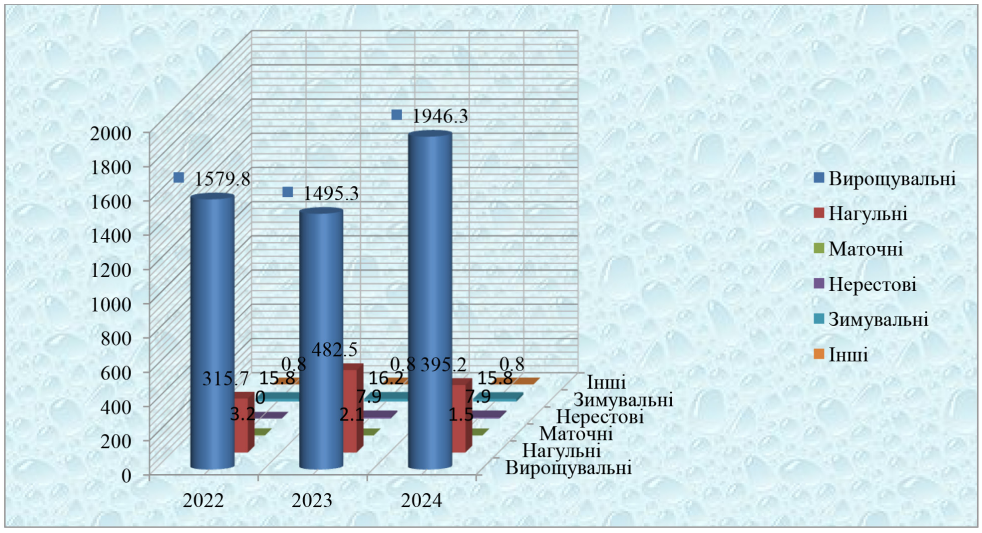


Рис. 1. Динаміка експлуатації водних площ за 2022–2024 роки, га

Рисунок 1 відображає динаміку використання основних виробничих водних площ рибогосподарського підприємства у 2022–2024 роках. Представлено структуру та площі вирощувальних, нагульних, маточних, нерестових, зимувальних і допоміжних ставів, що перебували в експлуатації в досліджуваний період, що дозволяє оцінити напрями розвитку та рівень оптимізації виробничих потужностей

підприємства. Найбільшу частку водного фонду стабільно займають вирощувальні ставки. У 2022 році площа цих ставів становила 1579,8 га, у 2023 році вона дещо знизилася до 1495,3 га, що можна пояснити частковим виведенням окремих площ з обороту або проведенням ремонтних робіт. Проте у 2024 році площа вирощувальних ставів зросла до 1946,3 га, тобто майже на 30 % порівняно з попереднім роком. Це свідчить про значне розширення виробничих потужностей та збільшення обсягів вирощування рибопосадкового матеріалу й товарної риби.

Площа нагульних ставів у 2022 році становила 315,7 га, у 2023 році різко збільшилася до 482,5 га, що може бути пов'язано з необхідністю інтенсифікації нагулу риби або залучення додаткових площ. У 2024 році спостерігається зворотна тенденція – зменшення експлуатаційної площі до 395,2 га, що може вказувати на оптимізацію структури нагулу та перехід до більш ефективного використання окремих ставів.

Маточні ставки протягом трьох років демонструють сталий спад експлуатаційної площі: з 3,2 га у 2022 р. до 2,1 га у 2023 р. та 1,5 га у 2024 р.. Зменшення їхньої площі може свідчити про скорочення поголів'я маточного стада або його концентрацію в менших, але технологічно ефективніших водоймах.

На відміну від цього, нерестові ставки мають стабільні показники: у 2023 та 2024 роках їх експлуатаційна площа становила 7,9 га, тоді як у 2022 році вони фактично не використовувалися. Це може бути наслідком перегляду програми відтворення риби та необхідності забезпечити оптимальні умови для нересту у наступні роки.

Показники зимувальних ставів у 2022–2024 роках залишаються відносно стабільними. У 2022 році їх експлуатаційна площа становила 15,8 га, у 2023 році вона зросла до 16,2 га, а у 2024 році знову повернулася до 15,8 га. Така сталість свідчить про збереження оптимального мінімуму площ, необхідного для забезпечення безпечної перезимівлі рибопосадкового матеріалу.

Інші водні площі у всіх трьох роках мають однаковий показник – 0,8 га, що відображає постійне використання допоміжних ставів, зокрема ремонтних чи технологічних.

У цілому динаміка експлуатації водних площ свідчить про те, що підприємство активно оптимізує структуру своїх виробничих потужностей. Найбільш вагомі зміни пов'язані з вирощувальними та нагульними площами, що забезпечують основний обсяг виробництва риби. Стабільні показники зимувальних і нерестових площ підтверджують раціональне планування відтворення та сезонного утримання риби, а незначні коливання в інших категоріях свідчать про сталість допоміжних функціональних елементів системи.

Загальна площа водного фонду підприємства демонструє тенденцію до розширення (табл. 2).

Таблиця 2

Загальний фонд водних площ, га

Рік	Загальна площа ставів	Площа в експлуатації
2022	2688,7	1915,3
2023	2536,2*	2004,8
2024	3000+*	2367+*

Примітка: * У 2023–2024 рр. частина площ не була офіційно облікована у звітних формах.

У 2022 році загальна площа ставів становила 2688,7 га, із яких 1915,3 га були задіяні у виробничому процесі. У 2023 році загальна площа зменшилася до 2536,2 га, але площа в експлуатації зросла до 2004,8 га, що свідчить про більш ефективне використання наявних ресурсів, хоча частина ставів залишалася поза активною експлуатацією.

У 2024 році загальна площа перевищила 3000 га, а площа, що перебувала в експлуатації, склала 2367 га, що свідчить про введення нових водойм або офіційне відображення раніше не врахованих площ. Примітка до даних вказує, що у 2023–2024 роках частина площ не була офіційно відображена у звітних формах, що пояснює деякі відмінності між фактичною експлуатацією та загальним фондом.

Порівняльний аналіз показників за 2022–2024 рр. свідчить про суттєві зміни в обсягах виробництва товарної продукції рибництва за кількісними та масовими показниками (табл. 3–4). З 2022 року, до початку повномасштабного вторгнення, виробництво товарної продукції аквакультури було стабільним із високими показниками, зокрема за коропом, товстолобиком та карасем сріблястим. У 2022 р. короп становив 665 734 тис. шт (352 770 кг), а карась сріблястий – 363 326 тис. шт (62 665 кг).

Таблиця 3

Порівняльний аналіз вирощування товарної продукції аквакультури за 2022–2024 рр., кількість, тис. шт

Вид риби	Роки, тис/шт.			2024+–2022, тис. шт	2024+–2022, %
	2022	2023	2024		
Короп звичайний (*Cyprinus carpio*)	665 734	233 889	177 176	–488 558	–73,4
Товстолобик білий (*Hypophthalmichthys molitrix*)	59 906	59 906	41 740	–18 166	–30,3
Товстолобик строкатий (*Hypophthalmichthys nobilis*)	26 002	26 002	22 956	–3046	–11,7
Амур білий (*Ctenopharyngodon idella*)	16 975	16 975	17 441	+466	+2,7
Гібрид товстолобиків (*Hypophthalmichthys molitrix x H. Nobilis*)	18 640	18 640	26 705	+8065	+43,3
Карась сріблястийь (*Carassius gibelio*)	363 326	363 326	289 623	–73 703	–20,3
Лящ звичайний (*Abramis brama*)	1700	1700	100	–1600	–94,1
Щука (*Esox lucius*)	6061	6061	13 953	+7892	+130
Сом європейський (*Silurus glanis*)	1750	1750	1947	+197	+11,3
Судак звичайний (*Sander lucioperca*)	760	760	950	+190	+25
Окунь звичайний (Perca fluviatilis)	14 000	14 000	15 689	+1689	+12,1

У 2023 році спостерігалося різке зниження виробництва кількості риб, особливо коропа, що пов’язано з логістичними труднощами, нестачею кормів, обмеженням доступу до водних об’єктів та необхідністю переселення персоналу в безпечні регіони. Так, кількість коропа скоротилася до 233 889 тис. шт, а маса залишилася на рівні 352 770 кг, що свідчить про зменшення чисельності молоді при збереженні вагових показників основних риб.

У 2024 році спостерігається подальше зниження виробництва деяких видів риб. Кількість коропа зменшилася до 177 176 тис. шт (–73,4 % порівняно з 2022 р.), товстолобика білого – на 30,3 %, карася сріблястого – на 20,3 %. Водночас збільшився обсяг вирощування гібриду товстолобиків (+43,3 % кількість, +75,7 % маса) та щуки (+130 % кількість, +40,4 % маса), що може свідчити про корекцію технологій та орієнтацію на види з більшою рентабельністю та швидшим оборотом.

Воєнні дії зумовили істотні трансформації у виробництві товарної риби, що відобразилося на динаміці середньої маси окремих видів у 2022–2024 роках (табл. 4).

Таблиця 4

Маса реалізованої риби за період 2022–2024 рр.

Вид риби	Роки			2024 ± 2022, кг	2024 ± 2022, %
	2022	2023	2024		
Короп звичайний (*Cyprinus carpio*)	352 770	352 770	303 766	–49 004	–13,9
Товстолобик білий (*Hypophthalmichthys molitrix*)	92 200	92 200	74 004	–18 196	–19,7
Товстолобик строкатий (*Hypophthalmichthys nobilis*)	51 125	51 125	45 420	–5705	–11,2
Амур білий (*Ctenopharyngodon idella*)	28 217	28 217	33 305	+5088	+18
Гібрид товстолобиків (*Hypophthalmichthys molitrix x H. Nobilis*)	37 000	37 000	65 020	+28 020	+75,7
Карась сріблястий (*Carassius gibelio*)	62 665	62 665	56 803	–5862	–9,3
Лящ звичайний (*Abramis brama*)	500	500	20	–480	–96
Щука (*Esox lucius*)	7660	7660	10751	+3091	+40,4
Сом європейський (*Silurus glanis*)	6580	6580	7900	+1320	+20
Судак звичайний (*Sander lucioperca*)	1168	1168	1421	+253	+21,7
Окунь звичайний (*Perca fluviatilis*)	3836	3836	3681	–155	–4

Отримані дані дають змогу оцінити вплив змін умов господарювання, зокрема повномасштабної збройної агресії, на продуктивність аквакультури. Аналіз матеріалів таблиці 4 свідчить, що традиційні об’єкти вирощування – короп, білий товстолобик і сріблястий карась – характеризувалися зниженням масових показників, що пов’язано зі скороченням обсягів зариблення, логістичними ускладненнями та обмеженістю матеріально-технічних ресурсів. Водночас швидкорослі та економічно ефективні види, зокрема білий амур, гібридні форми товстолобиків, щука та європейський сом, демонстрували позитивну динаміку виробництва, що свідчить про адаптацію рибницьких господарств до нових умов та оптимізацію структури товарної продукції.

Наведені дані дозволяють простежити тенденції змін у виробництві риби протягом періоду повномасштабного вторгнення та оцінити ефективність заходів щодо стабілізації аквакультури в умовах війни. Аналіз маси риб підтверджує наявну тенденцію: найбільше скорочення зафіксовано у ляща (–96 %), коропа (–13,9 %) та товстолобика білого (–19,7 %). Водночас маса щуки, європейського

сома, амура білого та гібриду товстолобиків демонструє зростання, що відображає зміни у стратегії вирощування та ефективну адаптацію рибоводних підприємств до нових умов господарювання.

Таким чином, війна внесла значні корективи у виробництво товарної продукції аквакультури. Спостерігається різке зниження виробництва традиційних видів риб, одночасне нарощування обсягів швидкозростаючих та комерційно вигідних видів. Підприємства були змушені адаптувати технології вирощування, змінювати структуру рибного поголів'я та оптимізувати виробничі процеси відповідно до обмежень воєнного часу.

Аналіз витрат кормів і внесення добрив за 2022–2024 роки показує суттєві зміни у технології вирощування риб, пов'язані з початком повномасштабного вторгнення та обмеженням ресурсів (рис. 2).

Внесення добрив у 2022 році здійснювалося у сумі 5300 кг, переважно органічних – 5000 кг і мінімальної кількості мінеральних – 300 кг. Це забезпечувало належний розвиток водних об'єктів та підвищувало продуктивність ставів.

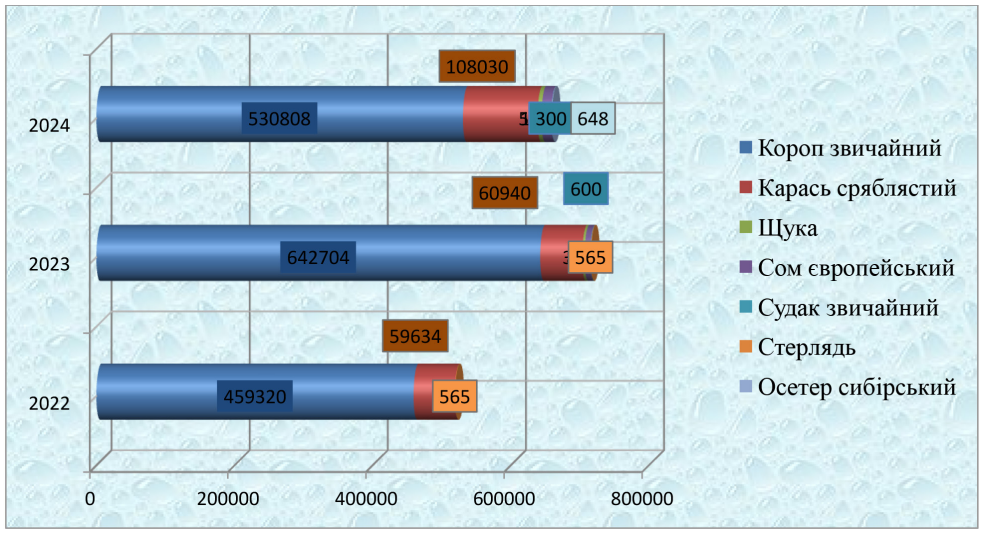


Рис. 2. Витрати кормів на вирощування риб, кг

Примітка: Витрати кормів у 2022 році наведені за сумою всіх категорій: молодь, маточне поголів'я, товарна риба.

У 2023–2024 роках спостерігаються зміни у структурі витрат кормів. Загальні витрати на коропа коливалися від 642 704 кг у 2023 році до 530 808 кг у 2024 році. Для карася сріблястого у 2024 році витрати кормів зросли до 108030 кг, що свідчить про збільшення його виробництва та значення для ринку. Водночас витрати на інші види риб, такі як щука та сом європейський, також зросли, що відображає диверсифікацію виробництва та орієнтацію на рибу з високою ринковою цінністю.

Після 2022 року внесення добрив практично не здійснювалося, що зумовлено обмеженістю ресурсів, логістичними труднощами та необхідністю оптимізації виробничих процесів. Внаслідок цього війна суттєво вплинула на структуру витрат кормів і добрив: виробники були змушені скорочувати ресурсомісткі операції, зосереджуватися на ефективному вирощуванні швидкоростучих видів

риб та підтримувати стабільність товарної продукції в складних умовах. Найбільше постраждали види з високими потребами у кормі та спеціальному утриманні, тоді як стійкі рослиноїдні та швидкоростучі види стали пріоритетними для господарств.

У контексті дослідження аналізу діяльності Управління Державного агентства з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм у Житомирській області особливу важливість має детальне вивчення динаміки реалізації продукції аквакультури в регіоні, оскільки ці показники виступають ключовими індикаторами результативності управлінських рішень, ефективності використання водних ресурсів та рівня розвитку рибного господарства області. Період 2022–2024 років був одним із найскладніших в історії галузі через вплив повномасштабного вторгнення росії в Україну. Воєнні дії спричинили суттєві зміни у функціонуванні рибницьких господарств: виникли труднощі із зарибленням водойм, забезпеченням кормами, логістикою та реалізацією продукції. Частина підприємств тимчасово призупинила роботу або працювала зі зменшеним навантаженням. Однак Управління рибного господарства Житомирщини здійснювало координацію, контроль та підтримку суб'єктів галузі, що дозволило зберегти стабільність виробництва та забезпечити продовольчий ринок рибною продукцією.

Порівняльний аналіз обсягів реалізації риби та продукції аквакультури за 2022–2024 роки дозволяє виявити основні тенденції розвитку галузі, оцінити вплив воєнних умов на виробничі процеси, визначити позитивні та негативні зміни та зробити висновки щодо ефективності діяльності Управління (табл. 5). Отримані результати дають змогу обґрунтувати подальші напрями удосконалення роботи в сфері рибного господарства Житомирської області та підвищення рівня продовольчої безпеки регіону.

Аналіз даних показує, що за останні три роки обсяги реалізації товарної риби мали різноспрямовану динаміку залежно від виду риби. Традиційно одним із ключових об'єктів аквакультури є короп. Проте у 2022–2024 рр. його реалізація знизилася на 27,8 %, що вказує на певні труднощі у вирощуванні або зменшення попиту. Подібна тенденція простежується і щодо товстолобика білого, обсяги реалізації якого скоротилися більш ніж у чотири рази. Це може бути наслідком погодних умов, скорочення площ вирощування або зміни технологічних підходів у господарствах області.

Таблиця 5

Динаміка реалізації товарної рибної продукції за 2022–2024 рр., кг

Вид риби	Роки			Зміна 2022 → 2024, кг	Динаміка, %
	2022	2023	2024		
Короп	144 234	11 947	104 110	–40 124	–27,8 %
Товстолобик білий	110 592	32 398	21 021	–89 571	–81,0 %
Товстолобик строкатий	1035	17477	24 590	+23 555	+2276 %
Амур білий	138	1899	12 615	+12 477	+9048 %
Гібрид товстолобиків	–	16 700	24 300	+24 300*	–
Карась сріблястий	–	17 588	18 263	+18 263*	–
Щука	–	1880	3155	+3155*	–
Сом європейський	1035	183	312	–723	–69,8 %
Судак	–	688	458	–230	–

Примітка: * у 2022 році вид не подавався → динаміка розраховується відсутньо.

Водночас спостерігається значне зростання виробництва окремих видів. Зокрема, реалізація товстолобика строкатого збільшилася у понад двадцять разів, а амура білого – у дев'яносто разів. Така позитивна динаміка свідчить про активне впровадження полікультури та вибір господарствами більш продуктивних і рентабельних видів риб. Зокрема, товстолобик строкатий та амур білий забезпечують ефективне використання природної кормової бази та відзначаються високими темпами росту, що робить їх привабливими для аквакультурного виробництва.

Для деяких видів, зокрема гібридів товстолобиків, карася сріблястого та щуки, дані у 2022 році були відсутні, однак у наступні два роки їх реалізація демонструє стабільне зростання. Це свідчить про розширення асортименту вирощуваної риби та адаптацію господарств до потреб ринку. Водночас спостерігається зниження реалізації європейського сома, що може бути пов'язано з технологічними особливостями його вирощування або економічною доцільністю.

Порівняння обсягів реалізації основних видів риб у Житомирській області за 2022–2024 роки свідчить про суттєві структурні зміни у роботі рибницьких господарств регіону. Динаміка різних видів риби була нерівномірною, що вказує на зміну виробничих пріоритетів, ринкового попиту та умов вирощування.

Обсяги реалізації коропа зменшилися з 144,2 т у 2022 р. до 104,1 т у 2024 р. Скорочення на 27,8 % свідчить про зменшення частки коропа в загальній структурі аквакультури. Причинами можуть бути як зниження рентабельності вирощування, так і часткове переорієнтування господарств на інші види.

Виробництво товстолобика білого скоротилося найсуттєвіше – на 81 %. Це різке падіння (на 89,6 т) може бути пов'язане з технологічними труднощами, зменшенням природної кормової бази або зниженням попиту. Вид перестає бути основним об'єктом аквакультури в області.

На відміну від білого товстолобика, строкатий продемонстрував вибухове зростання – з 1,0 т у 2022 р. до 24,6 т у 2024 р. (+2276 %). Це свідчить про активне впровадження полікультури та переорієнтацію підприємств на більш продуктивні види, які краще використовують природну кормову базу.

Показники зросли з 0,138 т до 12,6 т (+9048 %). Така стрімка позитивна динаміка може бути зумовлена високою здатністю амура ефективно очищувати водойми від надмірної рослинності, що робить його цінним об'єктом аквакультури у господарствах регіону.

Дані за 2022 рік відсутні, проте у 2024 р. обсяг становив 24,3 т. Поява цього виду у структурі виробництва відображає намір господарств підвищувати продуктивність та адаптивність рибних популяцій.

Подібно до гібрида товстолобиків, реалізація карася у 2024 р. зросла до 18,3 т, тоді як у 2022 р. цей вид не фіксувався. Це може вказувати на активізацію малих водойм та підвищення попиту серед населення на недорогі види риби.

За три роки щука з'явилася у значних обсягах – до 3,15 т у 2024 р. Поява цього хижака у структурі реалізації є ознакою збільшення зариблення природних водойм та покращення умов відтворення.

Реалізація сома європейського зменшилася з 1,035 т у 2022 р. до 0,312 т у 2024 р. (–69,8 %). Це може бути пов'язано з високою собівартістю вирощування та обмеженою кормовою базою.

Обсяги судака знизилися з 0,688 т у 2023 р. до 0,458 т у 2024 р. (–34 %). Незважаючи на популярність виду, його вирощування потребує якісної води та складних технологій, що може стримувати збільшення виробництва.

Загальна динаміка свідчить про зміну виробничого профілю рибних господарств області: скорочуються обсяги традиційних видів (короп, білий товстолобик, сом, судак); різко зростає виробництво рослиноїдних видів з високою рентабельністю (строкатий товстолобик, білий амур); до структури реалізації активно вводяться нові або раніше не обліковані риби (гібриди товстолобиків, карась, щука). Такі тенденції свідчать про адаптивність підприємств до ринкових умов, оптимізацію видового складу та підвищення ефективності аквакультурного виробництва в Житомирській області.

Загалом аналіз свідчить, що у 2022–2024 роках структура реалізованої продукції аквакультури в Житомирській області зазнала суттєвих змін. Поряд із традиційними видами дедалі більшого значення набувають нові об'єкти вирощування, а господарства переорієнтовуються на продукцію з вищою рентабельністю та стійким попитом. Така динаміка підтверджує адаптивність рибницьких підприємств регіону до економічних умов та вимог ринку, що є важливим чинником розвитку рибного господарства області.

Висновки і пропозиції. У результаті проведеного дослідження встановлено, що відповідно до проєкту Програми розвитку галузі рибного господарства Житомирської області на 2024–2030 роки заходи із зариблення водойм регіону визначено пріоритетним напрямом державної політики, спрямованим на відновлення біорізноманіття та підвищення екологічної стійкості водних екосистем, що зумовлює плановий і обов'язковий характер виконання цих функцій Управлінням у 2024 році.

1, Встановлено, що фінансування заходів із зариблення водойм Житомирської області здійснюється переважно за рахунок компенсаційних коштів, отриманих унаслідок стягнення збитків з порушників природоохоронного законодавства, а також коштів обласного екологічного фонду, що визначає залежність обсягів відтворення водних біоресурсів від рівня фінансового забезпечення.

2, З'ясовано, що структура зариблення традиційно орієнтована на види, які виконують функції біологічної меліорації та характеризуються високою адаптивністю до умов прісних водойм, зокрема товстолобика, білого амура та коропа, що відповідає екологічним і виробничим завданням регіону.

3, Аналіз динаміки реалізації товарної риби у 2022–2024 роках засвідчив істотне скорочення обсягів традиційних видів: реалізація коропа зменшилася з 144,2 т до 104,1 т (–27,8 %), а білого товстолобика – зі 110,6 т до 21,0 т (–81 %), що обумовлено впливом повномасштабного вторгнення, логістичними ускладненнями та змінами у структурі ринкового попиту.

4, Водночас зафіксовано зростання обсягів реалізації високорентабельних та швидкозростаючих видів риб: строкатого товстолобика – з 1,0 т до 24,6 т (+2276 %), амура білого – з 0,14 т до 12,6 т (+9048 %), а також включення до виробничої структури гібридів товстолобиків і карася сріблястого (24,3 т та 18,3 т відповідно), що свідчить про адаптацію рибогосподарських підприємств до умов воєнного часу та переорієнтацію на більш продуктивні об'єкти вирощування.

5, У цілому за період 2022–2024 років у Житомирській області відзначено зменшення маси товарної риби на 29,83 т, що відображає скорочення фізичних обсягів вирощування та реалізації окремих видів риб під впливом воєнних та економічних чинників.

6, Незважаючи на зниження фізичних обсягів виробництва, загальна вартість реалізованої продукції зросла приблизно на 21,32 млн грн, що обумовлено підвищенням ринкових цін та переорієнтацією виробництва на більш ринково цінні

види риб, забезпечуючи відносну фінансову стійкість галузі в умовах воєнного стану.

З метою підвищення ефективності діяльності Управління Державного агентства з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм у Житомирській області доцільно:

- впровадити цифрову систему моніторингу меліоративних мереж для оперативного планування ремонтних робіт;
- посилити контроль у сфері рибного господарства шляхом використання сучасних технічних засобів (дрони, GPS-навігація) для запобігання незаконному вилову;
- забезпечити повну автоматизацію дозвільних та адміністративних процедур Управління шляхом переведення їх в електронний формат;
- створити єдиний вебпортал для інформування громадськості та суб'єктів господарювання;
- запровадити систему ключових показників ефективності (KPI) для об'єктивної оцінки роботи структурних підрозділів;
- розглянути можливість делегування органам територіальних громад повноважень і фінансування для обслуговування дрібних меліоративних мереж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аквакультура Сумщини: аналіз ланцюга доданої вартості та перспективи / Михалко О. Г., Вечорка В. В., Бєдункова О. О., Коломійцева О. М., Вербельчук Т. В., Вербельчук С. П., Кобернюк В. В., Лавринюк О. О., Горчанок А. В. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2025. № 2(18). С. 79–117. DOI: 10.32782/wba.2025.2.5

2. Аналіз сучасних тенденцій та перспектив розвитку годівлі риб в аквакультурі України / Лавринюк О. О., Матковська С. І., Вербельчук Т. В., Вербельчук С. П., Кобернюк В. В. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2025. № 2(18). С. 39–63. DOI: 10.32782/wba.2025.2.3

3. Вдовенко Н. М., Павленко М. М., Сіненок І. О. Організаційно-економічні засади розвитку рибальства й аквакультури в Україні. *Бізнес Інформ*. 2020. № 4. С. 221–228. DOI: 10.32983/2222-4459-2020-4-221-228.

4. Вербельчук С., Кобко Д., Ситницька Т., Покотило В. Застосування цифрових технологій у галузі тваринництва. *Органічне виробництво і продовольча безпека: цифрові технології та інновації* : зб. матеріалів XII Міжнар. наук.-практ. конф., 15–16 трав. 2025 р. Житомир : Поліський ун-т, 2025. С. 40–41.

5. Виробництво та реалізація товарної продукції аквакультури в Україні / О. О. Лавринюк, Д. В. Лісогурська, Т. В. Вербельчук, В. В. Борщенко. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2025. № 1 (17). С. 123–132. DOI: 10.32782/wba.2025.1.11

6. Виробництво продукції аквакультури збільшилося на 22 %. Житомирський рибоохоронний патруль: вебсайт. URL: https://zt.darg.gov.ua/_virobnictvo_produkciji_0_0_0_1629_1.html (дата звернення: 08.12.2025).

7. Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм : веб-сайт. URL: https://darg.gov.ua/ (дата звернення: 14.12.2025).

8. Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм. Науково-біологічне обґрунтування «Оцінка стану запасів водних ресурсів... на 2024 рік». URL: https://darg.gov.ua/files/25/12_22_nauka1.PDF (дата звернення: 08.12.2025).

9. Зариблення як довгострокова модель підтримки аквакультури: фокус на 2026 рік. Житомирський рибоохоронний патруль : вебсайт. URL: https://zt.darg.gov.ua/_zariblennja_jak_dovgostrokova_0_0_0_1698_1.html (дата звернення: 08.12.2025).

10. Офіційний сайт Державного агенства рибного господарства України : вебсайт. URL: https://darg.gov.ua/ (дата звернення: 01.12.2025).

11. Ситницька Т. Впровадження інноваційних технологій у рибництві для сталого збереження водних біоресурсів та безпеки харчового ланцюга. *Стан та перспективи виробництва, переробки і використання продукції тваринництва*. зб. матер. XII Міжнар. наук. конф. студ. та учн. молоді (20 лист. 2025 р.). м. Кам'янець-Подільський: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», 2024. С. 14–16.

12. Ситницька Т., Кот М., Колесник Д., Старовойт Я. Потенціал інтенсифікації та диверсифікації аквакультури в Поліському регіоні. *Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів* : зб. матеріалів VII Міжнар. наук.-практ. конф., 5–6 червня 2025 р. Житомир : Поліський національний університет, 2025. С. 93–94.

13. The Impact of Climate Change on Global Aquaculture: A Focus on Heat Stress / Mylostyvyi, R., Marenkov, O., Rudakov, L., Kurbatova, I., Gutyj, B., Dutka, B., Poltavchenko, T., Verbelchuk, T., Verbelchuk, S., Zaporozhchenko V. and Izhboldina. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 2026, 14(x): xxx ISSN (Online): 2788-4546; ISSN (Print):2788-4538. DOI: https://doi.org/10.22194/JGIAS/26.1792

14. The state of world fisheries and aquaculture. Measures to improve resilience. Rome : FAO, 2020. 205 p.

Дата першого надходження статті до видання: 16.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

UDC 591.9:595.42
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.46

FAUNA OF ACARID MITES IN THE NESTS OF *APIS MELLIFERA CARPATICA* IN THE FOOTHILLS OF THE UZHHOROD DISTRICT 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 at 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 the nests of Carpathian honey bees and changes in their numbers under the influence of various factors. Purpose: research on the species composition of acarid mites and their abundance in the nests of Carpathian honey bees in the foothills of the Uzhhorod district of the Transcarpathian region based on private apiaries (the villages of Khudlyovo and Antalovtsi), as well as the apiary of Uzhhorod National University (the village of Nyzhne Solotvyno). Research objects. Storage mites from the Acaridia group. Research material – honeycomb debris, pollen, and other organic impurities collected from hives in the studied apiaries. Methods: analytical review of research topics by domestic and foreign scientists, analysis of the biological characteristics of acarid mites; experimental – microscopy to identify mites and their abundance; determination of biodiversity indicators: dominance, density, and frequency indices; mathematical-statistical – using computer mathematical functions built into Microsoft Excel 2010. Results. Under the conditions studied, eight species of acarid mites were identified. Of these, 4 species (Glycyphagus domesticus, Tyrophagus similis, Carpoglyphus lactis, and Tyrophagus longior) corresponded to the category of "dominant species"; 3 species (Acarus siro, Tyrophagus putrescentiae, and Neoacotyledon redikorzevi) were classified as "subdominant species," and one species (Neoacotyledon sokolovi) was classified as a "subdominants of the 1st order." The low biodiversity of acarid fauna in the studied apiaries of the Uzhhorod district is explained by the dominance of a limited number of species due to their high total density. Conclusions. The largest number of acarid mites in the nests of Carpathian honey bees was observed in "weak bee colonies" in the period from April to June. The highest density was found in Gl. domesticus, and the highest frequency of occurrence was observed in T. similis and C. lactis. The relevance of the next stages of the work is determined by the need to establish the patterns of distribution of acarid mites in bee colonies depending on the altitude zone. This requires a detailed faunistic analysis in the lowland, foothill, and mountain zones of the Transcarpathia region.

Key words: *acarids, dominant species, mite density, biodiversity indices, apiaries.*

© Dudynska A. T., Romanko V. O., Adamchuk L. O., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дудинська, А. Т., Романко В. О., Адамчук Л. О. Фауна акаридієвих кліщів у гніздах карпатської медоносної бджоли в умовах передгір'я Ужгородського району Закарпатської області

Робота присвячена дослідженню структури угруповань акаридієвих кліщів у гніздах карпатської медоносної бджоли та зміни їх чисельності під впливом різних чинників. Мета: дослідження видового складу акаридієвих кліщів та їх чисельності у гніздах карпатської медоносної бджоли в умовах передгір'я Ужгородського району Закарпатської області на базі приватних пасічних господарств (с. Худльово та с. Анталовці), а також пасіки Ужгородського Національного університету (с. Нижнє Солотвино). Об'єкти досліджень. Комірні кліщі з групи Acaridia. Матеріал досліджень – крихти стільників, пилку та інші органічні домішки зібраних із на вуликів на досліджуваних пасіках. Методи: аналітичний огляд по тематиці досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців, аналіз біологічних особливостей акаридієвих кліщів; 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 2010. Результати. В досліджуваних умовах виявляли 8 видів акаридієвих кліщів. З них 4 види (Glycyphagus domesticus, Tyrophagus similis, Carpoglyphus lactis та Tyrophagus longior), які відповідали категорії «види-домінанти»; 3 види (Acarus siro, Tyrophagus putrescentiae та Neoacotyledon redikorzevi) віднесли до категорії «види субдомінанти» і один вид (Neoacotyledon sokolovi) – до «субдомінантів 1 порядку». Низькі показники біорізноманіття акаридофауни на досліджуваних пасіках Ужгородського району пояснюються домінуванням обмеженої кількості видів за їх високої сумарної щільності. Висновки. Найбільше акаридієвих кліщів у гніздах карпатської медоносної бджоли відмічали у «слабких бджолосім'ях» у період з квітня по червень. Найвищу щільність виявляли Gl. domesticus, а найбільшу частоту трапляння спостерігали у T. similis та C. lactis. Актуальність наступних етапів роботи зумовлена необхідністю встановлення закономірностей розподілу акаридієвих кліщів у бджолосім'ях залежно від висотної поясності. Це передбачає детальний фауністичний аналіз у низовинній, передгірській та гірській зонах Закарпатської області.

Ключові слова: *акариди, види-домінанти, щільність кліщів, індекси біорізноманіття, пасіки.*

Relevance of the research topic and problem statement. Acaroid and glycyphagoid mites (superfamilies Acaroidea and Glycyphagoidea) are among the most numerous superfamilies of the suborder Sarcoptiformes Reuter, 1909, belonging to the order Acariformes. They are also called synanthropic or storage pests (mites). Some representatives of these superfamilies are associated with the nests of homoeothermic vertebrates or hymenopteran insects and other invertebrates [1].

From a practical point of view, interest in acarid mites is mainly because many of them are pests of plant products, especially in storage conditions (grain storage facilities, vegetable storage facilities, and other warehouses) [2, 3, 4]. In particular, species of the genus *Acarus* and *Tyrophagus*, when they reproduce masse, can cause significant damage to grain seeds and grain products (flour, cereals, mixed feed, etc.) [3, 5, 6].

In addition, acarid mites play an important role in many biocenoses. The ecological characteristics of storage mites have always attracted the attention of researchers due to their prevalence and harmfulness. As a rule, studies have focused primarily on certain features of the ecological niches of storage mites, their trophic habits, and dependence on abiotic and biotic conditions in various physical and geographical zones of Ukraine [1, 2].

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 *T. putrescentiae* mite eggs [7].

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 [8].

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* [9].

Maria Boukouvala et al. (2025) demonstrate the acaricidal efficacy of two inert diatomite-type powders, tested against different stages of development of *A. 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 [10].

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 [11].

Md. Mahbub Hasan et al. (2019) prove that *T. putrescentiae* eggs were more resistant to both fumigants compared to the mobile stages of mites [12].

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 [13]. 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 [14].

A similar opinion was expressed by Romanko V. and Dudynska A. (2025), who prove that the lethal norms of sulfuryl fluoride at different temperatures are optimal for ensuring 100 % mortality of the mobile stages of acarid mites [15].

Literature data on the study of acarofauna in synanthropic conditions, including in honey bee nests, are limited. The presence of *C. lactis* in bee colonies on old combs and in honey was noted only in the following studies [16, 17]. 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 [16]. 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 [17].

Dudynska A. et al. (2025) studied the influence of various factors on the presence and abundance of *C. lactis* in honey during storage. Different numbers of mites were observed depending on the research options proposed. Depending on the different botanical origins of honey, its moisture content, and storage duration, the number of mites varied from 0 to 20.11 ± 2.667 individuals in one sample. The authors prove that mites are capable of colonizing only the surface of honey to a depth of 1–10 mm. In samples taken from the lower layers of honey, regardless of the study options, *C. lactis* was not detected [18].

The presence of *C. lactis*, *Gl. domesticus* and *T. 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].

The above shows that the absence of comprehensive information in scientific literature on the species composition of acarid mites in Carpathian bee nests, taking into account the vertical zonality of the region, makes research in this area particularly important.

Therefore, the aim of our research was to study the fauna of acarid mites in the nests of Carpathian honey bees in the foothills of the Uzhgorod district of the Transcarpathian region.

Research methodology. The research was conducted between 2023 and 2025 at apiaries located in the Uzhhorod district of the Transcarpathian region (foothills zone: low-mountain volcanic region in the Makovetsky landscape area): in the village of Nyzhne Solotvyno (apiaries of Uzhhorod National University) location – 48°33'47"N 22°27'14"E altitude 224 meters above sea level;

Khudlyovo village 48°35'16"N 22°29'12"E altitude 211 meters above sea level;

Antalovtsi village 48°37'09"N 22°30'12"E altitude 276 meters above sea level (Fig. 1).

To study the composition of acarocomplexes in the nests of Carpathian honey bees in the foothills of the Uzhgorod district, a total of 480 samples were collected and processed (160 samples in each apiary, or 8 studied hives, where five samples were taken from each hive). The research material consisted of honeycomb crumbs, pollen, and other organic impurities collected from the hives in the studied apiaries. The mass of one sample was 10 gram. The material collection and analysis were performed in accordance with methods having been adapted to acarological studies. The eclection method of Berlese with Tullgren modification was used for quantitative collection. 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

Apiary village of Khudlyovo

Apiary village of Nyzhne Solotvyno

Fig. 1. Location of the studied apiaries in the foothills within the Uzhhorod district

of acarid mites, permanent total preparations were made using Hoyer's mounting fluid [2]. The identification of acarids was carried out under a microscope using an acarian identification keys [1]. The data obtained was subjected to statistical processing, as well as using mathematical functions built into Microsoft Excel. To characterize species biodiversity, density, frequency of occurrence, and indices such as dominance, Menkhinik, Margalef, and Shannon were determined.

Research results. As a result of analyzing the collected material, eight species of mites were identified. These are six species, namely *Acarus siro, Tyrophagus longior, Tyrophagus similis, Tyrophagus putrescentiae, Neoacotyledon sokolovi, Neoacotyledon redikorzevi*, which belong to the Acaridae family; and two species – *Glycyphagus domesticus, Carpoglyphus lactis*, which belong to the Glycyphagidae family. All of the mentioned acarid mite species were identified at each of the studied apiaries. However, their biodiversity parameters varied under the influence of various factors.

In total, 67,753 acarid mites were detected. Of these, 19,649 were found in the apiary near the village of Nyzhne Solotvyno, 23,127 in the village of Khudlyovo, and 24,977 in the village of Antalovtsi. In our opinion, the observed discrepancy in mite abundance is presumably attributed to the higher humidity levels in the villages of Khudlyovo and Antalovtsy compared to Nyzhne Solotvyno. Such environmental conditions favored the population growth of storage mites in these locations.

In general, during the annual cycle, the abundance of synanthropic mites followed a seasonal pattern: from April to June, the highest number was recorded – 34.0 ± 5.35 mites (or 48.22 % of the total number); from January to March, 18.4 ± 4.29 individuals (or 26.09 %); from October to December, 13.4 ± 4.73 individuals (or 19.05 %). The minimum abundance occurred from July to September – 4.7 ± 1.03 individuals (or 6.63 %).

This significant variation in population density is primarily attributed to climatic factors and the seasonal biological cycle of the bees, particularly their hygienic behavior

in removing organic debris from the hive bottom. In the Uzhhorod district, the period from July to September appears to be the least favorable for acarid mite development. This is likely due to the synergistic effect of high temperatures and low humidity, which restrict mite proliferation, combined with the bees' intensified cleaning activity on the bottom boards, where mites are predominantly localized during this season.

Analysis of the species composition of acarids revealed uneven dynamics in the population density of these pests throughout the annual cycle. Thus, during the period from January to March (first quarter), the highest density was determined in *Gl. domesticus* – 76.8 ± 6.56 individuals (or 52.1 % of the total number of mites detected during this period). The lowest density index for this period was observed in *N. sokolovi* – only 0.7 ± 0.13 (Fig. 2).

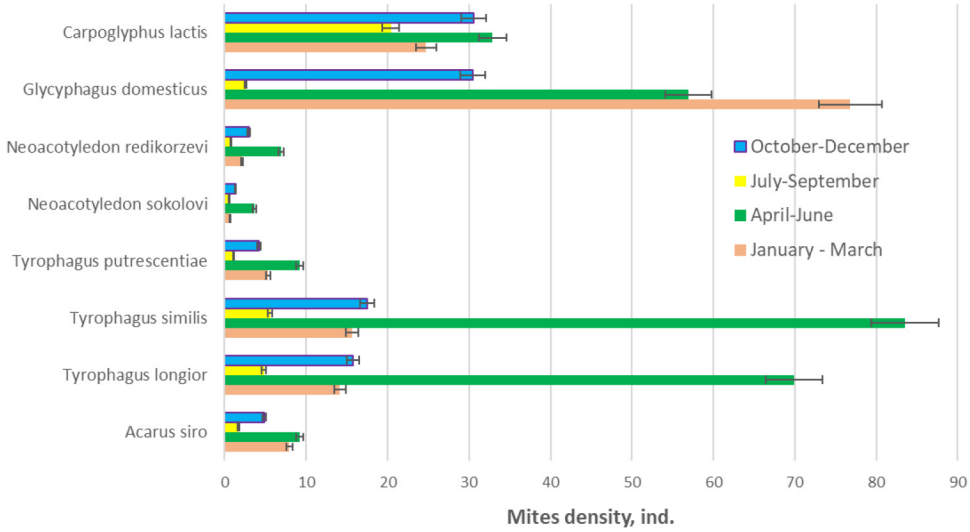


Fig. 2. Dynamics of acarid density in Apis mellifera carpatica *nests throughout the annual cycle*

In contrast to the previous period, the second quarter (April–June) showed the maximum population density for *T. similis* (83.5 ± 3.78 individuals, representing 30.7 % of all mites detected during this time). In addition, it should be noted that, unlike the first quarter, significant species dominance was not observed during the second quarter (the difference between indicators *T. similis*, *T. longior* and *Gl. domesticus*). Similar to the previous period, the minimum density was recorded for *N. sokolovi* (3.6 ± 0.69 individuals.

From July to September (third quarter), the highest density was found in *C. lactis* (20.4 ± 2.37 individuals) or 54.5 % of the total number of identified mites during this period, indicating its high dominance in the third quarter of the year. As in the previous case, the lowest density was observed in *N. sokolovi* (3.6 ± 0.69 individuals).

During the period from October to December (fourth quarter), the maximum density was determined in *Gl. domesticus* and *C. lactis* – 30.5 ± 5.83 and 30.6 ± 2.57 individuals, respectively. The minimum density index for this period, as in previous cases, was observed in *N. sokolovi* – only 1.3 ± 0.37 (рис. 2).

In general, higher density indicators were found in *Gl. domesticus* (41.71 ± 4.38), *T. similis* (30.54 ± 4.27), *C. lactis* (27.15 ± 2.49) and *T. longior* (26.14 ± 2.83 individuals) (Fig. 3). However, the dynamics of population density of individual mite species throughout the year in hives for each species had certain characteristics. Thus, the largest amplitude of mite density during the year was observed in *Gl. domesticus* (ranging from 76.8 ± 6.56 individuals in the first quarter, especially in March, to 2.6 ± 0.74 individuals in the third quarter).

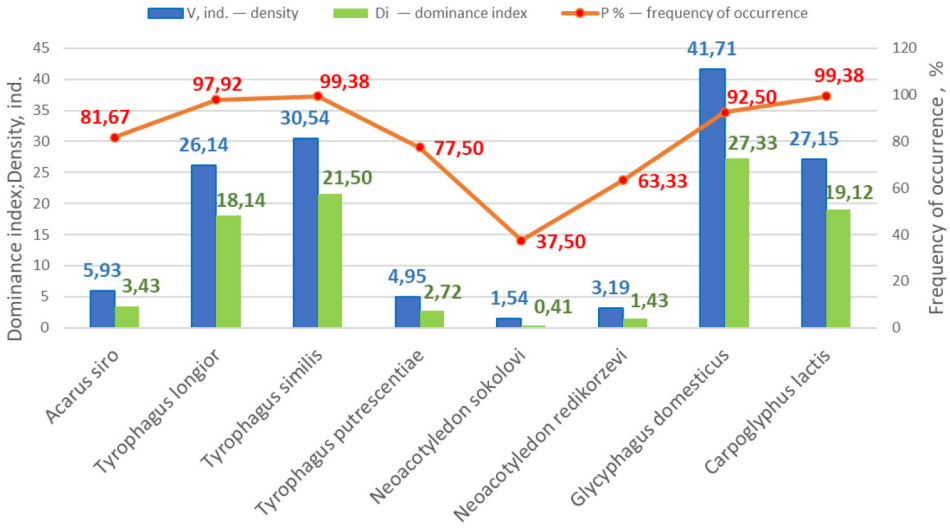


Fig. 3. Biodiversity parameters of acarid mites at apiaries in the foothill zone of the Uzhhorod district

For *T. longior* and *T. similis* mites, the maximum density peak was recorded from April to June (69.9 ± 4.87 and 83.5 ± 3.38 individuals, respectively). The minimum density indicators for these two species were determined at 4.8 ± 1.03 and 5.6 ± 0.84 individuals, which were 1.87 and 2.15 times higher than the lowest density indicator for *Gl. domesticus*. The population of *C. lactis* remained relatively stable throughout the season, with density values between 20.4 ± 1.64 and 32.9 ± 1.13 individuals, showing no marked fluctuations compared to the other three acarid species (Fig. 2).

The highest frequency of occurrence, 99.38 % (477 out of 480 samples), was recorded for *C. lactis* and *T. similis*. It is worth noting that, *Gl. domesticus* showed a frequency only of 92.5 % (444 samples), despite having the highest population density among all detected acarids. The lowest occurrence frequency (37.5 %) was observed in *N. sokolovi* (Fig. 3).

According to dominance analysis, four of the eight identified acarid species (*Gl. domesticus*, *T. similis*, *C. lactis*, and *T. longior*) were identified as dominant. Three species were classified as subdominant (*A. siro*, *T. putrescentiae* та *N. redikorzevi*), while *N. sokolovi* represented the lowest dominance class "subdominants of the 1st order" (Fig. 4).

Analysis of the distribution of mites in bee colonies of varying strength showed that the highest abundance of acarid mites was observed in "weak" and "very weak" bee colonies – 24.95 % and 23.99 %, respectively, of the total number of individuals detected. The lowest rates were recorded in "strong" and "very strong" bee colonies – 16.56 % and 16.43 %, respectively.

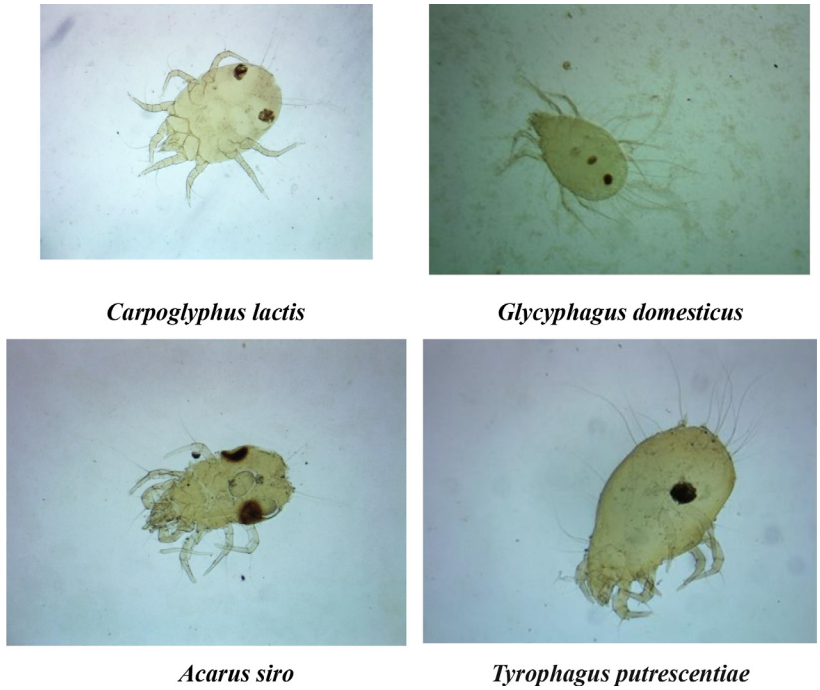


Fig. 4. General view of acarid mites

As shown in Fig. 5, *Gl. domesticus* was the dominant species of acarids in "weak" and "very weak" bee colonies. At the same time, *C. lactis* was less abundant than species such as *T. similis* and *T. longior*. Certain features were observed in the acarid fauna of "strong" and "very strong" bee colonies: the dominance of *Gl. domesticus* was less pronounced, and the minimum population density was observed in *T. longior* (Fig. 5).

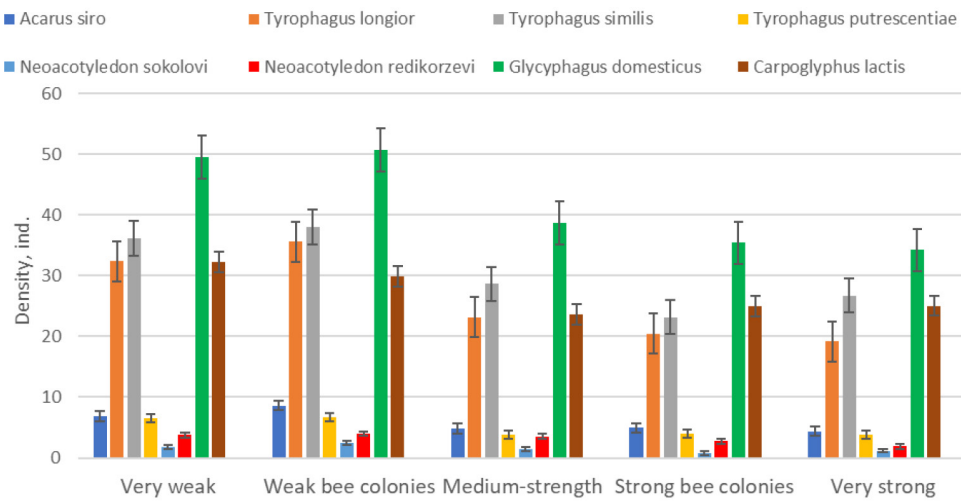


Fig. 5. Density of acarid mites in the nests of Apis mellifera carpatica bees of varying colony strength

In general, a comparison of our results with existing literature reveals both certain discrepancies and similarities. For instance, in a study of Acaridae and Glycyphagidae fauna within various industrial facilities in the Zhytomyr region, Oksentiuk et al. (2022) also identified eight species in honey bee hives [24]. However, only four of these (*A. siro*, *T. putrescentiae*, *T. longior*, and *Gl. domesticus*) match the species recorded in the foothills of the Uzhhorod district (Transcarpathian region).

Chaopin Li et al. (2015) identified the following species composition of acarids in honey and bee products during storage: in "Honey date" – *Gl. domesticus*, *C. lactis*; in "Honey lotus root dry" – *C. lactis*, *T. putrescentiae*, *Gl. ornatus*; in "Honey" – *C. lactis*, *Gl. domesticus* and *Tyrolichus casei* [26].

Analysis of biodiversity indices for acarid mites in apiaries of the Uzhhorod district (foothill zone) revealed minor fluctuations in values, reflecting a generally low level of species diversity. Specifically, the Shannon index ranged from 1.68 (Antalovtsi apiary) to 1.72 (Nyzhne Solotvyno). These metrics indicate limited species richness and low evenness within the community, where the dominance of a few species reduces overall ecological stability (Fig. 6).

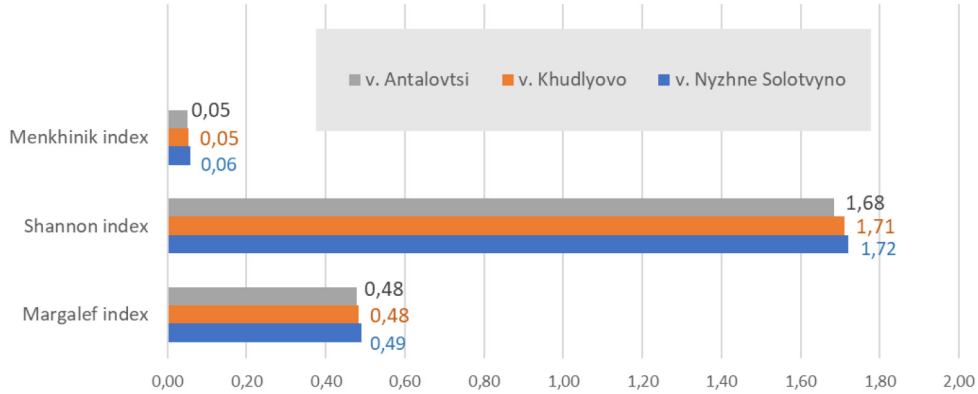


Fig. 6. Species diversity indices of acarid mites in apiaries in the Uzhhorod district of Transcarpathia (foothill zone)

The Margalef index values (0.48–0.49) indicate exceptionally low species richness within the acarid communities of *Apis mellifera carpatica* hives. This is explained by the fact that the development of acarids and their potential increase in species richness in hives is influenced by a limiting factor. That is, worker bees actively clean the bottom board of the hive from organic debris, which is a substrate for the development of acarid mites.

Unlike the above indices, the Menkhinik index was the lowest, ranging from 0.05 to 0.06, which is due to the high number of mites, at the same time, their insignificant species diversity.

For comparison, a study of the species diversity and abundance of acarid mites found that farm buildings (barns, chicken coops, storage rooms, and haylofts) in various areas of Transcarpathia provide suitable conditions for the development of these pest populations. Thus, their species richness ranged from 16 to 24 species, and the abundance of mites ranged from 172.3 to 703.9 individuals. Accordingly, the Margalef, Shannon, and Menkhinik indices were higher and ranged from 1.57 to 2.12, 2.43 to 2.82, and 0.44 to 0.56, respectively [2].

Consequently, this study establishes the species diversity and abundance of acarid mites within *Apis mellifera carpatica* colonies in the foothills of the Uzhhorod district, Transcarpathia. These findings provide a critical baseline for future research on acarofauna across diverse altitudinal zones and varying climatic conditions.

Conclusions and prospects for further research

1. Eight species of acarid mites were found in the study area, classified as "dominant species," "subdominant species," and "subdominants of the 1st order".

2. During the annual cycle, the dynamics of the number of storage mites in the hives of Carpathian honey bees changed in the following sequence: the highest indicators were registered in April–June (34.0 ± 5.35 ind.), slightly lower in January–March (18.4 ± 4.29 ind.) and October–December (13.4 ± 4.73 ind.). The minimum number of individuals was found in July–September – 4.7 ± 1.03 individuals.

3. The highest density indicators were recorded in the species *Gl. domesticus* (41.71 ± 4.38), *T. similis* (30.54 ± 4.27), *C. lactis* (27.15 ± 2.49), and *T. longior* (26.14 ± 2.83 individuals). At the same time, the annual dynamics of the population of each species of acarids in hives was characterized by individual features.

4. A correlation was established between bee colony strength and mite abundance. The highest infestation levels were recorded in weak and very weak colonies, accounting for approximately 49 % of the total mite population. Conversely, strong and very strong groups exhibited the lowest values, at 16.56 % and 16.43 %, respectively.»

5. An analysis of biodiversity indices for acarid mites in apiaries in the Uzhhorod district of Transcarpathia (foothill zone) showed low values, which is explained by the high mite population and, at the same time, their low species richness.

6. In our opinion, further research in this area is relevant, in particular, the species diversity of acarid mites and their abundance in the nests of Carpathian honey bees in conditions of different vertical zonation (mountain, foothill, and lowland zones) in the Uzhhorod district of Transcarpathia.

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.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

REFERENCES:

1. Дудинська А. Т., Романко В. О., Дудинський Т. Т. Короткий визначник синантропних акаридієвих кліщів (Acariformes, Acaridia) Закарпаття. Ужгород, 2021. 34 с. URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/57148 (дата звернення: 12.01.2026).

2. 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, №. 4. P. 283–292. doi.org/10.15407/zoo2023.04.283

3. 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 (Last accessed: 14.01.2026).

4. Collins D. A. A review on the factors affecting mite growth in stored grain commodities. *Exp. Appl. Acarol*. 2012. Vol. 56. P. 191–208. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10493-012-9512-6 (Last accessed: 18.12.2025).

5. Романко В. О., Дудинська А. Т. Синергізм суміші фосфіну та вуглекислого газу при фумігації проти хлібних шкідників запасів. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 113–119. doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.15

6. Спосіб контролю чисельності рухомих стадій комірних кліщів методом фумігації фтористим сульфурилом: Пат. 96871 UA, МПК A01P 7/02. Заявник Закарпатський територіальний центр карантину рослин Інституту захисту рослин НААН України. № u 201408547; заявл. 28.07.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4, 2015р. URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/34647 (дата звернення: 13.01.2026).

7. 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. Vol. 109, Is. 5. P. 2215–2220. DOI: 10.1093/jee/tow159

8. Athanassiou Christos G, Rumbos Christos I., Agrafioti Paraskevi, Sakka Maria. Acaricidal Effect of Zeolite and Kaolin Against *Tyrophagus putrescentiae* on Wheat. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, Is. 4. DOI: 10.3390/agronomy15040799

9. Kilic Nihal. Efficacy of dust and wettable powder formulation of Diatomaceous earth (Detech) in the control of *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acari: Acaridae). *Insects*. 2022. Vol. 13, Is. 10. DOI: 10.3390/insects13100857

10. 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. Vol. 16, Is. 7. DOI: 10.3390/insects16070693

11. Zhao Y, Sally, Abbar, Thomas, Phillips, Wes, Schilling. Phosphine fumigation and residues in dry-cured ham in commercial applications meat. *Science*. 2015. Vol. 107. P. 57–63. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.04.008

12. 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. Vol. 113, Is. 1. P. 1008–1014. DOI: 10.1093/jee/toz319

13. 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. Vol. 76. P. 7–13. DOI: 10.1016/j.jspr.2017.11.008

14. 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. Vol. 91. DOI: 10.1016/j.jspr.2021.101769

15. Романко, В. О., Дудинська А. Т. Акарицидна дія фтористого судьфурилу. *Науковий прогрес та інновації*. 2025. Т. 28, №. 3. С. 91–97. doi.org/10.31210/spi2025.28.03.15

16. 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. Vol. 15, Is. 4. doi.org/10.3390/insects15040271

17. 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. Vol. 3, Is. 1. P. 25–28. URL: https://www.researchgate.net/publication/258048605_Infestation_of_Carpoglyphus_lactis_Linnaeus_Acari_Carpoglyphidae_on_Trigona_iridipennis_Apidae_Meliponinae_from_India (Last accessed: 10.11.2025).

18. Dudynska Andreia, Adamchuk Leonora, Romanko Volodymyr, Dudynskyi Tibor. Density *Carpoglyphus lactis* in honey during storage. *Ukrainian Science Hub Journal*. 2025, Vol. 1, №. 2. doi.org/10.64378/iriush.journals.2025.2.3

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. Vol. 63. P. 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. Vol. 29, Is. 4. P. 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. Vol. 20, Is. 3. P. 795–800. URL: https://www.researchgate.net/publication/287282301_Preliminary_Studies_on_Storage_Mites (Last accessed: 22.10.2025)

22. Nickolas Palyvos, Nickolas G Emmanoue, Costas J Saitanis. Mites associated with stored products in Greece. *Experimental and applied acarology*. 2008. Vol. 44, Is. 3. P. 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. Vol. 40, №. 1. P. 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. Vol. 56, №. 4. P. 232–330. 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. Vol. 29, Is. 3. P. 411–433. doi.org/10.11158/saa.29.3.5

26. Chaopin Li, Xiaodong Zhan, Entao Sun, Jinhong Zhao, Huiyong Wang, Ji He, Jiajia Wang The density and species of mite breeding in stored products in China. *Nutr Hosp*. 2015. Vol. 31, Is. 2. P. 798–807. DOI: 10.3305/nh.2015.31.2.8003

Дата першого надходження статті до видання: 28.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 504.4.054:628.3:556.114
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.47

ЯКІСТЬ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПІВДЕННОГО БУГУ: ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТІВ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Залізняк Я. І. *– д.філос.,*
викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-6497-1215

У статті комплексно висвітлено проблему зростання антропогенного навантаження на водні ресурси басейну річки Південний Буг у межах Вінницької області, що набуває особливої гостроти в умовах кліматичних змін та інтенсифікації природокористування. Актуальність роботи зумовлена необхідністю гармонізації національної системи екологічного моніторингу з вимогами Водної рамкової директиви ЄС для забезпечення сталого управління водними ресурсами. Метою дослідження є комплексна оцінка сучасного гідрохімічного та екологічного стану річкових екосистем регіону, а також наукове обґрунтування ефективних технологічних рішень, спрямованих на мінімізацію негативного впливу господарської діяльності. Методологічну основу роботи складає басейновий підхід, який дозволив проаналізувати річкову мережу як цілісну гідродинамічну систему. Дослідження базується на детальному аналізі даних лабораторного моніторингу якості води лівих приток та основного русла річки за період 2019–2021 років. Отримані емпіричні дані засвідчили критичну невідповідність показників якості води чинним рибогосподарським нормативам у більшості пунктів спостереження, що свідчить про глибокі деструктивні зміни у гідрохімічному режимі водойми. Зокрема, виявлено системне та хронічне забруднення водного середовища органічними сполуками (перевищення показника $БСК_5$ у 2–3 рази), що провокує дефіцит розчиненого кисню та пригнічення біоти. Фіксується стабільно високий вміст важких металів, зокрема заліза та марганцю, концентрації яких перевищують фонові значення. Найбільшу екологічну загрозу становить екстремальне забруднення сполуками азоту: зафіксовано перевищення вмісту нітритів. Такий стан є індикатором «свіжого» забруднення неочищеними комунальними стоками та інтенсивного змиву мінеральних добрив з аграрних територій. Встановлено, що ключовими факторами деградації річкової екосистеми є поєднання дифузного стоку з розораних водозборів, неефективність застарілих технологій на очисних спорудах каналізації та висока зарегульованість стоку, що знижує проточність річки. На основі отриманих результатів розроблено рекомендації щодо модернізації водоохоронних заходів. Обґрунтовано доцільність впровадження на муніципальних очисних спорудах сучасних біотехнологій нітри-денітрифікації для глибокого видалення біогенних елементів. Для боротьби з дифузним забрудненням запропоновано створення інженерно-біологічних бар'єрів – штучних водно-болотних угідь (constructed wetlands) у гирлових ділянках приток та дренажних каналів. Реалізація запропонованих адаптивних стратегій дозволить підвищити самовідновлювальний потенціал річки та покращити екологічну безпеку регіону.

Ключові слова: *річкові екосистеми, водне середовище, антропогенна трансформація, гідрохімічний моніторинг, басейновий підхід, екологічна безпека, технології водоочищення, якість поверхневих вод, Південний Буг.*

Zalizniak Ya. I. Water Resource Quality of the Southern Bug River: Identifying Priorities for Implementing Environmental Protection Technologies

The article comprehensively highlights the issue of increasing anthropogenic load on the water resources of the Southern Bug River basin within the Vinnytsia region, which is becoming particularly acute under conditions of climate change and the intensification of natural

© Залізняк Я. І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

resource use. The relevance of the work is determined by the necessity to harmonize the national environmental monitoring system with the requirements of the EU Water Framework Directive to ensure sustainable water resource management. The aim of the study is a comprehensive assessment of the current hydrochemical and ecological state of the region's river ecosystems, as well as the scientific substantiation of effective technological solutions aimed at minimizing the negative impact of economic activities. The methodological basis of the work is the basin approach, which allowed for the analysis of the river network as an integral hydrodynamic system. The research is based on a detailed analysis of laboratory monitoring data on water quality in left-bank tributaries and the main river channel for the period of 2019–2021. The obtained empirical data demonstrated a critical non-compliance of water quality indicators with current fishery standards at the majority of observation points, indicating deep destructive changes in the hydrochemical regime of the water body. In particular, systemic and chronic contamination of the aquatic environment with organic compounds (exceeding the BOD_5 index by 2–3 times) was revealed, which provokes a deficit of dissolved oxygen and the suppression of biota. A consistently high content of heavy metals, particularly iron and manganese, is recorded, with concentrations exceeding background values. The greatest ecological threat is posed by extreme pollution with nitrogen compounds: nitrite content exceeding the MPC level. Such a state is an indicator of «fresh» pollution by untreated municipal wastewater and intensive runoff of mineral fertilizers from agricultural territories. It was established that the key factors of river ecosystem degradation are a combination of diffuse runoff from plowed catchments, the inefficiency of outdated technologies at sewage treatment plants, and high flow regulation, which reduces the river's flow velocity. Based on the obtained results, recommendations regarding the modernization of the water protection measures system were developed. The feasibility of implementing modern nitrification-denitrification biotechnologies at municipal wastewater treatment plants for deep removal of nutrients has been substantiated. To combat diffuse pollution, the creation of engineering-biological barriers – constructed wetlands – at the mouths of tributaries and drainage canals is proposed. The implementation of the proposed adaptive strategies will allow for increasing the river's self-restoration potential and improving the ecological safety of the region.

Key words: *river ecosystems, aquatic environment, anthropogenic transformation, hydrochemical monitoring, basin approach, ecological safety, water treatment technologies, surface water quality, Southern Bug.*

Актуальність теми дослідження. В умовах сьогодення спостерігається стійка динаміка зростання обсягів водоспоживання в усіх регіонах України, що вимагає перегляду підходів до управління водними ресурсами. Забезпечення сталого розвитку вимагає встановлення чітких кореляцій між гідрологічним режимом, екологічною безпекою та соціально-економічними потребами суспільства. Особливої уваги потребує Вінницька область, де інтенсифікація природокористування створює значні ризики для екосистеми річки Південний Буг.

Господарська діяльність у регіоні призвела до суттєвої трансформації ландшафтів та скорочення площ природних біотопів. Домінування аграрного сектору та будівництва провокує активізацію ерозійних процесів, що становить загрозу замулення та деградації річища. Окрім дифузного забруднення, спричиненого змивом ґрунтів, критичним фактором впливу на гідрохімічний та органолептичний стан води залишаються точкові джерела забруднення – скиди неочищених або недостатньо очищених стічних вод промислових підприємств [1].

Постановка проблеми. Багато українських науковців звертають увагу на проблему інтенсифікації природокористування в межах басейну річки Південний Буг, що зумовлює трансформацію природних властивостей поверхневих вод та ландшафту в цілому. Зокрема, професор Г. І. Денисик є великим знавцем у вивченні антропогенних ландшафтів регіону. Його дослідження доводять, що річка більше не є природною системою, а перетворилася на складний природно-господарський комплекс [2]. Професор Ю. В. Яцентюк [3] розглядає басейн Південного Бугу як один із найвищих показників розораності в Україні (понад 60–70 % у деяких

районах). Це призводить до інтенсивного змиву ґрунтів (твердий стік), що несе у воду азот, фосфор та пестициди. Відтак, науковець виокремив «дифузне забруднення» (змив з полів), яке є навіть більш небезпечним, ніж точкові скиди заводів, оскільки його важко контролювати. Це, в свою чергу, викликає евтрофікацію річки. На думку Н. М. Самойленко [4], існуючі методи очищення стічних вод на комунальних підприємствах (водоканалах) є застарілими й не можуть впоратися із сучасним «коктейлем» забруднювачів (поверхнево-активні речовини, фармацевтичні залишки, фосфати з пральних порошків).

Аналіз публікацій провідних українських вчених засвідчує, що екосистема Південного Бугу зазнала незворотних змін, трансформувавшись із природного водного об'єкта у складний природно-господарський комплекс. Домінуючим фактором впливу є нерівномірне та надмірне антропогенне навантаження. Науковці (Г. Денисик, Ю. Яцентюк) погоджуються, що головною загрозою є втрата річкою здатності до самоочищення через фізичну зміну русла та знищення буферних зон (заплав). Водночас гідрохімічні дослідження (Н. Самойленко) вказують на те, що наявні технологічні рішення щодо водоочищення не відповідають сучасному складу забруднювачів, що на тлі кліматичних змін веде до деградації якості водних ресурсів.

На основі систематизації даних проаналізованих публікацій можна виділити 4 ключові проблеми, які потребують вирішення:

1. Морфологічна деградація та зарегульованість стоку.
2. Дифузне агрохімічне забруднення.
3. Технологічна невідповідність систем водовідведення.
4. Гідролого-кліматичний дисбаланс (зростання мінералізації води).

Методика досліджень. В Україні методологічна база досліджень річкових екосистем переживає етап трансформації, інтегруючи традиційні польові та лабораторні методи з новітніми цифровими інструментами. Ключовим вектором розвитку стало впровадження геоінформаційних систем (ГІС) у практику моніторингу та басейнового управління. Цей процес забезпечує перехід до інтегрованого управління водними ресурсами, що повністю узгоджується з вимогами Водної рамкової директиви ЄС (ВРД ЄС) [5]. Така синергія дозволяє об'єднувати просторові бази даних, результати гідрологічних вишукувань та математичне моделювання для комплексної оцінки екологічного стану масивів поверхневих вод.

Сучасний інструментарій гідрологічних досліджень в Україні базується на мультидисциплінарному підході:

1. Гідроморфологічні та гідравлічні дослідження. Для моделювання руслових процесів і оцінки стійкості річища дедалі частіше застосовуються не лише класичні проміри, а й автоматизовані гідрометричні комплекси (зокрема, акустичні доплерівські профілографи), що дозволяє з високою точністю визначати витрати води та швидкісну структуру потоку. Ці дані є критично важливими для прогнозування паводкових ситуацій та моделювання зон затоплення [6].

2. Моніторинг якості води. Система спостережень еволюціонує від дискретних відборів проб до використання автоматизованих станцій моніторингу. Останні забезпечують передачу даних у режимі реального часу (online) за такими параметрами, як водневий показник (pH), розчинений кисень, температура та електропровідність. Лабораторний контроль значно розширено: окрім стандартних гідрохімічних показників, сучасні протоколи включають скринінг пріоритетних небезпечних речовин – важких металів, специфічних пестицидів, фармацевтичних сполук та мікропластику [7].

3. Біоіндикація. Особлива увага приділяється біологічним методам оцінки екологічного статусу, які базуються на аналізі видового складу біоіндикаторів – макрозообентосу, іхтіофауни та фітопланктону. Саме біота дає змогу оцінити довготривалий вплив забруднення та визначити «здоров'я» екосистеми [8].

Окремим напрямом, що набуває значного поширення, є використання методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та геопросторового аналізу. Супутниковий моніторинг (зокрема, дані Sentinel, Landsat) дозволяє відстежувати площинні зміни водного дзеркала, фіксувати евтрофікацію («цвітіння» води) та температурні аномалії. Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) забезпечує детальну візуалізацію руслових деформацій та створення високоточних ортофотопланів [9].

Важливим компонентом сучасної системи управління стає громадський моніторинг (citizen science). Залучення місцевих громад до фіксації екологічних правопорушень та змін у стані річки, у поєднанні з відкритим обміном даними між науковими установами, держорганами та громадськістю, формує прозоре інформаційне середовище для прийняття ефективних управлінських рішень [10].

Результати досліджень. З метою оцінки рівня антропогенної трансформації річкових екосистем було проведено комплексний аналіз стану басейну річки Південний Буг у межах Вінницької області. Дослідження охоплюють період 2019–2021 рр. [11]. В основу методології польових вишукувань покладено басейновий підхід, а безпосереднім об'єктом вивчення стали ліві притоки головної річки. Перелік отриманих результатів досліджень наведено у таблиці 1, сформовану автором. Жирним шрифтом виділені перевищення показників відповідно до нормативів якості вод [12].

Відбір проб води проводили у ключових гідрологічних створах (витік, гирло), а також у зонах безпосереднього впливу агропромислових комплексів на різних ділянках течії. Локалізацію пунктів моніторингу обґрунтовано з урахуванням базису ерозії, оскільки саме у пригирлових ділянках при впадінні у Південний Буг спостерігається кумулятивний ефект накопичення забруднювальних речовин. Дослідження сезонної динаміки якісних показників виконано у відповідності до вимог методики моніторингу поверхневих вод [13].

На основі даних таблиці можна констатувати, що екологічний стан річки Південний Буг у досліджуваних створах є незадовільним, особливо з точки зору рибогосподарського використання. Перевищення показника $БСК_5$ в межах рибогосподарської норми зафіксовано у 100 % пунктів. Максимальні значення у 3 рази вище норми. Це свідчить про значне забруднення води органічними речовинами, які окислюються, забираючи кисень у риби.

Концентрація нітритів є досить небезпечним показником. Норматив для рибного господарства перевищено в усіх точках (крім т. 3). Наявність високих концентрацій нітритів свідчить про «свіже» фекальне забруднення (скиди комунальних стоків) або активний змив азотних добрив. Важкі метали свідчать про постійно зростаюче забруднення.

Зростання вмісту загального заліза, а саме рибогосподарської норми, спостерігається в усіх точках. Також майже всюди є незначні перевищення норми для питної води.

Марганець сягає перевищень рибогосподарської ГДК, що зафіксовано у 9 з 10 точок. У т. 4 та т. 7 показник перевищує норму в 11 разів. Це робить воду токсичною для ікри риб та мікроорганізмів.

Таблиця 1

Результати лабораторного аналізу відібраних проб в межах басейну річки Південний Буг

Показник	Пункти спостережень										Нормативи якості вод		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Вода питна	Води культурно-побутового та рекреаційного призначення	Води рибогосподарського призначення
БСК$_5$, мг O_2/дм^3	**5,6**	**6,1**	**3,1**	**4,3**	**3,5**	**3,5**	**4,9**	**4,3**	**6,2**	**4,3**	<4	≤ 6 (при t=20)	2
Водневий показник, pH	7,49	7,53	7,6	7,66	7,6	6,54	7,6	7,42	7,2	7,6	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5
Жорсткість, мг-екв/дм^3	4,15	4,7	3,8	6,29	6,9	6,23	6,75	6,2	5,6	5,1	7	7	7
Загальна мінералізація, мг/дм^3	310,3	306	411	440	439	606,3	355	311	338	602	1000	1000	1000
Запах, бали (*t* 20; 60)	**3; 4**	**2; 3**	1;2	1;2	0;1	2;2	1; **3**	2; **4**	1;1	2; **3**	2	2	2
Залізо, мг/дм^3	**0,21**	**0,29**	**0,23**	**0,27**	**0,32**	**0,27**	**0,28**	**0,24**	**0,21**	**0,32**	0,2	0,3	0,1
Каламутність, мг/дм^3	**3,2**	**1,4**	0,8	**2,2**	**5,2**	0,8	**1,5**	0,8	**3,4**	**3,15**	≤1	≤1	≤1
Колірність, градуси	8	**25**	17	**32**	**22**	6	**23**	7	**25**	20	≤20	≤20	≤20
Мідь, мг/дм^3	0,05	0,08	0,06	0,06	0,015	0,08	0,09	0,07	0,002	0,013	1	1	1
Марганець, мг/дм^3	**0,041**	**0,091**	**0,03**	**0,11**	0,01	**0,09**	**0,11**	**0,09**	**0,04**	**0,08**	0,1	–	0,01
Азот нітратний, мг/дм^3	2,65	1,44	1,38	0,84	1,51	0,81	1,89	**17,5**	0,96	4,28	50	45	9
Азот нітритний, мг/дм^3	**0,47**	**0,23**	0,01	**0,26**	**0,38**	**0,2**	**0,66**	**0,45**	**0,1**	**0,92**	≤0,5	3,3	0,02
Сульфати, мг/дм^3	29,7	38,1	47,2	46	50,3	60,1	59,3	47,2	38,5	103,7	250	500	100
Фосфор, мг/дм^3	0,048	0,45	0,13	0,39	0,2	2,05	2,45	2,46	0,83	2,16	3,5	3,5	–
Хлориди, мг/дм^3	36,8	38,1	31,7	51,3	45,2	47,3	38,3	50,8	36,1	73,5	250	200	300

За органолептичними показниками у точках 1, 8 та 10 фіксується інтенсивність запаху 3–4 бали при нормі 2. Це прямий наслідок розкладання органіки (високе $БСК_5$, рис. 1). Кольоровість у т. 4 досягає 32 градусів (при нормі 20), що може бути пов'язано з гуміновими речовинами або змивом ґрунту.

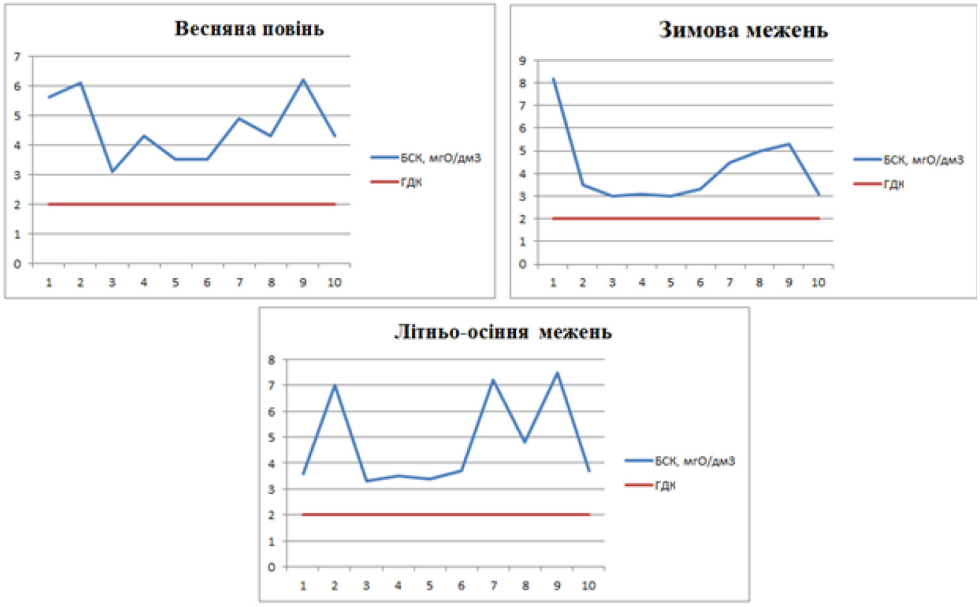


Рис. 1. Результати сезонних вимірювань показника $БСК_5$ у порівнянні з рибогосподарським нормативом

Аналіз результатів моніторингу засвідчує суттєве антропогенне навантаження на екосистему річки, що виражається у стабільному перевищенні нормативів біохімічного споживання кисню за рибогосподарськими критеріями. Відповідно до наданих даних, норматив для водойм рибогосподарського призначення встановлено на рівні 2 мг O_2/дм^3.

Результати вимірювань у десяти пунктах спостереження демонструють перевищення цієї норми у декілька разів. Найвищий рівень забруднення зафіксовано у пункті № 9, де показник становить 6,2 мг O_2/дм^3, та у пункті № 2 з показником 6,1 мг O_2/дм^3, що відповідає перевищенню нормативу в 3,1 раза. Навіть найнижчі показники, зафіксовані у пункті № 3 на рівні 3,1 мг O_2/дм^3 та у пунктах № 5 і № 6 на рівні 3,5 мг O_2/дм^3, перевищують допустиму межу в 1,5–1,7 раза. Середнє значення по всіх точках становить понад 4,5 мг O_2/дм^3, що більше ніж удвічі перевищує рибогосподарську норму.

Показник $БСК_5$ відображає кількість кисню, необхідну для окиснення органічних речовин мікроорганізмами, і його підвищення є критичним фактором для водних біоресурсів, оскільки призводить до дефіциту розчиненого кисню та створює умови для замору риби. Висока концентрація органіки також негативно впливає на репродуктивну функцію риб, часто спричиняючи деградацію нерестовищ, а показники вище 4–5 мг O_2/дм^3, які спостерігаються у більшості пунктів, сприяють зміні видового складу на користь малоцінних видів.

При порівнянні з іншими нормативами помітно, що рибогосподарські вимоги є найжорсткішими: для питного водопостачання норма становить менше 4 мг O_2/дм^3, проте навіть цей поріг перевищено у 7 з 10 пунктів. Для культурно-побутових потреб допускається до 6 мг O_2/дм^3, і хоча більшість точок формально вкладаються в цю межу, пункти № 2 та № 9 перевищують навіть її. Отримані дані підтверджують незадовільний екологічний стан досліджуваних ділянок, де перевищення $БСК_5$ у 1,5–3 рази вказує на прогресуюче евтрофування водойми, що робить відновлення рибогосподарського потенціалу малоймовірним без модернізації очисних споруд.

Проведений аналіз виявив критичну невідповідність якості вод річки Південний Буг рибогосподарським нормативам, насамперед за вмістом нітритів та органічних речовин. Для вирішення проблеми пропонується впровадження технологій глибокого видалення азоту (нітри-денітрифікація) на комунальних очисних спорудах та застосування фітотехнологій (штучні біоплато) для мінімізації впливу аграрного сектору на гідрохімічний склад річки.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Узагальнення отриманих результатів гідрохімічного моніторингу засвідчує, що сучасний стан басейну річки Південний Буг зазнає критичного антропогенного навантаження. Емпіричні дані підтверджують нагальну необхідність фундаментальної трансформації існуючої системи управління водними ресурсами. Пріоритетом має стати перехід від точкового реагування на аварійні забруднення до превентивної стратегії, що базується на контролі джерел емісії, оптимізації водоохоронних заходів та впровадженні адаптивних сценаріїв в умовах кліматичних змін.

Для мінімізації негативного впливу та покращення екологічного статусу водних об'єктів пропонується комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на вирішення чотирьох ключових проблем:

1. Вирішення проблеми морфологічної деградації та зарегульованості стоку. Пріоритетним є впровадження заходів з ренатуралізації малих річок та відновлення їх природного гідрологічного режиму. Це передбачає розчистку замулених джерел, демонтаж застарілих гідротехнічних споруд, що не виконують господарських функцій, та відновлення природних заплав, які слугують природним буфером для акумуляції надлишкового стоку та самоочищення річки.

2. Нівелювання дифузного агрохімічного забруднення. Для захисту від змиву біогенних речовин (азоту, фосфору) та залишків агрохімікатів необхідне створення суцільних прибережних захисних смуг із залуженням та залісненням. Ефективним інженерно-біологічним рішенням є облаштування штучних водно-болотних угідь (біоплато) у гирлах дренажних систем та малих приток, що дозволить перехоплювати та біологічно трансформувати забруднювачі до їх потрапляння у головне русло.

3. Подолання технологічної невідповідності систем водовідведення. Враховуючи критичні показники забруднення нітритами та органічними речовинами, модернізація очисних споруд повинна базуватися на впровадженні стадій глибокого біологічного очищення (нітри-денітрифікації) та доочищення. Перспективним є застосування сучасних мембранних технологій фільтрації, що забезпечить відповідність скидів жорстким рибогосподарським нормативам.

4. Адаптація до гідролого-кліматичного дисбалансу. Зростання мінералізації води на фоні кліматичного маловоддя вимагає перегляду лімітів водозабору та впровадження систем оборотного водопостачання на промислових об'єктах. Стратегія має включати математичне моделювання водного балансу для оперативного

регулювання попусків води, що дозволить підтримувати екологічні витрати річки навіть у посушливі періоди.

Подальші наукові розвідки доцільно зосередити на деталізації шляхів міграції специфічних забруднювачів, їх розповсюдження у водному середовищі. Оцінка кумулятивного впливу цих речовин на річкові екосистеми, у поєднанні з розширеним моніторингом та транскордонною співпрацею за басейновим принципом, стане підґрунтям для розробки ефективних управлінських рішень європейського зразка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лаврик О. Д. Водні антропогенні ландшафти заплави Південного Бугу: сучасний стан та використання. *Стале природокористування: підходи, проблеми, перспектива* : матеріали ІІІ міжнар. наук. конф., 27–28 трав. 2010 р. Тернопіль : Підручники і посібники, 2010. С. 53–55.

2. Денисик Г. І., Лаврик О. Д. Сучасні антропогенні ландшафти річища Південного Бугу. *Український географічний журнал*. № 3. 2011. С. 33–37.

3. Яцентюк Ю. В. Сучасна ландшафтно-технічна структура території міста Вінниці. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. № 24. 2021. С. 8–19. DOI: https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-01

4. Самойленко Н. М., Райко Д. В., Аверченко В. І. Організація та управління в природоохоронній діяльності : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», Видавництво «Лідер», 2018. 174 с.

5. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с.

6. Ліхо О. А. Обґрунтування моніторингу антропогенних змін в басейнах малих річок : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. с.-г. наук : 06.01.02. Київ, 1998. 17 с.

7. Залізняк Я. І. Головні проблеми трансформації геосистем річок у Вінницькій області внаслідок антропогенного впливу. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія*. Вип. 31, № 3–4. 2019. С. 52–61.

8. Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Крайнюкова А. М. Використання методик біотестування для оцінювання екологічного стану поверхневих вод. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. Вип. 23. 2021. С. 103–116.

9. Ковальчук І. П., Швець О., Андрейчук Ю. Картографічне моделювання гідроекологічних проблем річково-басейнових систем. *Сучасні досягнення геодезичної науки : зб. наук. праць Західного геодезичного товариства УТГК*. Вип. 1 (23). 2012. С. 220–226.

10. Концепція діяльності мережі українських неурядових екологічних організацій зі збереження та відновлення річок. URL: http://www.uarivers.net

11. Залізняк Я. І. Оцінка якості вод за інтегральним показником забруднення у річках басейну Південного Бугу в межах Вінницької області. *Український гідрометеорологічний журнал*. № 28. 2021. С. 37–48. DOI: 10.31481/uhmj.28.2021.04

12. Залізняк Я. І. Дослідження стану басейну річки Південний Буг за допомогою геоекологічних методів. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Вип. 34. 2020. С. 31–40. DOI: https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-03.

13. Курлова З., Слободянюк Т., Руда В. Методика комплексних польових географічних досліджень (відділення наук про Землю) : навч.-метод. видання. Київ, 2018. 36 с.

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 630.232:582.632.2(477.41)
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.48

БІОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАСІННЄВОГО РОЗМНОЖЕННЯ *CATALPA BIGNONIOIDES* WALT. В УМОВАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

Іванюк Т. М. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0001-6171-4064
Буднік І. П. *– к.с.-г.н., викладач,*
Малинський фаховий коледж
orcid.org/0000-0003-3947-8274
Климчук О. О. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0002-4429-6072
Піціль А. О. *– к.с.-г.н., доцент,*
доцент кафедри екології,
Поліський національний університет
orcid.org/0000-0002-0962-574X

У статті висвітлено результати дослідження біоекологічних особливостей насіннєвого розмноження Catalpa bignonioides Walt. в умовах Житомирського Полісся з урахуванням потреб міського озеленення та діяльності лісових розсадників регіону. Основна увага приділена впливу глибини посіву та передпосівної обробки насіння розчином янтарної (бурштинової) кислоти на показники схожості, енергії проростання та біометричні характеристики сіянців у перший рік вегетації. Експериментальні спостереження проведено за двофакторною схемою у відкритому ґрунті та в умовах закритого ґрунту за різних глибин загортання насіння: 0,5; 1,0 та 2,0 см.

Результати дослідження показали, що умови відкритого ґрунту сповільнюють проростання та знижують загальну схожість насіння, при цьому максимальні показники (65 %) спостерігалися за глибини 1–2 см. У закритому субстраті масові сходи формувалися інтенсивніше на 12–14 добу, а ґрунтова схожість перевищувала 90 %, що підкреслює значення контрольованого мікроклімату, стабільної вологості та температурного режиму на ранніх етапах розвитку сіянців. Передпосівна обробка янтарною кислотою підвищувала схожість на 7–10 % та скорочувала строки появи сходів на 2–3 доби, що підтверджує ефективність застосування стимулятора росту у насіннєвому розмноженні. У перший рік вегетації сіянці досягали середньої висоти 55 см та діаметру кореневої шийки 12 мм, приживлюваність перевищувала 85 %.

Отримані дані підтверджують доцільність використання Catalpa bignonioides у лісовому та садово-парковому господарстві для вирощування якісного садивного матеріалу в лісових розсадниках, формування декоративних насаджень, а також озеленення урбанізованих і рекреаційних територій Полісся. Використання результатів дослідження сприятиме оптимізації технології насіннєвого розмноження Catalpa bignonioides, підвищенню ефективності лісорозсадницької діяльності та забезпеченню стійкості декоративних насаджень у північних регіонах України.

Ключові слова: *Catalpa bignonioides, насіннєве розмноження, лісові розсадники, сіянці, стимулятори росту, адаптація декоративні насадження.*

© Іванюк Т. М., Буднік І. П., Климчук О. О., Піціль А. О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Ivaniuk T. M., Budnik I. P., Klymchuk O. O., Pitsil A. O. Bioecological Features of Seed Propagation of Catalpa bignonioides Walt. in the Conditions of the Zhytomyr Polissya

This article presents the findings of a study investigating the bioecological characteristics of the seed propagation of Catalpa bignonioides Walt. under the conditions of the Zhytomyr Polissya region, with consideration for the requirements for urban greening and the operations of local forest nurseries. The primary focus of this study is to examine the impact of sowing depth and the pre-sowing treatment of seeds with a succinic acid solution on various parameters. These include germination rates, germination energy, and the biometric characteristics of seedlings during the first year of growth. The experimental observations were conducted using a two-factor design in both open and closed ground conditions at various planting depths: 0.5, 1.0, and 2.0 cm.

The findings of the study demonstrated that open soil conditions resulted in a retardation of germination and a reduction in the overall germination rate of seeds, with maximum rates (65 %) being observed at a depth of 1–2 cm. In conditions of closed substrate, mass germination was observed to be more intense on days 12–14, with soil germination exceeding 90 %. This finding underscores the significance of a controlled microclimate, stable humidity and temperature conditions in the early stages of seedling development. The application of succinic acid prior to sowing resulted in a 7–10 % increase in germination and a 2–3 day reduction in the time to emergence. These findings substantiate the efficacy of the growth stimulator in promoting seed propagation. In the initial year of vegetation, seedlings attained an average height of 55 centimetres and exhibited a root collar diameter of 12 millimetres, with a survival rate that exceeded 85 %.

The data obtained confirm the feasibility of using Catalpa bignonioides in forestry and landscaping for growing high-quality planting material in forest nurseries, forming decorative plantings, as well as greening urbanised and recreational areas of Polissya. The utilisation of the research outcomes is poised to enhance the efficacy of Catalpa bignonioides seed propagation technology, augment the efficiency of forest nursery operations, and ensure the sustainability of ornamental plantings in the northern regions of Ukraine.

Key words: *Catalpa bignonioides, seed propagation, forest nurseries, seedlings, growth stimulants, adaptation, ornamental plantings.*

Актуальність теми дослідження. Розширення асортименту декоративних деревних порід у системі озеленення та лісопаркових насаджень Полісся є актуальним напрямом розвитку лісового та садово-паркового господарства. Значущість цього напряму обумовлена необхідністю поєднання естетичних функцій зелених насаджень із їх екологічною роллю, зокрема у стабілізації мікроклімату, зниженні запиленості повітря, акумуляції аерополютантів і підвищенні стійкості антропогенно трансформованих ландшафтів. У цьому контексті особливої уваги потребують деревні види, здатні зберігати високі декоративні якості та життєздатність за дії комплексу несприятливих абіотичних і техногенних чинників, характерних для регіону Полісся.

Серед перспективних декоративних деревних порід науковий і практичний інтерес становить *Catalpa bignonioides* Walt., яка поєднує інтенсивний ріст у молодому віці, високі декоративні якості в період цвітіння та відносну толерантність до забруднення атмосферного повітря і ґрунтів [2, 5, 8]. Результати сучасних досліджень свідчать, що цей вид може ефективно використовуватися в структурі зелених насаджень різного функціонального призначення, а також у системі лісопаркових насаджень з підвищеним антропогенним навантаженням, виконуючи при цьому важливі санітарно-гігієнічні та естетичні функції.

Для умов Житомирського Полісся актуальність дослідження *C. bignonioides* зумовлена не лише її декоративною та екологічною цінністю, а й необхідністю наукового обґрунтування технологій відтворення виду в умовах помірно-континентального клімату. Насіннєве розмноження є ключовим етапом у вирощуванні якісного садивного матеріалу для лісових і декоративних розсадників та забезпеченні стабільного росту насаджень, особливо в початкові роки розвитку.

Ефективність насіннєвого розмноження, що визначається якістю насіння, строками його заготівлі та технологічними параметрами висіву, створює передумови для формування біологічно стійких і добре адаптованих до місцевих ґрунтово-кліматичних умов рослин [1, 3, 4, 7].

Постановка проблеми. Незважаючи на значний обсяг наукових публікацій, присвячених морфологічним, фізіолого-біохімічним та декоративним особливостям представників роду *Catalpa*, більшість досліджень зосереджена на умовах південних і центральних регіонів України або на оптимізації вегетативного розмноження шляхом застосування регуляторів росту [4–6, 9, 10]. Водночас питання насіннєвого розмноження *C. bignonioides* у північніших умовах, зокрема в Житомирському Поліссі, залишаються недостатньо вивченими, що обмежує широке вирощування садивного матеріалу цього виду в регіональних розсадниках.

Існуючі дані свідчать про значну варіабельність зимостійкості та приживлюваності сіянців залежно від походження насіння, строків заготівлі, умов зберігання, глибини висіву та передпосівної обробки стимуляторами росту. У регіонах із підвищеним ризиком пошкодження заморозками однорічних пагонів і верхівкових бруньок ефективність насіннєвого розмноження визначає можливості широкого використання *C. bignonioides* в озелененні вулиць, прибудинкових територій і лісопаркових насаджень. Спостереження в умовах Житомирського Полісся та результати сучасних досліджень підтверджують наявність пошкоджень молодих рослин у ранньому віці, що обмежує рівномірний ріст сіянців і розвиток декоративних насаджень [8].

Одночасно зростає потреба у введенні деревних видів, які поєднують високі декоративні якості з ефективністю пилопоглинання, толерантністю до забруднення повітря та участю у фіторемедіаційних процесах [2, 8]. У цьому контексті *C. bignonioides* розглядають як перспективний компонент стійких міських і лісопаркових насаджень в умовах кліматичних змін, проте практичні рекомендації щодо масового насіннєвого розмноження та вирощування садивного матеріалу в розсадниках Полісся залишаються фрагментарними.

Таким чином, на сьогодні недостатньо дослідженими є питання оптимізації технології насіннєвого розмноження *C. bignonioides* в умовах Житомирського Полісся, зокрема щодо ґрунтової та лабораторної схожості насіння, строків появи сходів, зимостійкості молодих сіянців та перспектив використання виду як декоративного і екологічно доцільного компонента озеленення. Це зумовлює необхідність комплексного вивчення біоекологічних особливостей насіннєвого розмноження *C. bignonioides* з метою наукового обґрунтування її інтродукції в систему озеленення населених пунктів і практики вирощування садивного матеріалу в розсадниках Житомирського Полісся.

Методика досліджень. Дослідження проводили у 2023–2024 рр. на території Ботанічного саду Поліського національного університету імені Героїв-десантників. Об’єктом дослідження був декоративний деревний вид *C. bignonioides*. Насіння місцевої репродукції збирали у жовтні 2023 р. зі зрілих плодів колекційних дерев та після повітряно-сухого висушування зберігали при +6…+8 °С до посіву.

Частину насіння обробляли замочуванням у розчині янтарної кислоти (2 г/л) протягом 48 годин [7]. Експеримент закладали за схемою двофакторного досліду з вирощуванням сіянців у відкритому ґрунті (супіщаний підзолистий, pH 6,5–6,8) та в закритому субстраті (торф:річковий пісок 1:2). Насіння висівали на глибину 0,5, 1,0 та 2,0 см у другій декаді квітня 2023 р., за середньодобової температури

> +10 °С. Вегетаційний період характеризувався температурою +14…+27 °С та рівномірним розподілом опадів.

Спостереження включали облік строків появи сходів із інтервалом 2–3 доби, визначення ґрунтової схожості (у % від загальної кількості насіння), вимірювання біометричних показників сіянців (висота, діаметр кореневої шийки, стан пагонів) та оцінку стану після зимового періоду.

Результати досліджень. У природно-кліматичних умовах Житомирського Полісся достигання плодів *C. bignonioides* відбувалося у вересні-жовтні. Розкривання коробочок і масовий виліт насіння спостерігали наприкінці зими – на початку весни. Насіння зберігалося у сухому стані протягом 5–6 місяців при +6…+8 °С без помітної втрати посівних якостей. Лабораторна схожість становила 96 %, що свідчить про високий рівень життєздатності місцевого насіннєвого матеріалу та підтверджує адаптаційний потенціал інтродуцентів [1, 2, 7].

У відкритому ґрунті (супіщаний підзолистий) динаміка проростання насіння була відносно повільною. Сходи з'являлися через 19–24 доби після висіву, залежно від глибини загортання (рис. 1). Найвищі показники ґрунтової схожості спостерігали за глибини 1,0–2,0 см. Передпосівна обробка насіння янтарною кислотою (2 г/л, 48 год) підвищувала схожість на 6–7 % та скорочувала строки появи сходів на 2–3 доби. Максимальна ґрунтова схожість у відкритому ґрунті становила 65 % при загортанні на 1,0 см зі стимулятором росту. Поверхневий посів (0,5 см) характеризувався найнижчими показниками схожості через нестабільну вологість верхнього шару ґрунту. Збільшення глибини посіву понад 2,0 см затримувало появу сходів і знижувало енергію проростання. В цілому умови відкритого ґрунту обмежували початкові етапи онтогенезу, що спричинило нижчу схожість порівняно із закритим ґрунтом [9].

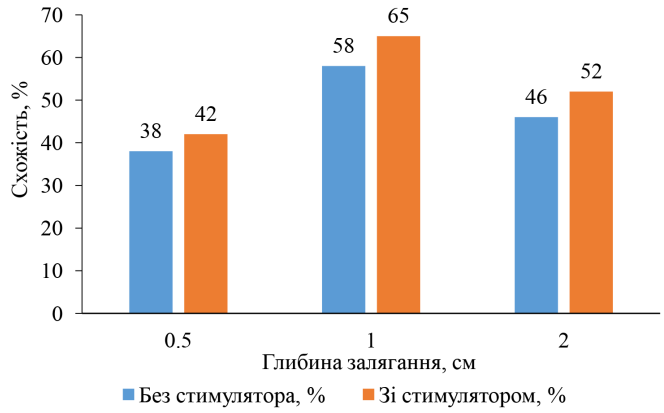


Рис. 1. Ґрунтова схожість насіння C. bignonioides залежно від глибини посіву

У закритому ґрунті (субстрат торф + пісок 1:2) проростання насіння відбувалося значно швидше (рис. 2). Масові сходи з'являлися на 12–14 добу після висіву, на 8–10 діб раніше, ніж у відкритому ґрунті. Передпосівна стимуляція янтарною кислотою збільшувала ґрунтову схожість у середньому на 9–10 %. Загальний рівень схожості в закритому ґрунті перевищував 90 %, що свідчить про високу ефективність контрольованого мікроклімату для проростання насіння *C. bignonioides*. Стабільна температура та оптимальна вологість субстрату мінімізували вплив абіотичних стресів на ранніх етапах розвитку рослин.

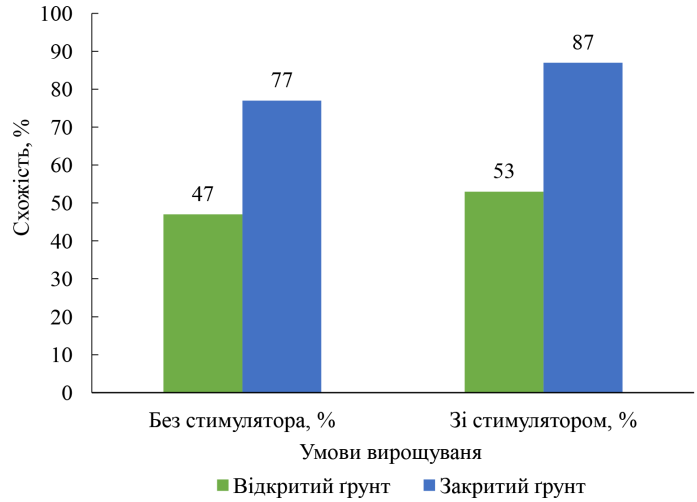


Рис. 2. Вплив умов вирощування та передпосівної стимуляції на ґрунтову схожість насіння C. bignonioides

На кінець другого вегетаційного року середня висота однорічних сіянців становила 55 см, середній діаметр кореневої шийки – 12 мм, окремі екземпляри досягали 90 см (рис. 3). Весняні заморозки пошкодили верхівкові пагони частини рослин, проте у більшості випадків відновлювався ріст за рахунок бічних бруньок, що свідчить про високу регенераційну здатність виду в умовах Полісся.

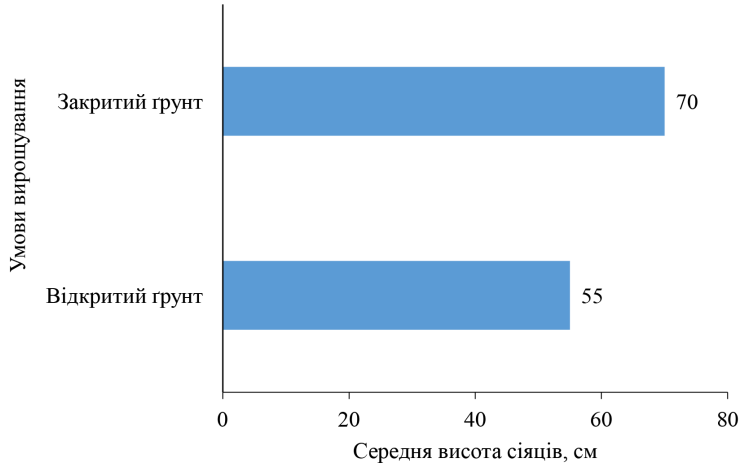


Рис. 3. Середня висота однорічних сіянців C. bignonioides залежно від умов вирощування

Сіянці, вирощені у закритому ґрунті, у середньому перевищували за висотою рослини відкритого ґрунту на 20–25 %, що пояснюється стабільною вологістю субстрату, відсутністю різких температурних коливань та більшою доступністю поживних речовин [6, 7, 9]. Загалом умови Житомирського Полісся, попри нижчу середньорічну температуру порівняно з Лісостепом, не обмежують можливості

вирощування *C. bignonioides* за дотримання оптимальних параметрів насіннєвого розмноження та догляду. Водночас приживлюваність сіянців дещо знижена через вплив весняних заморозків.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведені дослідження підтвердили високу життєздатність насіння *C. bignonioides* місцевої репродукції в умовах Житомирського Полісся, збереження його схожості протягом 5–6 місяців за температури +6…+8 °С, а також високі показники лабораторної схожості (96 %). Отримані результати свідчать про значний адаптаційний потенціал виду до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Обґрунтовано доцільність використання місцевого насіннєвого матеріалу у діяльності лісових і декоративних розсадників регіону для вирощування якісних сіянців, адаптованих до умов Полісся.

Встановлено, що оптимальна глибина висіву насіння становить 1–2 см у відкритому ґрунті та 0,5 см у закритому грунті, що забезпечує рівень ґрунтової схожості до 92 %. Передпосівна обробка насіння розчином янтарної кислоти (2 г/л, експозиція 48 год) сприяє підвищенню схожості на 7–10 % та скороченню строків появи сходів на 2–3 доби. Сіянці характеризуються інтенсивним ростом: середня висота – 55 см, максимальна – 90 см, діаметр кореневої шийки – до 12 мм. Приживлюваність сіянців після зимівлі перевищує 85–90 %. Вирощування в умовах закритого ґрунту забезпечує стабільніші параметри вологості та температури, що сприяє дружнім сходам та рівномірному росту сіянців.

C. bignonioides демонструє високу біоекологічну пластичність та адаптаційний потенціал, що дозволяє рекомендувати вид для вирощування садивного матеріалу в лісових і декоративних розсадниках Полісся, використання в озелененні урбанізованих територій та створенні стійких міських і лісопаркових насаджень у північних регіонах України.

Перспективи подальших досліджень пов’язані з поглибленим вивченням процесів акліматизації *C. bignonioides* в умовах північних регіонів України, оцінкою морозостійкості сіянців у роки з різними погодними умовами, дослідженням впливу типу субстратів і стимуляторів росту на формування кореневої системи, а також аналізом фізіолого-біохімічних показників як індикаторів стійкості виду до урбогенного та кліматичного стресу. Отримані результати дозволять удосконалити технологію насіннєвого розмноження та забезпечити виробництво високоякісного садивного матеріалу для лісового та садово-паркового господарства Полісся.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Андреєва О. Ю., Іванюк Т. М., Буднік І. П., Швець М. В., Климчук О. О. Генетико-селекційні підходи до насіннєвого відновлення *Catalpa bignonioides* Walt. у Житомирському Поліссі. *Екологічні науки*. 2025. № 1(58). С. 283–287. DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.1-58.45

2. Булат А. Г. Порівняння морфометричних показників рослин *Catalpa bignonioides* Walt. за різних умов урбогенного навантаження. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2024. № 105(1). С. 73–83. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-73-83

3. Булат А., Ріяко Н. Особливості насіннєвого розмноження *Catalpa bignonioides* Walt. *Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 21 березня 2024р. Ломжа : MANS, 2024. Ч. 1. С. 78–85.

4. Кульбіцький В. Л. Насіннєве розмноження *Catalpa speciosa* Ward. EX Engelm., *C. bignonioides* Walt., *C. ovata* Don. в умовах культури у Правобережному Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2005. Т. 15, № 1. С. 49–53.

5. Кульбіцький В. Л., Шлапак В. П. Біологічні особливості видів роду *Catalpa* Scop. та використання їх в зеленому будівництві Правобережного Лісостепу України. Міжнародна науково-практична конференція *Досягнення та проблеми інтродукції рослин в степовій зоні України*. Херсон: ТОВ «Айлант», 2006. С. 30–31.

6. Кульбіцький В. Л. Оцінка успішності інтродукції катальпи в умовах культури Правобережного Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2006. Вип. 16.3. Львів : УкрДЛТУ, 2006. С. 21–25.

7. Кухарська О. М. Особливості насіннєвого розмноження *Catalpa speciosa* Ward., *C. bignonioides* Walt., *C. hybrida* Späth в умовах культури міста Києва. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. № 152, ч. 2. С. 392–397.

8. Леппік М. В., Бессонова В. П. Ріст пагонів та пошкодження листків *Catalpa bignonioides* Walt. в умовах техногенного навантаження. *Інтродукція рослин*. 2008. № 1. С. 71–76.

9. Poșta D. S., Rózsa S., Gocan T. M. Studies on the stimulation of *Catalpa bignonioides* Walt. seed germination. *Current Trends in Natural Sciences*. 2021. Vol. 10, no. 20. P. 172–178. DOI: https://doi.org/10.47068/ctns.2021.v10i20.023

10. Quan, J.; Ni, R.; Wang, Y.; Sun, J.; Ma, M.; Bi, H. Effects of Different Growth Regulators on the Rooting of *Catalpa bignonioides* Softwood Cuttings. *Life*. 2022, 12, 1231. DOI: https://doi.org/10.3390/life12081231

Дата першого надходження статті до видання: 28.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

UDC 004.94: 504.38: 631.95
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.49

A COMPUTATIONAL FRAMEWORK FOR FARM-LEVEL GREENHOUSE GAS EMISSION ESTIMATION TO ENSURE CLIMATE-RESILIENT ENVIRONMENTALLY FRIENDLY AGRICULTURE

Lykhovyd P. V. *– Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher,*
Leading Research Officer at the Department of Irrigated Agriculture and Decarbonization of Agroecosystems,
Institute of Climate-Smart Agriculture of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
orcid.org/0000-0002-0314-7644
Hranovska L. M. *– Doctor of Economic Sciences, Professor,*
Corresponding Member of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Head of the Department of Irrigated Agriculture and Decarbonization of Agroecosystems,
Institute of Climate-Smart Agriculture of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
orcid.org/0000-0001-7021-3093
Chaban V. O. *– Doctor of Agricultural Sciences,*
Professor at the Department of Life Safety, Professional and Applied Physical Training,
Kherson State Maritime Academy
orcid.org/0000-0003-0900-2128
Maksymov D. O. *– Candidate of Agricultural Sciences,*
Research Officer at the Department of Irrigated Agriculture and Decarbonization of Agroecosystems,
Institute of Climate-Smart Agriculture of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
orcid.org/0009-0001-7461-6321

As the agricultural sector contributes approximately 20 % of global greenhouse gas (GHG) emissions from anthropogenic activities, there is an urgent need for accessible, scientifically validated, and at the same time user-friendly tools to quantify farm-level carbon footprints. This paper presents a lightweight computational framework – Farm Carbon Footprint Estimator – developed in pure C programming language, designed to estimate CO_2*-equivalent* (CO_{2e}) *emissions across multi-crop and livestock farming agricultural systems. By integrating emission factors from the IPCC 2019 Refinement and the FAO EX-ACT tools, the developed compact application provides a high-fidelity assessment of emissions originating from fertilizer application, fuel combustion, enteric fermentation, irrigation usage and pesticide application. The application logic for carbon footprint estimation is built based on the latest international recommendations and guidelines regarding* CO_2 *emission equivalents for different agricultural materials and activities. The application supports emission estimation for 10 major crops and such agrotechnological inputs as NPK fertilizers, manure, diesel fuel consumption, irrigation water usage, 8 common pesticides related emissions, as well as emissions connected with livestock methane for cattle, swine and poultry. Unlike cloud-dependent solutions, this offline-capable framework ensures data sovereignty and accessibility for farmers in regions with limited digital infrastructure. Furthermore, Farm Carbon Footprint Estimator is extremely lightweight, requires no installation and operates in the command line interface (CLI) mode on any personal*

© Lykhovyd P. V., Hranovska L. M., Chaban V. O., Maksymov D. O., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

computer. The developed application is extremely important and useful to ensure that every farmer can perform localized, data-driven carbon accounting and participate in carbon credit markets. Rigorous evaluation of carbon footprint on each farm is an important step towards responsible usage of natural resources and provides the guarantee of environmentally friendly and ecologically safe agricultural activity within the framework of climate-smart agriculture.

Key words: *carbon footprint, climate-smart agriculture, environmental modeling, green economy, software.*

Лиховид П. В., Грановська Л. М., Чабан В. О., Максимов Д. О. Методика розрахункової оцінки викидів парникових газів на рівні сільськогосподарського підприємства для забезпечення кліматично стійкого екологічно чистого сільського господарства

Враховуючи, що сільське господарство є джерелом приблизно 20 % світових викидів парникових газів (ПГ) внаслідок антропогенної діяльності, існує нагальна потреба в доступних, науково аргументованих та водночас зручних інструментах для кількісної оцінки вуглецевого сліду на рівні індивідуальних фермерських господарств. У цій статті представлено обчислювальну платформу – Farm Carbon Footprint Estimator – розроблену з використанням мови програмування C, призначену для оцінки викидів CO_2*-еквіваленту* (CO_{2e}) *у агросистемах, що поєднують у собі вирощування різних культур і тваринництво. Інтегруючи коефіцієнти викидів з інструментів IPCC Refinement 2019 та FAO EX-ACT, розроблений компактний програмний додаток забезпечує високоточну оцінку викидів, пов'язаних із внесенням добрив, застосуванням паливно-мастильних матеріалів, кишкової ферментації тварин, використання зрошення та застосування пестицидів. Логіка додатку для оцінки вуглецевого сліду побудована на основі останніх міжнародних рекомендацій та вказівок щодо еквівалентів викидів* CO_2 *для різних сільськогосподарських матеріалів та видів діяльності. Додаток підтримує оцінку викидів для 10 основних культур та таких агротехнологічних ресурсів, як NPK добрива, гній, споживання дизельного пального, використання зрошувальної води, 8 поширених пестицидів, а також викидів, пов'язаних з метановим слідом від великої рогатої худоби, свиней та птиці. На відміну від хмарно-залежних рішень, розроблена офлайн-платформа забезпечує конфіденційність та доступність даних для фермерів у регіонах з обмеженою цифровою інфраструктурою. Крім того, Farm Carbon Footprint Estimator надзвичайно легкий у користуванні, не потребує встановлення та працює в режимі командного рядка (CLI) на будь-якому персональному комп'ютері. Розроблений додаток є надзвичайно важливим та корисним, надаючи можливість кожному фермеру виконувати локалізований облік вуглецю на основі даних та брати участь у ринках вуглецевих кредитів. Ретельна оцінка вуглецевого сліду на кожному сільськогосподарському підприємстві є важливим кроком до відповідального використання природних ресурсів та забезпечує гарантію екологічно чистої та екологічно безпечної сільськогосподарської діяльності в рамках кліматично розумного сільського господарства.*

Ключові слова: *вуглецевий слід, кліматично орієнтоване сільське господарство, екологічне моделювання, зелена економіка, програмне забезпечення.*

Problem statement. Estimating the carbon footprint of agricultural activities is essential for climate change effects mitigation, sustainable farm management, rational natural resource use, credible policy and reasonable market decisions. Agriculture contributes about 18–20 % of global greenhouse gas emissions, including large shares of CH_4 and N_2O. Carbon footprint accounting reveals how much each practice (fertilizer system, tillage practice, irrigation patterns, livestock, etc.) adds to global warming [1]. This allows to identify the most harmful and dangerous practices with the highest contribution into global warming, as well as find the best agrotechnological options to make agriculture less carbon-emitting and more environmentally friendly and climate-smart [2]. Consistent, standardized carbon footprint estimation is needed to avoid misdirected agrarian policy and enable fair comparison across different agricultural systems (e.g., organic vs. conventional) [3].

For now, there are established and generally accepted guidelines for greenhouse gas emissions estimation from agricultural activities, for example, FAO-backed

Environmental eXternalities ACcounting Tool (or EX-ACT). This tool provides with a consistent standardized methodology to evaluate and track the carbon footprint of various agricultural interventions, identify climate impacts of agricultural practices, and take reasonable steps to mitigate adverse effects of agriculture on global warming and related climate challenges. However, this tool is not straightforward to use for everyone and requires special initial setting and corresponding expertise. Besides, it is developed for Windows-based machines, and users that have Linux or macOS based systems will face additional complications to run this program [4–6]. Therefore, the problem of low accessibility of robust (and at the same time easy-in-use) carbon footprint estimation for any participant of agricultural activities, is not resolved properly, as far as free tools provide limited scientific reasoning or limited capabilities across different agrotechnological interventions, and commercial tools are not affordable for everyone.

Analysis of recent research and publications. Accurate carbon footprint estimation requires complicated calculations (accounting numerous key parameters and metrics available in specialized databases) that are extremely time-consuming and require special costly expertise if performed manually. In this regard, many scientific groups in cooperation with software developers have studied the possibility of developing automated framework for carbon footprint estimation if different anthropogenic activities. For example, Mariette et al. (2022) developed and proposed a framework for the analysis of carbon footprint of research institutions and laboratories. The framework relies upon the open-source web application entitled "GES 1point5" and is designed to evaluate the greenhouse gas emissions from a department, research laboratory or a scientific group. The web framework was successfully tested for the scientific and research laboratories of France. It was established that this sector of the economy of France is responsible for about 479 tCO_2 equivalents per laboratory and 3.6 tCO_2 equivalents per researcher [7].

Another interesting example of software for carbon footprint estimation is a web application CFTPR – the tool developed to assess the CO_2 emissions in constructed wetlands. The tool provided calculations on the carbon footprint during the construction, operation, and demolition periods of the wetlands. Notwithstanding the fact that the tool provided comparatively high accuracy of estimation, it is not available anymore now [8]. The tool entitled "OERCO2 Tool", developed within the framework of OERCO2 project funded by Erasmus+ program, also aimed to estimate carbon footprint in the specific domain, namely, for residential buildings. The "OERCO2 Tool" software proved itself to be reliable after manual scientific evaluation by the experts in this field. The user-friendly interface of the tool allows sustainability evaluation of the residential buildings to be performed even by non-specialists. The application is available at https://co2tool.oerco2.eu/en-US [9].

$CICO_2e$ is another tool in the format of web application for carbon footprint estimation, this time – for computational activities evaluation. The program uses time series of carbon intensity data (based mainly on power consumption) to predict the values for certain hardware configurations under various runtimes and usage scenarios. The web application is available for free at https://cico2e.swc.rwth-aachen.de [10].

Moving the focus to agriculture, it should be stressed that there are not so many available software applications and tools to perform reliable carbon footprint estimation. However, several recent developments are worth to be mentioned. First, OFoot online tool for carbon footprint evaluation of organic farming deserves attention. Notwithstanding the fact of its local importance (the application was built and tested for organic farms located in the Pacific Northwest region), the application provides interesting approach

to carbon emission and sequestration assessment through simulation modeling. The validation tests proved that OFoot is useful for data-driven decision making in organic farms [11].

Recent research revealed that among over 60 potentially useful tools for carbon footprint estimation in agriculture, only three could be reckoned as valuable and insightful, viz., AgRE Calc, Cool Farm Tool, and Solagro (JRC) Carbon Calculator. AgRE Calc follows mainly IPCC Tier 2 calculation methodology and is provided on commercial basis. Cool Farm Tool uses more robust and detailed methodology for greenhouse gases emissions estimation. The program goes beyond the IPCC Tier 1 and Tier 2 methodologies through the inclusion of indirect and direct N_2O emissions, as well as extended accounting emissions from mineral fertilizers and changes in soil carbon storage. Solagro (JRC) Carbon Calculator is probably the simplest tool from the methodological point of view, as it uses IPCC Tier 1 and simplified Tier 2 methods in its core, but on the other hand, this application is free to use. As for other available options, they were delisted by the researchers as less usable, robust or suitable for farming level [12].

Another interesting and practical tool for farm-level carbon footprint estimation was the Carbon Calculator developed within the MARS Project. The tool has been developed as a Microsoft Excel extension and a standalone PC application. Its user-friendly interface made the tool usage comfortable and simple, notwithstanding the robust scientific algorithms (the application logic basis contained international standards and technical requiremnets on life cycle assessment (LCA) and C foot printing) and comprehensive support of 10 livestock categories (cattle, sheep, swine, and poultry), more than 150 different crops. The only categories not included in the tool were rice, forestry, and fishery. Another advantage of the Carbon Calculator was that the tool suited for the farms of different sizes and systems (organic, conventional, integrated, conservation agriculture, etc.). Unfortunately, notwithstanding the fact that the tool had strong scientific basis, was reliable in estimations and got warm receipt from scientific community and farmers, the application is no more available to download and use [13].

The study by Keller et al. (2014) focused on the comparison of other three tools for agricultural carbon footprint estimation. The first tool was Cool Farm Tool – a globally applicable, farm-oriented greenhouse gas emissions assessment tool developed by the University of Aberdeen, Unilever, and the Sustainable Food Lab. The tool combines empirical models with farm-specific data to estimate emissions and identify key greenhouse gas hotspots under different management scenarios. The Bonsucro GHG calculator focuses on quantifying emissions from sugarcane, sugar, and ethanol production to assess compliance with the Bonsucro Production Standard. Developed with life-cycle data from the sugarcane sector, it aggregates farm-level information to produce mill-level emission estimates and support mitigation planning. As it is evident form the mentioned above, the functionality and usability of this tool is narrowed down. And the third tool was PalmGHG – a specialized instrument for evaluating emissions and carbon sequestration in palm oil production systems. Created by the RSPO GHG working group, it supports emission reduction, monitoring, and reporting at the mill and supply-chain levels. Though the tool is food for the palm oil production systems, it is useless beyond them. As a result of the comparative study, it was revealed that it is almost impossible to compare these tools and decide which one should be preferred over other. The calculation outcomes differed significantly, but the authors claim that it was impossible to determine what results are closer to “right” [14].

The Farming Systems Greenhouse Gas Emissions Calculator is another web-based tool that is worth mentioning. It is linked to the SOCRATES soil carbon model that

allows users to estimate greenhouse gas emissions associated with different crop management practices. By selecting location, crops, tillage, and fertilizer inputs, the tool identifies key sources of the emissions, including soil carbon exchange, N_2O emissions, fuel and fertilizer related emissions, etc. It illustrates how management decisions, such as reduced tillage and lower nitrogen application, can significantly decrease overall greenhouse gas emissions in cropping systems [15].

Of course, numerous other carbon footprint calculators exist that are not discussed in this article. However, they are less widely used, often lack a strong scientific basis, and many are no longer updated or available for download or online use. Furthermore, most calculators and estimators have been developed for local applications only, for example, Cplan v0 for the UK, the Farming Enterprise GHG Calculator for Australia, the US Cropland GHG Calculator for the United States, and Climagri for France. A truly global scope is primarily offered by FAO-backed tool EX-ACT, CBP, and the Cool Farm Tool [16]. For this reason, it is neither practical nor necessary to review all tools that have ever been developed. At the same time, this observation clarifies the main objective of our study and development work.

Our **purpose** is to develop a scientifically robust, data-driven, cross-platform software application capable of performing operational carbon footprint estimation for farms engaged in crop or livestock production, regardless of geographic location or other constraints.

Materials and methods. The methodology of the Farm Carbon Footprint Estimator is based on a modular computational approach that integrates internationally recognized greenhouse gas accounting protocols with a high-performance, deterministic software architecture.

The application utilizes a bottom-up accounting approach, where total farm emissions (E_{Total}) are calculated as the sum of emissions from individual agricultural activities. The modeling logic adheres to the IPCC Tier 1 and Tier 2 guidelines (2006/2019 Refinement), applying the following general equation:

$$E_{Total} = \sum_{i=1}^{n} \left(A_i \times EF_i \times GWP_i \right), ,$$

where: A_i – activity data (kg of fertilizer per ha, L of fuels, etc.); EF_i – specific emission factor derived from the FAO EX-ACT and Ecoinvent databases; GWP_i – global warming potential used to convert non-CO_2 gases into CO_2 equivalents.

The framework accounts for the life-cycle emissions of mineral NPK fertilizers and organic manure. For nitrogenous fertilizers, the model calculates both the upstream manufacturing emissions and the direct-indirect nitrous oxide emissions resulting from field application. Pesticide emissions are calculated using specific emission factors for eight major active ingredients, accounting for the energy-intensive chemical synthesis processes. As for the energy and livestock components, the framework utilizes following principles:

– Fuel Combustion: Carbon intensity is calculated based on the net calorific value of diesel fuel used in machinery and transport.

– Enteric Fermentation: Methane emissions from livestock (cattle, swine, and poultry) are estimated based on population-specific emission factors provided by the FAO.

– Irrigation: Emissions are modeled based on the energy requirements for water pumping, assuming standard lift-height efficiencies and regional grid-emission factors.

The application supports a multi-crop architecture, allowing for the simultaneous analysis of up to ten distinct crop types (e.g., wheat, maize, soybean). The data ingestion

layer is designed for versatility:

– Direct User Input: Interactive entry for real-time farm assessment.

– Batch Processing: Ingestion of Comma-Separated Values (CSV) files, enabling the analysis of large-scale historical datasets or multi-farm cooperative data.

The estimator is implemented in the C99 programming language, chosen for its deterministic execution and minimal hardware requirements. The software is partitioned into distinct functional modules to ensure scientific maintainability:

– compute.c: Contains the core mathematical logic for GHG stoichiometry.

– input.c: Handles the parsing and validation of agronomic data.

– report.c: Generates structured analytical reports, calculating both total emissions and per hectare intensity metrics.

To ensure accessibility in regions with limited digital infrastructure, the tool was engineered with zero external dependencies. It utilizes standard C libraries, allowing it to be compiled and executed on any operating system (Linux, macOS, Windows). The Command Line Interface (CLI) design ensures that the tool can run on legacy hardware or be integrated into automated server-side pipelines. The internal crop database (yielding parameters and nutrient requirements) was standardized against global averages to provide a reliable default baseline for users who lack specific soil-test data, while still allowing for manual override in advanced UI modes.

Results and discussion. The implementation of the Farm Carbon Footprint Estimator resulted in a multi-modal computational framework designed to maximize accessibility across diverse technical environments. The system provides several distinct operational modes, each optimized for specific user requirements while maintaining absolute algorithmic consistency.

1) Heuristic Interface Modes (Simple & Advanced UI): These modes facilitate real-time, interactive data entry. The Advanced mode utilizes standardized box-drawing character forms to provide visual feedback and color-coded results to reduce human error during the manual ingestion of agronomic variables.

2) Command Line Interface (CLI) and Batch Processing: For high-throughput research, the application supports a headless CLI mode. The Batch Mode is capable of direct Comma-Separated Values (CSV) file upload, allowing for the automated generation of carbon reports from existing farm management datasets.

3) System Portability: Testing confirmed that the zero-dependency C99 architecture ensures seamless cross-platform performance across Linux, macOS, and Windows. This robustness is critical for deploying the tool in localized field offices where modern hardware or internet connectivity may be absent.

A primary result of the development is the high-granularity processing capability of the created framework. The system successfully integrates emissions data from up to 10 distinct crop profiles within a single farm entity. The application utilizes two primary data structures to ensure interoperability with legacy and modern datasets (Table 1).

Table 1

Comparison of supported data ingestion formats

Feature	Legacy format	Multi-crop format
Scope	Single-crop aggregate	Detailed multi-crop breakdown
Primary utility	Rapid historical inventory	Precision management
Livestock support	Integrated	Secondary module
Pesticide analysis	General aggregate	ID-specific

The multi-crop format allows for the precision mapping of agrotechnological inputs – such as NPK fertilizers, manure, diesel fuel, and irrigation – to specific land parcels, enabling a more nuanced understanding of carbon intensity (tCO_2e/ha) across the farm enterprise. The framework produces a structured report, which disaggregates emissions into specific categories: fertilization, fuel, irrigation, pesticides, and livestock. For quantitative reporting the system automatically calculates emission intensity per hectare, providing a benchmark for sustainability. For automated mitigation logic, the system, based on the calculated tCO_2e/ha thresholds, generates targeted sustainability recommendations. For example, farms with low-intensity profiles (less than 2 tCO_2e/ha) are automatically labeled as "Sustainability Leaders" (Fig. 1).

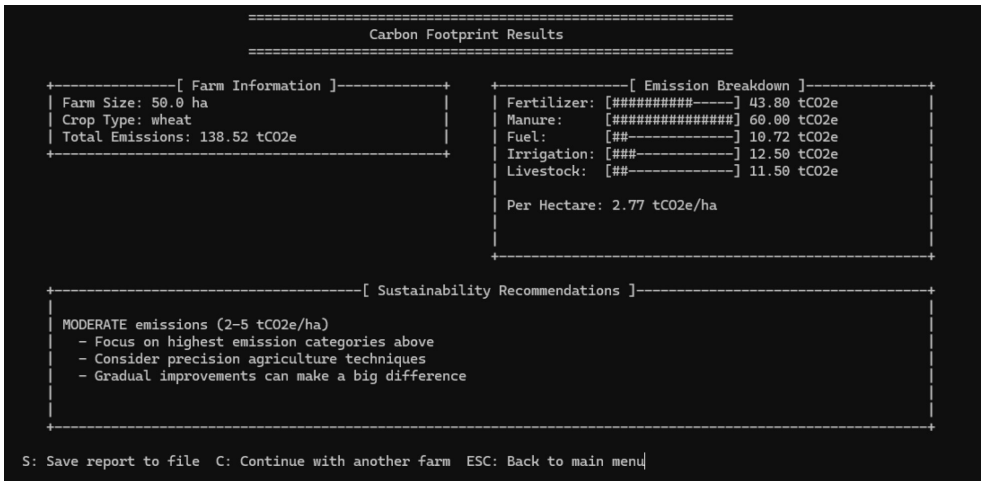


Fig. 1. User interface and sample report of the Farm Carbon Footprint Estimator

Rigorous testing via the "demo.sh" and "demo.bat" scripts across different operating systems verified that the internal calculation engine produces identical results regardless of the interface selected. The "Batch Mode" was successfully used to process a standardized multi_crop_sample.csv, demonstrating the tool's readiness for large-scale longitudinal studies of agricultural emissions. The successful compilation using standard gcc with no external libraries validates the tool's utility as a lightweight alternative to resource-heavy and internet connection dependent cloud platforms. The tool is available for download at the GitHub repository address: https://github.com/PavloICSA/CarbonFarm.

Conclusions and further prospects of research. Farm Carbon Footprint Estimator is a CLI cross-platform tool aimed to assist farmers in comprehensive evaluation of greenhouse gas emissions. The tool is based on the international databases of emission factors and scientifically substantiated computational logic. It is available for free and distributed upon the terms of MIT license. Further improvements will include significant extension of the available emission database, adding more features for detailed emissions tracking, multilingual support and, perhaps, deployment online in the form of a progressive web application.

REFERENCES:

1. Ozlu E., Arriaga F. J., Bilen S., Gozukara G., Babur E. Carbon footprint management by agricultural practices. *Biology*. 2022. Vol. 11(10). P. 1453. https://doi.org/10.3390/biology11101453

2. Holka M., Kowalska J., Jakubowska M. Reducing carbon footprint of agriculture – can organic farming help to mitigate climate change? *Agriculture*. 2022. Vol. 12(9). P. 1383. https://doi.org/10.3390/agriculture12091383

3. Niemiec M., Komorowska M., Atilgan A., Abduvasikov A. Labelling the carbon footprint as a strategic element of environmental assessment of agricultural systems. Agricultural Engineering. 2024. Vol. 28. P. 235–250.

4. FAO. Ex-Ante Carbon-balance Tool | EX-ACT – Guidelines. Second edition – Tool version 9. Rome, 2022. 200 pp. https://doi.org/10.4060/cc0142en

5. Mwambo F. M., Fürst C., Martius C., Jimenez-Martinez M., Nyarko B. K., Borgemeister C. Combined application of the EM-DEA and EX-ACT approaches for integrated assessment of resource use efficiency, sustainability and carbon footprint of smallholder maize production practices in sub-Saharan Africa. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 302. P. 126132. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126132

6. Srinivasarao C., Sudha Rani Y., Girija Veni V., Sharma K. L., Maruthi Sankar G. R., Prasad J. V. N. S., Prasad Y. G., Sahrawat, K. L. Assessing village-level carbon balance due to greenhouse gas mitigation interventions using EX-ACT model. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2016. Vol. 13(1). P. 97–112. https://doi.org/10.1007/s13762-015-0788-z

7. Mariette J., Blanchard O., Berné O., Aumont O., Carrey J., Ligozat A., Lellouch E., Roche P.-E., Guennebaud G., Thanwerdas J., Bardou P., Salin G., Maigne E., Servan S., Ben-Ari, T. An open-source tool to assess the carbon footprint of research. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*. 2022. Vol. 2(3). P. 035008. https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac84a4

8. Andreo-Martínez P., Ortiz-Martínez V. M., Muñoz A., Menchón-Sánchez P., Quesada-Medina J. A web application to estimate the carbon footprint of constructed wetlands. *Environmental Modelling & Software*. 2021. Vol. 135. P. 104898. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104898

9. Solís-Guzmán J., Rivero-Camacho C., Alba-Rodríguez D., Martínez-Rocamora A. Carbon footprint estimation tool for residential buildings for non-specialized users: OERCO2 project. *Sustainability*. 2018. Vol. 10(5). P. 1359. https://doi.org/10.3390/su10051359

10. Plewnia C., Lichter H. CICO$_2$e: A Compute carbon Footprint. *Intelligent Computing: Proceedings of the 2024 Computing Conference*. Vol. 2(1017). P. 39. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62277-9_3

11. Carlson B. R., Carpenter-Boggs L. Ā., Higgins S. S., Nelson R., Stöckle C. O., Weddell J. Development of a web application for estimating carbon footprints of organic farms. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 142. P. 211–223. https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.007

12. Leinonen I., Eory V., Macleod M., Sykes A., Glenk K., Rees R. Comparative analysis of farm-based carbon audits. ClimateXChange is Scotland's Centre of Expertise on Climate Change, 2019. 53 pp.

13. Tuomisto H. L., De Camillis C., Leip A., Nisini L., Pelletier N., Haastrup P. Development and testing of a European Union-wide farm-level carbon calculator. *Integrated Environmental Assessment and Management*. Vol. 11(3). P. 404–416. https://doi.org/10.1002/ieam.1629

14. Keller E., Chin M., Chorkulak V., Clift R., Faber Y., Lee J., Viart N. Footprinting farms: a comparison of three GHG calculators. *Greenhouse Gas Measurement and Management*. 2014. Vol. 4(2–4). P. 90–123. https://doi.org/10.1080/20430779.2014.984609

15. McSwiney C. P., Bohm S., Grace P. R., Robertson G. P. Greenhouse gas emissions calculator for grain and biofuel farming systems. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*. 2010. Vol. 39(1). P. 125–131. https://doi.org/10.4195/jnrlse.2009.0021

16. Colomb V., Bernoux M., Bockel L., Chotte J. L., Martin S., Martin-Phipps C., Mousset J., Tinlot M., Touchemoulin O. (2012). Review of GHG calculators in agriculture and forestry sectors. FAO, 2012. 43 pp.

Дата першого надходження статті до видання: 26.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

УДК 581.1:631.95
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.50

ФІЗІОЛОГІЯ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ РОСЛИННОГО ОРГАНІЗМУ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНОГО АГРОЗАХОДУ

Недільська У. І. *– к.с.-г.н., доцент,*
завідувач кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0001-7427-0087

У статті досліджено фізіологічні особливості життєдіяльності рослинного організму на прикладі цукрової кукурудзи з урахуванням застосування біологічних агрозаходів, що є сучасним напрямом підвищення продуктивності та екологічної безпеки агротехнологій. Основна увага приділена вивченню впливу біологічних препаратів на морфометричні та продуктивні показники кукурудзи цукрової, зокрема сортів Шафран, Джамала та Джульєта. Проаналізовано динаміку росту та розвитку рослин, формування надземної вегетативної маси, розвитку кореневої системи, а також показники висоти стебла і прикріплення початків, що визначають придатність сортів до механізованого збирання. Встановлено, що застосування біопрепаратів «Органік баланс», «Мікофренд» та «Азотофіт» активізує фізіологічні процеси рослин, підвищує масу початків як в обгортці, так і без обгортки, а також забезпечує збільшення врожайності. Найвищі показники продуктивності спостерігалися у сорту Шафран за впливу препарату «Органік баланс», що свідчить про сортову специфіку реакції рослин на біологічні агрозаходи. Виявлено чіткий взаємозв'язок між висотою рослин і рівнем прикріплення першого початку, що має практичне значення для оптимізації системи механізованого збирання. Отримані результати підкреслюють важливість комплексного застосування біологічних агрозаходів, які не лише сприяють підвищенню врожайності та поліпшенню якісних характеристик продукції, а й забезпечують екологічну безпеку виробництва. Пропоновані підходи можуть бути використані для розроблення науково обґрунтованих систем вирощування кукурудзи цукрової, з урахуванням генетичних особливостей сортів та принципів сталого сільського господарства. Представлений матеріал відображає як теоретичні, так і практичні аспекти застосування біологічних препаратів у сучасному рослинництві.

Ключові слова: *рослина, ріст, чинники, розвиток, агротехнології.*

Nedilska U. I. Physiology of the life activity of the plant organism using biological agricultural measures

The article investigates the physiological characteristics of the life activity of the plant organism using sugar maize as an example, taking into account the application of biological agricultural measures, which represent a modern approach to increasing productivity and ecological safety in agricultural technologies. The main focus is on studying the effects of biological preparations on the morphometric and productive indicators of sugar maize, in particular the varieties Shafran, Jamala, and Julieta. The dynamics of plant growth and development, formation of aboveground vegetative mass, development of the root system, as well as indicators of stem height and ear attachment, which determine the suitability of varieties for mechanized harvesting, were analyzed.

It was established that the application of biopreparations "Organic Balance", "Mycofriend", and "Azotofit" activates physiological processes in plants, increases ear mass both with and without husks, and also ensures higher yields. The highest productivity indicators were observed in the Shafran variety under the influence of "Organic Balance", indicating varietal specificity in plant response to biological agricultural measures. A clear correlation between plant height and the attachment level of the first ear was identified, which has practical significance for optimizing mechanized harvesting systems.

© Недільська У. І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The obtained results emphasize the importance of integrated use of biological agricultural measures, which not only contribute to increased yields and improved product quality, but also ensure the ecological safety of production. The proposed approaches can be used to develop scientifically based systems for cultivating sugar maize, taking into account the genetic characteristics of varieties and the principles of sustainable agriculture. The presented material reflects both theoretical and practical aspects of the application of biological preparations in modern crop production.

Key words: *plant, growth, factors, development, agricultural technologies.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. В умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та зростання антропогенного навантаження на агроекосистеми особливої актуальності набуває проблема збереження фізіологічної стабільності рослинного організму за одночасного підвищення продуктивності культур. Традиційне застосування хімічних агрозасобів часто призводить до порушення фізіолого-біохімічних процесів у рослинах і зниження екологічної безпеки агровиробництва. У цьому контексті зростає актуальність до використання біологічних агрозаходів, здатних оптимізувати життєдіяльність рослинного організму без негативного впливу на довкілля. Для задоволення попиту населення України у повноцінних харчових продуктах важливого значення набуває розширення асортименту використовуваних культурних рослин. У цьому зв'язку на велику увагу заслуговує виробництво кукурудзи цукрової, що є однією з найбільш біологічно цінних овочевих культур [1].

Недостатня вивченість механізмів впливу біологічних агрозаходів на фізіологічні процеси рослин – фотосинтез, дихання, водний та мінеральний обмін, ріст і розвиток – зумовлює необхідність проведення комплексних досліджень у цьому напрямі. У захисті рослин широко застосовують мікробні препарати на основі різних видів мікроорганізмів та метаболітів, які вони синтезують. Біопрепарати використовують як інсектициди, фунгіциди і протруювачі для захисту рослин від шкідників і хвороб. Вони нешкідливі для людини, навколишнього середовища, тварин, бджіл, ентомофагів, але завдяки їм можливе отримання екологічно чистої продукції [2].

Вирішення зазначеної проблеми має значення для фізіології рослин, екологізації агротехнологій та формування науково обґрунтованих систем сталого землеробства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Використання біологічних препаратів може суттєво впливати на фізіолого-біохімічні процеси у рослинах, зокрема на ріст, розвиток та продуктивність культур. Дослідження ефективності біопрепаратів у вирощуванні культур свідчать про покращення фітосанітарного стану та стимулювання врожайності, що свідчить про потенційний позитивний ефект біологічних засобів на фізіологію культурних видів рослин.

Біологічний метод захисту рослин – сучасна фундаментальна прикладна галузь знань, головною метою якої є отримання високоякісної екологічної продукції і збереження природного різноманіття сільськогосподарських культур. Біологічний захист рослин ґрунтується на системному підході, комплексній реалізації двох основних напрямів: збереження і сприяння діяльності природних популяцій корисних видів (ентомофагів, мікроорганізмів), самозахисту культурних рослин в агробіоценозах і поновлення агробіоценозів корисними видами, яких у них не вистачає або тих, які відсутні [3].

Дослідження біопрепаратів показують, що застосування біологізованого захисту рослин може сприяти зміні фенологічних фаз розвитку, збільшенню асиміляційної поверхні та сухої речовини, що відображає процеси фізіологічної адаптації рослин до зовнішніх впливів. Мікробіологічні препарати за їх застосування у сучасних аграрних технологіях, мають значення в процесі формування урожаїв сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим виникає потреба у застосуванні агроприйомів, спрямованих на збільшення агрономічно цінних мікроорганізмів у грунтах. Одним з таких прийомів є застосування передпосівної інокуляції (нанесення на поверхню насіння бактерій і грибів у вигляді препарату мікробіологічного походження) сільськогосподарських культур. Нині мікробні препарати створено для більшості видів сільськогосподарських культур, визначено умови їх ефективного застосування [4]. Їх екологічна значущість полягає в тому, що вони нешкідливі для людини, навколишнього середовища, тварин, бджіл, ентомофагів та дають змогу отримати екологічно чисту продукцію [5].

Наукові праці, присвячені рослинництву з використанням біопрепаратів, узагальнюють сучасні погляди на екологічно безпечні технології, які передбачають зменшення хімічного навантаження на агроекосистеми та підвищення фізіологічного потенціалу рослин. Найпоширенішим способом використання біопрепаратів є обробка посівного матеріалу [6].

Попри це, залишається недостатньо вивченим вплив таких агрозаходів на фізіологічні процеси рослин цукрової кукурудзи у різні фази їх розвитку, що визначає потребу в подальших експериментальних дослідженнях.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на зростання кількості наукових досліджень, присвячених застосуванню біологічних агрозаходів у рослинництві, низка аспектів їх впливу на фізіологію життєдіяльності рослинного організму залишається недостатньо вивченою. Зокрема, обмеженими є системні дані щодо дії біологічних агрозаходів на фізіологічні процеси росту і розвитку цукрової кукурудзи як тримання екологічної продукції. З-поміж основних негативних екологічних наслідків застосування пестицидів слід виділити їхню здатність накопичуватись у ґрунті та переноситися живими організмами у трофічних ланцюгах; пестициди знижують біологічну продуктивність і нормальне функціонування ґрунтових мікробіоценозів; знижують інтенсивність процесів самоочищення ґрунту; спроможні накопичуватися у поверхневих водних джерелах та підґрунтових водах; пригнічують біохімічні процеси і перешкоджають природному відновленню родючості; призводять до втрати харчової цінності та смакових якостей сільськогосподарської продукції [7].

У результаті проведеного аналізу сучасного стану вирощування цукрової кукурудзи варто зазначити, що існуючі сорти та гібриди не цілковито відповідають вимогам виробництва та потребують подальшого підвищення врожайності [8].

Кукурудза цукрова має підвищені вимоги до вологи, тепла, світла, поживних речовин та інших факторів навколишнього середовища. Її гібриди значно відрізняються за вегетаційним періодом, звідси і різні вимоги до вказаних вище факторів. Сучасні сорти та гібриди дають змогу вирощувати високоякісну кукурудзу для переробки і свіжого споживання, а нові технології – для отримання надраннього урожаю. Нині необхідні високопродуктивні сорти та гібриди з різними строками достигання – коротким, середнім і довгим вегетаційним періодом [9].

Отримати високі урожаї якісної продукції можна за дотримання оптимальних умов вирощування, тобто певного комплексу зовнішніх факторів, які дадуть змогу виявитися потенційним можливостям культури. Важлива роль при цьому

належить формуванню відповідної морфоструктури рослин у посівах, що насамперед досягається шляхом підбору сорту, оптимальних строків сівби та застосуванням препаратів, які б послабили негативний вплив посушливих погодно-кліматичних умов, що останніми роками дедалі більше посилюються в регіоні [10].

Окремої уваги потребує кількість експериментальних даних щодо впливу біологічних агрозаходів на фізіологічний стан рослин, їх продуктивність і стабільність функціонування агроценозів. Невирішені питання зумовлюють необхідність проведення цілеспрямованих досліджень.

Формування цілей статті. Метою даної статті є дослідження впливу біологічного агрозаходу на життєдіяльність рослинного організму з метою визначення ефективних шляхів підвищення адаптаційного потенціалу та продуктивності культур за умов екологічно безпечного агровиробництва.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обгрунтуванням отриманих наукових результатів. Фізіологія життєдіяльності рослинного організму є фундаментальною складовою сучасного агрономічного та екологічного дослідження. Від ефективності фізіологічних процесів залежить продуктивність культури та їх стійкість до абіотичних і біотичних стресів. У контексті інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та екологізації агротехнологій особливої актуальності набуває використання біологічних агрозаходів, що дозволяють оптимізувати фізіологічні процеси рослин без негативного впливу на довкілля.

У цьому дослідженні проведено комплексний аналіз впливу біологічного агрозаходу на ключові фізіологічні показники рослинного організму з ростом і розвитком цукрової кукурудзи. Висока врожайність і якість продукції кукурудзи цукрової формуються за умови впровадження екологічно безпечних технологій вирощування, які забезпечують оптимальні умови росту та розвитку рослин. Реалізація продуктивного потенціалу культури зумовлена комплексною дією зовнішніх чинників, зокрема ґрунтово-кліматичних умов, погодних особливостей вегетаційного періоду та елементів технології вирощування. Сукупний аналіз цих факторів дає змогу оцінити біологічні можливості культури та рівень їх реалізації в конкретних умовах агробіоценозу. Важливе значення при цьому має формування морфоструктурних ознак рослин, що досягається шляхом раціонального добору сорту та застосування біологічних препаратів, спрямованих на зниження негативного впливу посушливих погодно-кліматичних умов, які останніми роками набувають тенденції до посилення в регіоні.

За результатами обліків, проведених у варіантах вегетаційного досліду, встановлено, що передпосівна обробка насіння кукурудзи цукрової біологічними препаратами сприяє активізації фізіолого-біохімічних процесів росту й розвитку рослин. Це проявляється у збільшенні надземної вегетативної маси та посиленому розвитку кореневої системи, що створює передумови для підвищення продуктивності культури.

Серед біометричних показників значну увагу приділяють висоті рослин, оскільки цей показник тісно пов'язаний із продуктивністю цукрової кукурудзи. Стебло виконує важливі функції у процесах транспортування та перерозподілу органічних і мінеральних речовин, фотосинтезу, а також забезпечує розміщення генеративних органів. Висота рослин є господарсько-біологічною ознакою, генетично зумовленою особливостями культури та сорту, однак її варіабельність залежить від ґрунтово-кліматичних умов, погодних факторів року, агротехнічних заходів і застосування біопрепаратів.

Показники висоти рослин і висоти прикріплення початків є важливими критеріями оцінки придатності сортів і гібридів кукурудзи цукрової до механізованого

збирання врожаю. Водночас високорослі форми, як правило, характеризуються підвищеною врожайністю. Надземна маса рослин є одним з основних структурних елементів посіву, що істотно впливає на рівень продуктивності та формування врожаю зерна кукурудзи цукрової.

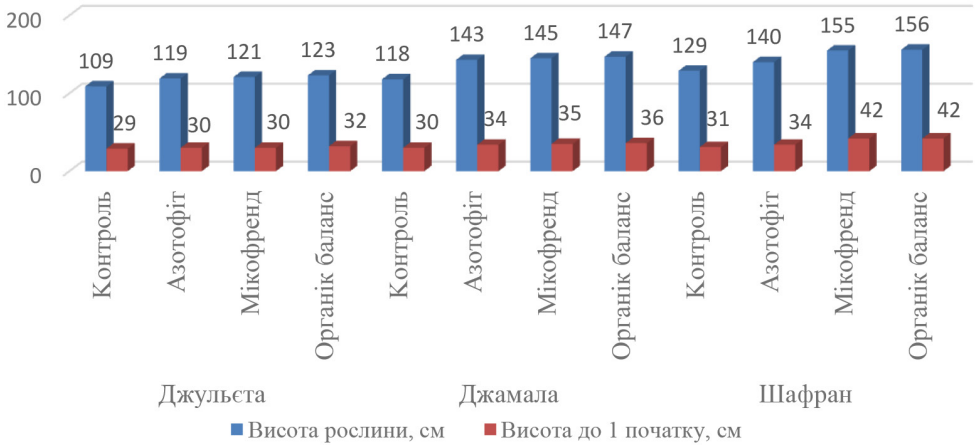


Рис. 1. Показники ростових процесів рослин за сортами

У більшості випадків між величиною надземної вегетативної маси рослин і рівнем урожайності зерна простежується пряма залежність: зі збільшенням біомаси, як правило, підвищується і врожай зерна. З метою оцінки процесів накопичення біомаси у фазу цвітіння було проведено біометричні вимірювання висоти рослин кукурудзи цукрової. Отримані результати свідчать, що досліджувані сорти Шафран і Джульєта істотно різнилися між собою за показниками висоти рослин та рівнем прикріплення початку, що відображає їх сортові біологічні особливості.

Аналіз даних показав, що показники висоти стебла у всіх досліджуваних варіантах перевищували контрольні значення. Водночас між варіантами із застосуванням біологічних препаратів відмінності були незначними, що свідчить про подібний характер їх впливу на ріст рослин. Зокрема, за обробки біопрепаратами Органік баланс, Мікофренд та Азотофіт, порівняно з контролем, відзначено підвищення висоти рослин цукрової кукурудзи: у сорту Джульєта – на 4 см, Шафран – на 6 см, Джамала – на 4 см. При цьому чітко проявилися сортові особливості: найменшою висотою стебла характеризувався сорт Джульєта, тоді як максимальні значення були зафіксовані у сорту Шафран.

Реакція рослин кукурудзи цукрової на застосування біологічних препаратів мала виражений характер. Так, за використання препарату Органік баланс висота рослин сорту Шафран становила 156 см, тоді як у сорту Джамала за аналогічних умов цей показник був дещо нижчим і складав 147 см. Для сортів Шафран і Джамала відмічено незначні коливання висоти рослин (у межах 4–6 см) за впливу біопрепарату Мікофренд. Загалом, у всіх досліджуваних сортів кукурудзи цукрової, оброблених біологічними препаратами, висота рослин перевищувала відповідні показники контрольних варіантів без застосування препаратів.

Висота прикріплення качанів на стеблі тісно пов’язана із загальною висотою рослин. За мінімальних показників висоти рослин спостерігалося і нижче формування початків. Зокрема, висота прикріплення першого початку у сортів

кукурудзи цукрової варіювала в межах від 34 см у сорту Шафран до 42 см у сорту Джамала. У сорту Шафран перший початок формувався на висоті 34–36 см, тоді як у сорту Джульєта його розміщення було ще нижчим – у межах 30–32 см. Таким чином, встановлено наявність залежності між висотою рослин і рівнем прикріплення першого початку, що має важливе значення для росту та розвитку рослин та господарської цінності сортів кукурудзи цукрової.

У межах польового досліду впродовж періоду досліджень вивчено вплив біологічних препаратів на врожайність і показники продуктивності кукурудзи цукрової сортів Джульєта, Джамала та Шафран. Ріст і розвиток рослин значною мірою визначалися кліматичними умовами. Погодні умови років проведення досліджень різнилися, характеризувалися підвищеним температурним фоном, дефіцитом та нерівномірним розподілом атмосферних опадів вегетаційного періоду, що впливало на перебіг ростових процесів.

У ході досліджень встановлено, що досліджувані сорти і гібриди відрізнялися за величиною основних показників продуктивності (табл. 1). Усі оцінювані генотипи кукурудзи цукрової проявляли схильність до формування двокачанності, при цьому кількість початків становила в середньому 1,9–2,4 шт. на одну рослину. Найвищий показник зафіксовано у сорту Шафран – 2,4 початки на рослину, тоді як у інших варіантах досліду цей показник був дещо нижчим і становив близько 2,2 шт.

Вагомого значення у формуванні врожайності набуває маса початку, яка, як і інші кількісні показники, зумовлюється як генетичними особливостями гібридів, так і умовами вирощування. Основний приріст урожайності забезпечується за рахунок збільшення маси зерна, що формується на початкових етапах його розвитку. Аналіз показників маси початків засвідчив наявність суттєвих відмінностей між досліджуваними варіантами. Застосування біологічного препарату Органік баланс, порівняно з контрольними варіантами, сприяло збільшенню маси початка в обгортці: у сорту Шафран – на 43 г, Джамала – на 32 г, Джульєта – на 22 г.

Таблиця 1

Морфофізіологічні показники формування генеративних органів кукурудзи цукрової (2023–2025 рр.)

Сорти	Варіанти обробки біопрепаратами	Кількість початків на рослину, шт	Маса початку, г	
			в обгортці	без обгортки
Джульєта	Контроль	1,6	203	158
	Азотофіт	1,9	211	169
	Мікофренд	2,1	216	175
	Органік баланс	2,2	225	204
Джамала	Контроль	1,8	230	194
	Азотофіт	2,1	245	217
	Мікофренд	2,2	256	224
	Органік баланс	2,3	262	213
Шафран	Контроль	1,9	231	202
	Азотофіт	2,2	242	215
	Мікофренд	2,3	255	207
	Органік баланс	2,4	274	222
$НІР_{0,05}$		0,41	37,9	37,6

Аналогічна тенденція відмічалася і за показниками маси початків без обгортки, де приріст становив відповідно 20 г у сорту Шафран, 19 г у сорту Джамала та 46 г у сорту Джульєта.

Найвищі показники врожайності початків цукрової кукурудзи в обгортках зафіксовано у сорту Шафран за умов застосування біологічних препаратів – маса одного початка досягала 274 г, що свідчить про високу ефективність біологічного чинника в реалізації продуктивного потенціалу даного сорту. Водночас рослини гібридів цукрової кукурудзи Джамала і Джульєта у варіантах із застосуванням біопрепарату Мікофренд формували меншу масу початка – в середньому на 26 г менше порівняно з варіантами, де використовували біологічний препарат Органік баланс. Отримані результати підтверджують диференційовану реакцію сортів і гібридів кукурудзи цукрової на дію біологічних препаратів та свідчать про доцільність їх урахування при розробленні екологічно безпечних технологій вирощування культури.

Висновки з даного дослідження та перспективи подальшого розвитку. Проведене дослідження підтвердило, що застосування біологічного агрозаходу позитивно впливає на фізіологічні процеси рослинного організму, що сприяє підвищенню росту, розвитку та продуктивності культур. Агрозаходи сприяють покращенню адаптаційних реакцій рослин до абіотичних стресів, що є важливим фактором підвищення їх стійкості в умовах змінного клімату та інтенсивного агровиробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2002. 800 с.
2. М'якушко В. К., Мельничук Д. О., Вольвач Ф. В. Сільськогосподарська екологія; за ред. В. К. М'якушка. Київ: Урожай, 1992. 264 с. (Серія «Природа і ми»).
3. Шувар І. А., Шувар Б. І. Біологічне землеробство та його перспективи. Агросектор. 2007. № 9. С. 18–20.
4. Стецишин П. О. Основи органічного виробництва. Вінниця : Нова Книга 2008. 524 с.
5. Ткаленко Г. Біологічні препарати в захисті рослин. Сучасні агротехнології із застосування біопрепартів та регуляторів росту. Спецвипуск. Пропозиція. 2015. С. 2–15.
6. Семеняка І. М. Ефективність мікробних препаратів, макро- та мікродобрив за вирощування розлусної кукурудзи. Збірник наукових праць ННЦ Інститут землеробства УААН. 2010. Вип. 3. С. 84–91.
7. Екологічна безпека агропромислового виробництва: монографія; за наук. Ред. акад. О. І. Фурдичка, А. Л. Бойка. Київ : ДІА, 2013. 416 с.
8. Харченко Ю. В., Харченко Л. Я., Клімова О. Є. Біологічна і господарська оцінка нових зразків цукрової кукурудзи на Устимівській дослідній станції рослинництва. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2016. № 1–2. С. 25–29.
9. Плеханова Т. Ф. Кукурудза цукрова. Сучасні методи селекції овочевих і баштанних культур. Харків, 2001. С. 562–583.
10. Мельничук Д. О. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу України : монографія у 2-х т. Київ :ТОВ «Алефа», 2003. 886 с.

Дата першого надходження статті до видання: 28.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Антоненко В. В. 10
Базалій В. В. 18
Бакуменко О. М. 122
Балабак А. В. 374
Балабак О. А. 374
Балабанова І. О. 323
Банул С. О. 137
Баранік Д. А. 27
Бевз Н. Л. 267
Бердін С. І. 27
Блятник Т. С. 35
Бойко М. О. 355
Бойко Н. С. 42
Бойко Т. О. 364
Бондарева О. Б. 77
Бордюжа І. П. 50
Бордюжа Н. П. 50
Борисенко В. В. 57
Борун В. В. 200
Броун І. В. 42
Буднік І. П. 417
Бурдуланюк А. О. 122
Бурикіна С. І. 63
Бутенко А. О. 161
Бучковська В. І. 282
Василенко О. В. 374
Ведмеденко О. В. 323
Венгер О. В. 226
Вербельчук С. П. 329, 381
Вербельчук Т. В. 381
Вінюков О. О. 77
Войняк О. А. 289
Гайдаш О. Л. 153
Галицький В. О. 92
Гамаюнова В. В. 98
Гармаш С. П. 106
Гентош Д. Т. 106
Гогулінська О. І. 200
Голубенко Т. Л. 313
Гончар А. А. 336
Горяінов О. М. 114
Григор'єв В. М. 218
Гурський І. М. 374
Григорів Я.Я. 144
Деменко В. М. 122
Деревенець-Шевченко К. А. 129
Дідур І. М. 137
Дмитрик П. М. 144
Дойко Н. М. 42
Дробіт О. С. 153
Дрозденко А. Ю. 161
Дудченко В. В. 173
Дутчак О. В. 183
Душко П. М. 144
Євстафієва Ю. М. 282
Ємець О. М. 122
Єщенко В. О. 193
Жук М. М. 63, 347
Забродський Н. П. 329
Заїка В. К. 144
Залевський Р. А. 226
Залізняк Я. І. 409
Захарчук Н. А. 251
Зеленянська Н. М. 200
Іванов В. О. 303
Іванюк Т. М. 417
Капріца В. О. 313
Каращук Г. В. 211
Карнаух О. Б. 193
Карпенко О. В. 323
Касянов П. В. 98
Качинська І. В. 218
Климчук О. О. 417
Ключевич М. М. 226
Кобернюк В. В. 329, 381
Коваль Г. В. 193
Ковальов М. М. 234
Когут І. М. 63
Козіна Т. В. 245
Кравченко В. С. 289
Кравченко Н. В. 251
Крамаренко О. С. 336

Крамаренко С. С. 336
Крижанівський В. Г. 259
Кургак В. Г. 347
Лавринюк О. О. 329, 381
Лапчинський В. В 245
Ларченко О. В. 18
Лихач В. Я. 267
Ліхушин С. Є. 77
Матковська С. І. 381
Матюха В. Л. 129
Мечет А. О. 173
Можарівська І. А. 251
Мороз А. О. 129
Недільська У. І. 433
Новосад К. Б. 144
Носуля А. М. 50
Олійник Т. М. 251
Пасічник І. О. 226
Півторайко В. В. 122
Піціль А. О. 417
Поліщук С. М. 374
Разанова О. П. 313
Романчук Л. М. 226
Самофалов М. О. 200
Сеник І. І. 347
Сергєєв Л. А. 63
Сімчук А. П. 144
Соловйов А. М. 303
Соломонов Р. В. 153
Татаринова В. І. 122
Фурдига М. М. 251
Черних С. А. 129
Шевченко С. М. 129
Шнайдер С. Л. 323
Adamchuk L. O. 397
Averchev O. V. 3, 10
Chaban V. O. 424
Dudynska A. T. 397
Hranovska L. M. 424
Lykhovyd P. V. 424
Maksymov D. O. 424
Nikitenko M. P. 3
Romanko V. O. 397
Viter N. G. 85

ЗМІСТ

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО 3

Averchev O. V., Nikitenko M. P. The effect of row spacing and biostimulants on the photosynthetic potential and yield of millet in Southern Ukraine 3

Антоненко В. В. Аналіз колекційних зраків амаранту за елементами продуктивності в умовах Східного Лісостепу України 10

Базалій В. В., Ларченко О. В. Проблема адаптивної здатності і рівень реалізації продуктивності сортами пшениці різного типу розвитку за контрасних умов вирощування 18

Бердін С. І., Баранік Д. А. Стабільність вмісту крохмалю в бульбах гібридів картоплі в умовах Північно-східного Лісостепу України 27

Блятник Т. С. Оптимізація густоти стояння рослин сортів сої в умовах західного лісостепу 35

Бойко Н. С., Дойко Н. М., Броун І. В. Стійкість старовинних сортів *Malus Domestica* (suckow) borkh. до філостиктозу (*Phyllosticta – ph. Mali* pr. Et del.) в умовах дендропарку «Олександрія» НАН України 42

Бордюжа Н. П., Бордюжа І. П., Носуля А. М. Аналіз просторової неоднорідності полів ріпаку озимого за допомогою безпілотного моніторингу та агрохімічної діагностики 50

Борисенко В. В. Вплив способів основного обробітку грунту на урожайність і олійність гібридів соняшнику в умовах правобережного Лісостепу України 57

Бурикіна С. І., Сергєєв Л. А., Когут І. М., Жук М. М. Використання продуктів переробки органічної речовини личинками мухи *hermetia illucens* та компосту з субстрату після вирощування грибів на посівах ячменю ярого 63

Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Ліхушин С. Є. Визначення адаптивного потенціалу продуктивності та економічної ефективності сортів еспарцету 77

Viter N. G. Pecularities of functioning of field shelterbelts in the conditions of climate change in the right-bank forest-step 85

Галицький В. О. Агробіологічні аспекти вирощування сої в умовах Північно-східного Лісостепу України 92

Гамаюнова В. В., Касянов П. В. Розробка ресурсоощадних заходів вирощування соняшнику в умовах Південного Степу України 98

Гентош Д. Т., Гармаш С. П. Особливості розвитку мілдью (*plasmopara viticola*) та польова стійкість столових сортів винограду в умовах Півдня України 106

Горяінов О. М. Ефективність біологічного методу захисту томатів закритого ґрунту від тепличної білокрилки *trialeurodes vaporariorum* (westwood, 1856) 114

Деменко В. М., Ємець О. М., Татаринова В. І., Бакуменко О. М., Бурдуланюк А. О., Півторайко В. В. Шкідлива ентомофауна насаджень яблуні 122

Деревенець-Шевченко К. А., Матюха В. Л., Шевченко С. М., Мороз А. О., Черних С. А. Сучасний стан, проблеми та перспективи застосування інокулянтів і фугіцидних протруйників при вирощуванні гороху 129

Дідур І. М., Банул С. О. Урожайність ріпаку озимого залежно від системи удобрення 137

Дмитрик П. М., Сімчук А. П., Заїка В. К., Григорів Я.Я., Новосад К. Б., Душко П. М. Продуктивність соняшнику залежно від густоти посіву та ширини міжрядь в умовах західного регіону України 144

Дробіт О. С., Гайдаш О. Л., Соломонов Р. В. Дослідження впливу агротехнічних прийомів на насіннєву продуктивність нуту на півдні України 153

Дрозденко А. Ю., Бутенко А. О. Вплив температурного режиму ґрунту під час посадки на формування продуктивності картоплі 161

Дудченко В. В., Мечет А. О. Урожайність сортів сої залежно від заходів основного обробітку грунту та гербіцидного захисту в умовах Північного Степу України 173

Дутчак О. В. Продуктивність гречки за застосування біопрепаратів в органічному виробництві 183

Єщенко В. О., Коваль Г. В., Карнаух О. Б. Агрофізичні показники родючості орного шару і урожайність культур за мінімалізації основного обробітку ґрунту 193

Зеленянська Н. М., Гогулінська О. І., Борун В. В., Самофалов М. О. Постасептична адаптація винограду *in vitro* 200

Каращук Г. В. Продуктивність суниці садової залежно від садивного матеріалу і сортового складу в умовах зрошення Півдня України 211

Качинська І. В., Григор'єв В. М. Формування площі листкової поверхні гібридів соняшнику залежно від мікродобрив і фунгіцидного захисту 218

Ключевич М. М., Залевський Р. А., Венгер О. В., Пасічник І. О., Романчук Л. М. Агрохімічна трансформація грунтів Житомирського Полісся в сучасних умовах довгострокового землекористування 226

Ковальов М. М. Еколого-біотехнологічні аспекти циклічного використання органічних відходів при вирощуванні гливи звичайної 234

Козіна Т. В., Лапчинський В. В. Виробництво плодової продукції в Україні: сучасний стан, виклики та перспективи розвитку 245

Кравченко Н. В., Можарівська І. А., Фурдига М. М., Олійник Т. М., Захарчук Н. А. Аграрний маркетинг у картоплярстві: досвід країн ЄС для України 251

Крижанівський В. Г. Формування врожайності нуту звичайного відповідно до дії сортової особливості та інокуляції насіння 259

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ 267

Бевз Н. Л., Лихач В. Я. Вплив фітогенної кормової добавки на ріст, розвиток та спермопродуктивність ремонтних кнурів 267

Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М. Використання поживних речовин кормів чисто-породним і помісним молодняком симентальської м'ясної худоби 282

Войняк О. А., Кравченко В. С. Роль основних елементів живлення у формуванні врожаю сорго цукрового в умовах Південного Лісостепу України 289

Іванов В. О., Соловйов А. М. Реконструкція як раціональний шлях впровадження інноваційних рішень у свинарстві 303

Капріца В. О., Голубенко Т. Л., Разанова О. П. Темпи розвитку бджолиних сімей та репродуктивність маток у період активного сезону за стимулювальної підгодівлі вітамінно-мінеральною добавкою 313

Карпенко О. В., Ведмеденко О. В., Шнайдер С. Л., Балабанова І. О. Особливості вікового розвитку агресії у собак породи буллі кутта 323

Кобернюк В. В., Вербельчук С. П., Лавринюк О. О., Забродський Н. П. Продуктивність і відтворна здатність корів голштинської породи данської селекції за сучасних технологій 329

Крамаренко С. С., Крамаренко О. С., Гончар А. А. Ефективність використання препарату «Глютам 1М» для покращення відтворювальних якостей свиноматок: мета-аналіз 336

Кургак В. Г., Жук М. М., Сеник І. І. Вплив передпосівної обробки насіння на біометричні показники рослин жита озимого гібридного 347

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА 355

Бойко М. О. Сорго в системі сталого агровиробництва та 3D-друку харчових продуктів 355

Бойко Т. О. Озеленення готельно-ресторанних комплексів як інструмент реалізації принципів сталого розвитку 364

Василенко О. В., Балабак О. А., Балабак А. В., Гурський І. М., Поліщук С. М. Міське озеленення в контексті міжнародних екологічних стандартів 374

Вербельчук С. П., Вербельчук Т. В., Лавринюк О. О., Кобернюк В. В., Матковська С. І. Аналіз сучасного стану аквакультури Житомирської області 381

Dudynska A. T., Romanko V. O., Adamchuk L. O. Fauna of acarid mites in the nests of *Apis Mellifera Carpatica* in the foothills of the Uzhhorod district of the Transcarpathian region 397

Залізняк Я. І. Якість водних ресурсів Південного Бугу: визначення пріоритетів для впровадження природоохоронних технологій 409

Іванюк Т. М., Буднік І. П., Климчук О. О., Піціль А. О. Біоекологічні особливості насіннєвого розмноження *Catalpa Bignonioides* walt. в умовах Житомирського Полісся 417

Lykhovyd P. V., Hranovska L. M., Chaban V. O., Maksymov D. O. A computational framework for farm-level greenhouse gas emission estimation TO ensure climate-resilient environmentally friendly agriculture 424

Неділська У. І. Фізіологія життєдіяльності рослинного організму з використанням біологічного агрозаходу 433

CONTENTS

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING 3

Averchev O. V., Nikitenko M. P. The effect of row spacing and biostimulants on the photosynthetic potential and yield of millet in Southern Ukraine 3

Antonenko V. V. Analysis of amaranth collection accessions by yield components under the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine 10

Bazaliy V. V., Larchenko O. V. The problem of adaptive capacity and productivity realization level in wheat varieties of different developmental types under contrasting growing conditions 18

Berdin S. I., Baranik D. A. Stability of starch content in tubers of potato hybrids under the conditions of the northeastern Forest-Steppe of Ukraine 27

Bliatnyk T. S. Optimizing Plant Stand Density for Soybean Varieties in the Western Forest-Steppe 35

Boiko N. S., Doiko N. M., Broun I. V. Resistance of old varieties of Malus domestica (Suckow) Borkh. to phyllosticta (Phyllosticta – Ph. Mali Pr. Et Del.) in Dendrological park "Olexandria" of the NAS of Ukraine 42

Bordyuzha N. P., Bordyuzha I. P., Nosulya A. M. Analysis of spatial heterogeneity of winter rape fields using unmanned monitoring and agrochemical diagnostics 50

Borysenko V. V. The effect of primary tillage methods on yield and oil content of sunflower hybrids under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine 57

Burykina S. P., Serhieiev L. A., Kohut I. M., Zhuk M. M. Use of products of organic matter by Hermetia illucens fly larvae and compost from substrate after growing mushrooms on spring barley croppings 63

Vinyukov O. O., Bondareva O. B., Likhushyn S. Ye. Determination of the adaptive productivity potential of sainfoin varieties 77

Viter N. G. Pecularities of functioning of field shelterbelts in the conditions of climate change in the right-bank forest-step 85

Halytskyi V. O. Agrobiological aspects of soybean cultivation in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine 92

Hamayunova V. V., Kasianov P. V. Development of Resource-Saving Practices for Sunflower Cultivation under the Conditions of the Southern Steppe of Ukraine 98

Gentosh D. T., Harmash S. P. Features of downy mildew (Plasmopara viticola) development and field resistance of table grape cultivars under the conditions of Southern Ukraine 106

Horiainov O. M. Efficiency of biological control for protecting greenhouse tomatoes against the greenhouse whitefly Trialeurodes vaporariorum (Westwood, 1856) 114

Demenko V. M., Yemets O. M., Tatarynova V. I., Bakumenko O. M., Burdulaniuk A. O., Pivtorayko V. V. The harmful entomofauna of apple plantations 122

Derevenets-Shevchenko K. A., Matiukha V. L., Shevchenko S. M., Moroz A. O., Chernykh S. A. Current status, problems and prospects of the use of inoculates and fugicidal antioquicids in pea growing 129

Didur I. M., Banul S. O. Winter rape yield depends on the fertilization system 137

Dmytryk P. M., Simchuk A. P., Zaika V. K., Hryhoriv Ya. Ya., Novosad K. B., Dushko P. M. Sunflower productivity depending on sowing density and row spacing in the Western region of Ukraine 144

Drobit O. S., Haidash O. L., Solomonov R. V. Research on the influence of agrotechnical measures on chickpea seed productivity in Southern Ukraine. 153

Drozdenko A. Yu., Khristenko A. O., Polyvany A. D. Energy value and biochemical composition of potato varieties of different ripeness groups 161

Dudchenko V. V., Mechet A. O. Yield of Soybean Cultivars Depending on Primary Tillage Practices and Herbicide Protection Under the Conditions of the Northern Steppe of Ukraine 173

Dutchak O. V. Buckwheat productivity using bioproducts in organic production 183

Yeshenko V. E., Koval G. V., Karnaukh O. B. Agrophysical indexes of arable layer fertility and crop yields for minimizing of basic soil cultivation 193

Zelenianska N. M., Gogulinska O. I., Borun V. V., Samofalov M. O. Post-Aseptic Adaptation of Grapevine In Vitro 200

Karashchuk H. V. Productivity of garden strawberry depending on planting material and variety composition under irrigation conditions of Southern Ukraine 211

Kachynska I. V., Hryhoriev V. M. Leaf surface area formation of sunflower hybrids depending on micro-fertilizers and fungicide protection 218

Kliuchevych M. M., Zalevsky R. A., Venger O. V., Pasichnyk I. O., Romanchuk L. M. Dynamics of Soil Acidity and the Sum of Exchangeable Bases in the Lands of the Yarunska Rural Territorial Community of Zviahel District, Zhytomyr Region (2009–2024) 226

Kovalov M. M. Ecological and biotechnological aspects of cyclic use of organic waste in oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) cultivation 234

Kozina T. V., Lapchinsky V. V. Fruit production in Ukraine: current status, challenges and development prospects 245

Kravchenko N. V., Mozharivska I. A., Furdyga M. M., Oliynyk T. M., Zakharchuk N. A. Agricultural marketing in potato growing: experience of EU countries for Ukraine 251

Kryzhanivskyi V. G. Formation of yield of common chickpeas depending on the influence of varieties and seed inoculation 259

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS 267

Bevz N. L., Lykhach V. Ya. The effect of phytogenic feed additives on the growth, development, and sperm productivity of breeding boars 267

Buchkovska V. I., Yevstafiieva Yu. M. Use of nutrients in feed by purebreed and cross-breed simmental beef cattle 282

Voiniak O. A., Kravchenko V. S. The role of main nutrient elements in the formation of Sorghum saccharatum yield under the conditions of the southern forest-steppe of Ukraine 289

Ivanov V. O., Solovyov A. M. Reconstruction as a rational way of implementing innovative solutions in pig farming 303

Kapritsa V. O., Golubenko T. L., Raznova O. P. Bee colony development rate and queen reproduction during the active season under stimulating feeding with vitamin-mineral supplement 313

Karpenko O. V., Vedmedenko O. V., Shnaider S. L. Features of age-related development of aggression in Bully Kutta dogs 323

Koberniuk V. V., Verbelchuk S. P., Lavryniuk, O. O., Zabrodskyi N. P. Productivity and reproductive capacity of danish-breed holstein cows using modern technologies 329

Kramarenko S. S., Kramarenko O. S., Gonchar A. A. Effectiveness of the "Glutam 1M" supplement in improving the reproductive performance of sows: a meta-analysis 336

Kurhak V. G., Zhuk M. M., Senyk I. I. Influence of pre-sowing seed treatment on biometric parameters of hybrid winter rye plants 347

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE 355

Boiko M. O. Sorgo in the system of sustainable agricultural production and 3D printing of food products 355

Boyko T. O. Greening of hotel and restaurant complexes as a tool for implementing the principles of sustainable development 364

Vasylenko O. V., Balabak O. A., Balabak A. V., Hurskyi I. M., Polischuk S. M. Urban greening in the context of international environmental standards 374

Verbelchuk S. P., Verbelchuk T. V., Lavryniuk O. O., Koberniuk V. V., Matkovska S. I. Analysis of the current state of aquaculture in the Zhytomyr region 381

Dudynska A. T., Romanko V. O., Adamchuk L. O. Fauna of acarid mites in the nests of *Apis Mellifera Carpatica* in the foothills of the Uzhhorod district of the Transcarpathian region 397

Zalizniak Ya. I. Water Resource Quality of the Southern Bug River: Identifying Priorities for Implementing Environmental Protection Technologies 409

Ivaniuk T. M., Budnik I. P., Klymchuk O. O., Pitsil A. O. Bioecological Features of Seed Propagation of Catalpa bignonioides Walt. in the Conditions of the Zhytomyr Polissya 417

Lykhovyd P. V., Hranovska L. M., Chaban V. O., Maksymov D. O. A computational framework for farm-level greenhouse gas emission estimation TO ensure climate-resilient environmentally friendly agriculture 424

Nedilska U. I. Physiology of the life activity of the plant organism using biological agricultural measures 433

Таврійський науковий вісник

Випуск 147

Частина 1

Серія: Сільськогосподарські науки

Дата розміщення онлайн – 13.04.2026 р.
Дата друку – 20.04.2026 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 36,40. Зам. № 0326/256

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.