

**ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

УДК 631.636

ISSN 0130-8521
e- ISSN 2786-5231

Ідентифікатор
в Реєстрі суб'єктів у сфері медіа
R30-01974

*Рекомендовано до друку
вченою радою Інституту
сільського господарства
Карпатського регіону НААН,
протокол № 2
від 17 березня 2026 р.*

*Реєстраційне свідоцтво
№ 24025-13865 р.
від 05.07.2019.*

*Редактор М. М. Кахнич
Верстка О. Я. Полудіх
Переклад А. В. Шелевач*

*Видавець і виготовлювач
Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН,
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине
Львівського р-ну Львівської обл.,
81115*

*Формат 70×108 1/16.
Умовн. друк. арк. 13,53.
Тираж 100 прим.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта
видавничої справи
до державного реєстру видавців,
виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 7457
від 28.09.2021 р.
inagrokarpat@isgkr.com.ua
www.isgkr.com.ua*



Міжвідомчий тематичний науковий збірник

ПЕРЕДГІРНЕ ТА ГІРСЬКЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО І ТВАРИННИЦТВО

Заснований у 1967 р.

Випуск 79 • Частина 1 • 2026



**Видавництво
Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН
Оброшине 2026**

Адреса редколегії:
Інститут сільського
господарства Карпатського
регіону НААН,
вул. Грушевського, 5,
с. Оброшине
Львівського р-ну Львівської обл.,
81115
Тел./факс+38 (032) 227 97 99,
227 97 33,
e-mail: inagrokarpat@isgkr.com.ua

Редакційна колегія:

Головний редактор:

Стасів Олег Федорович, доктор сільськогосподарських наук, академік НААН, професор, директор, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Члени редакційної колегії:

Байструк-Глодан Леся Зіновіївна, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач Передкарпатського відділу наукових досліджень, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Валлур Раві, кандидат наук, старший викладач, Університет Лінкольна, Велика Британія

Влізло Василь Васильович, доктор ветеринарних наук, академік НААН, професор, професор кафедри внутрішніх хвороб тварин та клінічної діагностики, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького, Україна

Волощук Олександра Петрівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Заборський Даніель, кандидат наук, старший науковий співробітник, Західнопоморський технологічний університет в м. Щецін, Республіка Польща

Карбівська Уляна Миронівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри лісового і аграрного менеджменту, Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

Кемесіте Вільма, доктор наук, старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства, Литовський науково-дослідний центр сільського та лісового господарства, Литва

Коник Григорій Станіславович, доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН, професор, перший заступник директора, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Ліатукайне Аурелія, доктор наук, старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства, Литовський науково-дослідний центр сільського та лісового господарства, Литва

Лихочвор Володимир Володимирович, доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН, професор, професор агротехнологій у рослинництві, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького, Україна

Панахид Галина Ярославівна, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, вчений секретар, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Пілярчик Богуміла, доктор наук, професор, Західнопоморський технологічний університет в м. Щецін, Республіка Польща

Седіло Григорій Михайлович, доктор сільськогосподарських наук, академік НААН, професор, Радник при дирекції, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Шувар Антін Михайлович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри агробіотехнологій, Західноукраїнський національний університет, Україна

За достовірність поданих матеріалів відповідальність несуть автори.
Статті друкуються в авторській редакції з мінімальною технічною правкою

**INSTITUTE OF
AGRICULTURE
OF CARPATHIAN REGION
OF NATIONAL ACADEMY OF
AGRARIAN SCIENCES OF
UKRAINE**

UDK 631.636

ISSN 0130-8521
e- ISSN 2786-5231

Identifier
in the Register of Media Entities
R30-01974

Recommended for publication
*by the Academic Council
of Institute of Agriculture
of Carpathian Region of NAAS,
Protocol № 2 of March 17, 2026*

Registration certificate
*№ 24025-13865
dated 05.07.2019*

*Editor M. M. Kakhnych
Layout by O. Ya. Polulikh
Translation by A. V. Shelevach*

*Publisher and manufacturer
Institute of Agriculture of the
Carpathian Region of NAAS,
81115, Hrushevskoho Street, 5,
Obroshyne village, Lviv district,
Lviv region*

*Format 70×108 1/16.
Conventional printed sheets
number 13,53.
Pressrun 100 copies.*

*Certificate of entry of a publishing
entity to the State Register of
Publishers, Manufacturers and
Distributors of Publishing Products DK
No 7457 dated 28.09.2021
inagrokarpat@isgkr.com.ua
www.isgkr.com.ua*



Interdepartmental thematic scientific collection

FOOTHILL AND MOUNTAIN AGRICULTURE AND STOCKBREEDING

Since 1967

Volume 79 • Issue 1 • 2026



**Видавництво
Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН
Obroshyne 2026**

Editorial board address:

Institute of Agriculture of Carpathian
Region of NAAS,
st. Grushevskogo, 5, Obroshyne village,
Lviv district, Lviv region, 81115
Tel./fax +38 (032) 227 97 99,
227 97 33,
e-mail: inagrokarpat@isgkr.com.ua

Editorial board:

Editor-in-Chief:

Stasiv Oleh, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of NAAS, Professor, Director, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Members of the editorial board:

Baistruk-Hlodan Lesya, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research, Head of the Precarpathian Department of Scientific Research, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Valluru Ravi, PhD, Senior Lecturer, University of Lincoln, United Kingdom

Vlizlo Vasyl, Doctor of Veterinary Sciences, Academician of NAAS, Professor, Professor of the Department of Internal Animal Diseases and Clinical Diagnostics of Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Ukraine

Voloshchuk Oleksandra, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Zaborski Daniel, PhD, Associate Professor, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland

Karbivska Uliana, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Forest and Agricultural Management, Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ukraine

Kemešytė Vilma, Doctor of Sciences, Senior Researcher, Institute of Agriculture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Lithuania

Konyk Hryhorii, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAAS, Professor, First Deputy Director, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Liatukienė Aurelija, Doctor of Sciences, Researcher, Institute of Agriculture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Lithuania

Lykhochvor Volodymyr, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of NAAS, Professor, Professor of the Agrotechnology Department, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Ukraine

Panakhyd Halyna, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Scientific Secretary, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Pilarczyk Bogumiła, Doctor of Science, Professor, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Republic of Poland

Sedilo Hryhorii, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of NAAS, Professor, Administration advisor, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Shuvar Antin, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Agrobiotechnology, West Ukrainian National University, Ukraine

The authors are responsible for the accuracy of the materials presented.
Articles are published in the author's version with minimal technical editing

© Institute of Agriculture
of Carpathian Region of NAAS, 2026

ЗМІСТ**CONTENT****ЗЕМЛЕРОБСТВО
І РОСЛИННИЦТВО****AGRICULTURE
AND PLANT GROWING**

<i>Корпіта Г. М., Шувар І. А.</i> <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. – загроза зниженню біорізноманіття у фітоценозах західної України.....	7	<i>Korpita H. M., Shuvar I. A.</i> <i>Heracleum sosnowskyi</i> manden. – a threat to biodiversity reductionin phytocenoses of western Ukraine
<i>Оліфір Ю., Партика Т., Гавришко О., Козак Н.</i> Наукова спадщина та результати довготривалого польового дослідження Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН	19	<i>Olifir Y., Partyka T., Havryshko O., Kozak N.</i> Scientific legacy and research contributions of the long-term field experiment at the Institute of agricultureof Carpathian region of the NAAS
<i>Байструк-Глодан Л. З., Хом'як М. М.</i> Систематизація результатів оцінки генофонду багаторічних бобових і злакових трав в умовах Передкарпаття.....	35	<i>Baistruk-Hlodan L. Z., Khomiak M. M.</i> Systematization of the evaluation results of the gene pool of perennial legume and grass species in the conditionsof the Pre-Carpathian region
<i>Бомба М. Я., Бомба М. І.</i> Формування врожайності пшениці озимої за умов вирощування No- till технології.....	48	<i>Bomba M. Ya., Bomba M. I.</i> The formation of winter wheat yield in the conditions of growingby No-till technology
<i>Волощук І. С., Штанько М. Є.</i> Залежність розвитку ріпаку озимого від погодних умов з урахуванням сортових і гібридних особливостей.....	59	<i>Voloshchuk I. S., Shtanko M. Ye.</i> Dependence of winter rape development on weather conditions takinginto account varieties and hybrid features
<i>Волощук О. П., Островий С. В.</i> Роль сортової біологічної специфіки в формуванні продуктивності житя посівного (озимого).....	74	<i>Voloshchuk O. P., Ostrovyi S. V.</i> The role of varietal biological specificity in the formation of productivityof sown (winter) rye
<i>Кривулько М. В.</i> Ефективність різних систем контролю забур'яненості для максимізації вмісту олії у соняшнику.....	85	<i>Kryvulko M. V.</i> Effectiveness of various weediness control systems for maximizing oil contentin sunflower
<i>Лабунський І. В., Грабовський М. Б.</i> Сортові особливості та агротехнологічні заходи формування фотосинтетичних показників сої.....	94	<i>Labunskyi I. V., Hrabovskyi M. B.</i> Specific features of varieties and agrotechnological measures for the formation of photosyntheticindicators in soybeans

<i>Присяжнюк О. І., Кононюк Н. О., Шевченко Т. В.</i> Закономірності формування структури врожаю пшениці озимої під впливом мінерального живлення та елементів біологізації.....	111	<i>Prysiazhniuk O. I., Kononiuk N. O., Shevchenko T. V.</i> Patterns of winter wheat yield structure formation under the influence of mineral nutrition and biologization elements
<i>Скорик В. В.</i> Спосіб основного обробітку ґрунту в реалізації потенціалу врожайності кукурудзи у Центральному Лісостепу України.....	121	<i>Skoryk V. V.</i> The method of basic tillage in the realization of corn yield potential in the Central Forest-Steppe of Ukraine
<i>Тимчишин О. Ф., Рудавська Н. М., Ткаченко Л. Ю., Беген Л. Л.</i> Формування продуктивності сортів льону олійного в умовах Західного Лісостепу.....	139	<i>Tymchyshyn O. F., Rudavska N. M., Tkachenko L. Yu., Behen L. L.</i> Formation of productivity of oil flax varieties in the conditions of the Western Forest-Steppe
<i>Шувар А. М., Панькевич В. С.</i> Оптимізація елементів технології вирощування енергетичної верби в умовах Лісостепу України.....	150	<i>Shuvar A. M., Pankevych V. S.</i> The optimization of elements of technology cultivation of energy willow in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine

ТВАРИННИЦТВО**STOCKBREEDING**

<i>Вовк С. О., Седіло Г. М., Дмитроца А. І.</i> Вовнова продуктивність вівцематок та інтенсивність росту ягнят за аліментарної дії дріжджових кормових добавок.....	160	<i>Vovk S. O., Sedilo H. M., Dmytrotsa A. I.</i> Wool productivity of ewets and growth intensity of lambs under the nutritional effect of yeast feed additives
<i>Петришин М. А., Даньків В. Я., Федак Н. М., Стадницька О. І.</i> Продуктивність корів симентальської породи за різних варіантів підбору в умовах передгірної зони Карпат.....	167	<i>Petryshyn M. A., Dankiv V. Ya., Fedak N. M., Stadnytska O. I.</i> Productivity of simmental cows under different selection options in the pre-mountain zone of the Carpathians
<i>Помітун І. А., Корх І. В., Шабля В. П., Бойко Н. В., Косова Н. О., Паньків Л. П.</i> Вплив тривалості підсисного вирощування на подальший ріст ягнят.....	182	<i>Pomitun I. A., Korkh I. V., Shablia V. P., Boiko N. V., Kosova N. O., Pankiv L. P.</i> Influence of the duration of the suckling period on the subsequent growth of lambs

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-1

Review

UDC 582.794:574.9

**HERACLEUM SOSNOWSKYI MANDEN. –
A THREAT TO BIODIVERSITY REDUCTION
IN PHYTOCENOSES OF WESTERN UKRAINE****H. M. Korpita, I. A. Shuvar**

Stepan Gzhytskyi National University
of Veterinary Medicine
and Biotechnologies of Lviv
(Northern Campus)
Volodymyra Velykoho St, 1, Dubliany,
Lviv region, 80381

About authors:

HANNA KORPITA
ORCID: 0000-0002-0908-0129

IVAN SHUVAR
ORCID: 0000-0002-4149-1761

For corresponding:

Hanna KORPITA
e-mail: korpita@ukr.net

Funding information:

Ministry of Education and Science
of Ukraine

Received:
February 5, 2026
Accepted:
March 11, 2026
Published:
March 31, 2026

The aim of the study was to assess the change in the species composition of phytocenoses under the influence of the spread of *Heracleum sosnowskyi* Manden., the projective cover of the dominant invasive species, and the change in the main biodiversity indices under the influence of its spread. The study was carried out using permanent sample plots, geobotanical records, and quantitative analysis of the phytocenotic structure during 2020–2025. A clear trend towards a decrease in the species biodiversity of phytocenoses was established: the number of species decreased from 18 in 2020 to 9 in 2025. At the same time, a stable increase in the projective cover of *Heracleum sosnowskyi* from 35 % to 72 % was observed, accompanied by a rapid decrease in the participation of associated species and the formation of monodominant groups. Analysis of biodiversity indices demonstrated a significant decrease in the Shannon-Weaver index and the Pielou evenness index, accompanied by an increase in the Simpson index, indicating a simplification of the structure of phytocenoses and a violation of species evenness. Correlation analysis confirmed the presence of strong, statistically significant relationships between the projective cover of *Heracleum sosnowskyi* and biodiversity indicators: a strong negative correlation with the Shannon-Weaver and Pielou indices, and a positive correlation with the Simpson index. The results obtained indicate a high invasive potential of *Heracleum sosnowskyi* and its determining role in the degradation of phytocenoses, which justifies the need to develop and implement scientifically based measures to control its spread.

Keywords: invasive plants, phytocenotic structure, projective cover, monodominant communities, ecological degradation, dynamics of species composition.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

© Korpita H. M., Shuvar I. A., 2026

***Heracleum Sosnowskyi* Manden. – загроза зниженню біорізноманіття у фітоценозах західної України**

Львівський національний
університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені
С. З. Гжицького (Північний кампус)
вул. Володимира Великого, 1,
м. Дубляни, Львівська обл., 80381

Про авторів:

Ганна КОРПИТА,
кандидат сільськогосподарських
наук, доцент
ORCID: 0000-0002-0908-0129

Іван ШУВАР,
доктор сільськогосподарських наук,
професор
ORCID: 0000-0002-4149-1761

Для листування:

Ганна КОРПИТА
e-mail: korpita@ukr.net

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки України

Отримано:

5 лютого 2026 р.

Погоджено до друку:

11 березня 2026 р.

Опубліковано:

31 березня 2026 р.

Метою дослідження була оцінка зміни видового складу фітоценозів під впливом поширення *Heracleum sosnowskyi* Manden., проективного покриття домінантного інвазійного виду та зміни основних показників біорізноманіття під впливом його поширення. Дослідження виконано методом постійних пробних ділянок з використанням геоботанічних записів та кількісного аналізу фітоценотичної структури впродовж 2020–2025 рр. Встановлено чітку тенденцію до зменшення видового біорізноманіття агрофітоценозів: кількість видів зменшилася з 18 у 2020 р. до 9 у 2025 р. Водночас визначено стабільне збільшення проективного покриття *Heracleum sosnowskyi* з 35 % до 72 %, що супроводжувалося швидким зменшенням участі супутніх видів та формуванням монодомінантних угруповань. Аналіз індексів біорізноманіття продемонстрував значне зниження індексу Шеннона-Вівера та індексу вирівняності Пієлу на тлі збільшення індексу Сімпсона, що свідчить про спрощення структури фітоценозів та порушення рівномірності розподілу видів. Кореляційний аналіз підтвердив наявність тісних статистично значущих зв'язків між проективним покриттям *Heracleum sosnowskyi* та показниками біорізноманіття: встановлено сильну негативну кореляцію з індексами Шеннона-Вівера та Пієлу та позитивну з індексом Сімпсона. Отримані результати свідчать про високий інвазійний потенціал *Heracleum sosnowskyi* та його визначальну роль у деградації агрофітоценозів, що обґрунтовує необхідність розробки та впровадження науково обґрунтованих заходів щодо контролю його поширення.

Ключові слова: інвазійні рослини, фітоценотична структура, проективне покриття, монодомінантні угруповання, екологічна деградація, динаміка видового складу.

Introduction. Invasive plant species are among the key factors driving biodiversity degradation in agroecosystems at both global and regional scales. Their rapid spread leads to transformations in the structure of phytocenoses, disruption of trophic relationships, reduced productivity of agricultural systems, and increased economic losses. Under conditions of global climate change, agricultural intensification, inefficient land use, and declining biological stability of agricultural landscapes, the issue of biological invasions has become particularly acute [4, 12].

Among invasive plant species in Ukraine and Eastern Europe, *Heracleum sosnowskyi* Manden. is considered one of the most aggressive. This species is characterized by high ecological plasticity, intensive seed

reproduction, rapid formation of monodominant stands, high adaptive capacity, and effective displacement of native and cultivated plant species. Within phytocenoses, *Heracleum sosnowskyi* substantially alters species composition, reduces floristic diversity, and disrupts natural self-regulation mechanisms of agroecosystems [13, 20, 26].

The negative impact of *Heracleum sosnowskyi* is not limited to the competitive exclusion of other species. The plant forms a dense upper canopy layer that suppresses the germination and development of low-growing vegetation, modifies light and microclimatic conditions, and influences soil processes through biomass accumulation and changes in the chemical composition of organic residues. Consequently, the structural complexity of

phytocenoses is reduced, leading to a decline in their ecological stability [11, 17].

The issue of the spread of invasive plant species and their impact on biodiversity in natural and anthropogenically transformed ecosystems has been widely addressed in contemporary scientific literature. Numerous authors consider biological invasions to be one of the primary drivers of ecosystem degradation, leading to reductions in species diversity, alterations in phytocenotic structure, and disruption of ecological balance within agricultural landscapes [15, 16].

Heracleum sosnowskyi is considered one of the most dangerous invasive plant species in Europe. Initially introduced as a promising forage crop, it subsequently became widespread and uncontrolled, particularly on abandoned agricultural lands, road verges, river floodplains, and within phytocenoses. Scientific studies have demonstrated that this species exhibits high seed productivity, long-term seed viability in the soil seed bank, and a pronounced competitive advantage over native plant species. Several researchers report a significant decline in both segetal and wild-growing plant species within agroecosystems affected by *Heracleum sosnowskyi* [8, 10, 28].

The impact of *Heracleum sosnowskyi* on phytocenoses is not limited to competition for resources. Authors emphasize its ability to modify microclimatic conditions, particularly soil temperature and moisture regimes, as well as to influence soil biological processes due to the accumulation of substantial amounts of plant residues. Changes in the chemical composition of organic matter and the rate of its mineralization affect the quantity and availability of nutrients for other plant species, thereby further enhancing the invasive potential of this species [1, 3, 7].

Special attention has been given to a distinct line of research focused on assessing the ecological and socio-economic consequences of the spread of *Heracleum sosnowskyi*. Its negative impact on agricultural land productivity, complications in implementing agrotechnical practices, and risks to human health due to the plant's phototoxic properties have been well

documented. At the same time, researchers highlight the limited effectiveness of isolated control measures and emphasize the need for an integrated approach to invasion management [2, 19].

Despite the substantial number of studies available, the impact of *Heracleum sosnowskyi* on the biodiversity of phytocenoses remains insufficiently explored and poorly systematized, particularly with respect to regional land-use characteristics. Consequently, there is a clear need for further research aimed at comprehensive assessments of changes in species composition, structural organization, and ecological stability of phytocenoses under conditions of the spread of this invasive species.

Given the expanding areas affected and the complexity of controlling the spread of *Heracleum sosnowskyi*, comprehensive studies of its impact on agrophytocenoses biodiversity are highly relevant. The findings of such research are essential for developing effective invasion management strategies, biodiversity conservation measures, and the sustainable functioning of agroecosystems.

Materials and methods. The study was conducted during 2020–2025 in natural phytocenoses where *Heracleum sosnowskyi* was present. To assess the impact of this invasive species on the structure and biodiversity of plant communities, the permanent plot method was applied, which allowed the analysis of temporal dynamics in species composition.

Within areas dominated by *Heracleum sosnowskyi*, permanent sample plots of 1 m² were established under relatively homogeneous edaphic and microclimatic conditions. In total, 10 sample plots were established and maintained throughout the entire observation period (2020–2025), which made it possible to analyze temporal changes in the structure of plant communities.

Geobotanical surveys were carried out annually during the period of maximum development of herbaceous vegetation, when species composition and the spatial distribution of phytocenotic components are most clearly expressed. Within each sample plot, the complete species composition of

vascular plants was recorded, and the projective cover of each species was estimated as a percentage. The obtained values were used as a quantitative measure of species participation in the community, as this indicator most accurately reflects competitive interactions among plants in herbaceous plant communities.

To standardize the data and enable comparison across communities with different species richness, the projective cover for each species was converted to relative values. The relative abundance of a species (p_i) was calculated as the proportion of the projective cover of the given species to the total projective cover of all species within the sample plot, using the following formula:

$$p_i = \frac{C_i}{\sum C},$$

where C_i is the projective cover of species i (%), $\sum C$ is the total projective cover of the plant community.

Biodiversity of phytocenoses was assessed using a comprehensive approach that included the analysis of species richness, dominance, and evenness of species distribution. For this purpose, the Shannon-Weaver index (H) was applied, which allows simultaneous consideration of both the number of species and the evenness of their participation within the community. The index was calculated using the following formula:

$$H = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i,$$

where S is the total number of species in the community, p_i is the relative abundance of species i .

To characterize the dominance level of *Heracleum sosnowskyi*, the Simpson's index (D) was applied, which is sensitive to increases in the proportion of dominant species within the community. The index was calculated using the following formula:

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2.$$

An increase in this index's values was interpreted as an enhancement of monodominance and a simplification of the structure of phytocenoses.

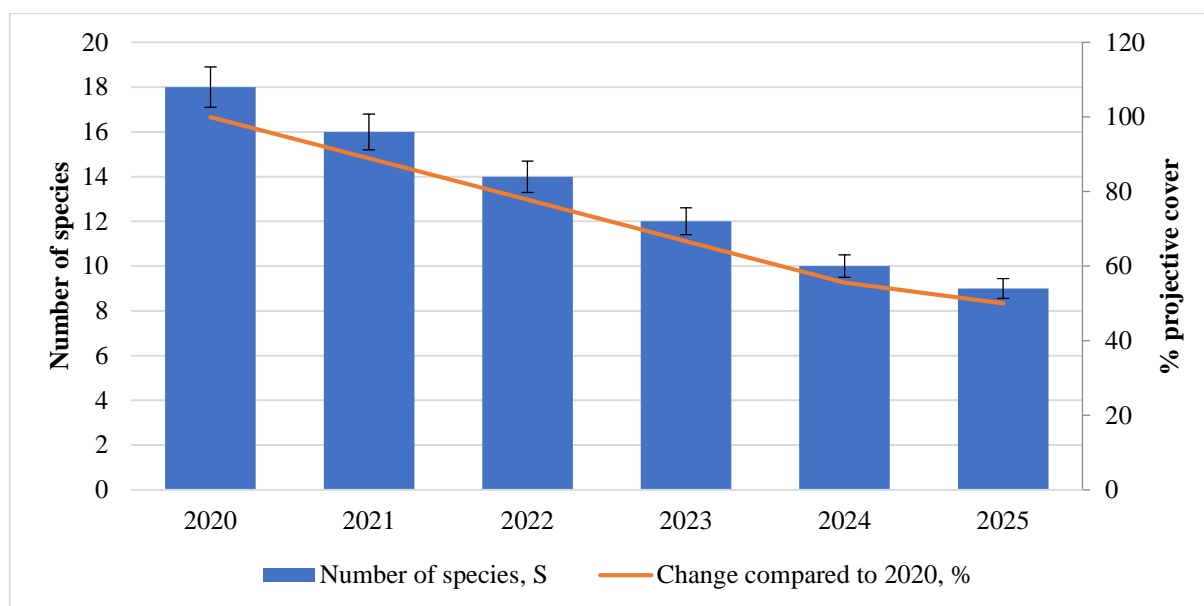
Species evenness within the community was assessed using Pielou's evenness index (J), which is derived from the Shannon-Weaver index and allows comparison of communities with different species richness. The index was calculated using the following formula:

$$J = \frac{H}{\ln S}.$$

To compare the mean values of biodiversity indices among sample plots with different densities of *Heracleum sosnowskyi*, a one-way analysis of variance (ANOVA) was applied. When statistically significant differences were detected, Tukey's post hoc test was used to determine pairwise differences between groups. Correlation relationships between the projective cover of *Heracleum sosnowskyi* and biodiversity indices were assessed using Pearson's correlation coefficient. Scatter plots and regression models were used to visualize these relationships.

Results were considered statistically significant at $p < 0.05$. Data are presented as mean \pm standard deviation ($M \pm SD$) or as median with interquartile range (IQR), depending on the distribution.

Results and discussion. During 2020–2025, a clear trend of declining overall species biodiversity was observed in phytocenoses with *Heracleum sosnowskyi* present. At the initial stage of the study (2020), the communities were characterized by relatively high floristic richness. However, as the projective cover of the invasive species increased, less competitive plant species were gradually displaced. Specifically, in 2021, 16 species were recorded (88.9 % of the initial 2020 level), in 2022 – 14 species (77.8 %), in 2023 – 12 species (66.7 %), in 2024 – 10 species (55.6 %), and by 2025, the number of species had decreased to 9 (50 % of the 2020 level). Figure 1 illustrates the dynamics of species composition, clearly showing a gradual reduction in species numbers over time.



Note: values represent the total number of species recorded in the study plots; n = 3 sampling plots.

Fig. 1. Dynamics of overall species biodiversity in phytocenoses with the presence of *Heracleum sosnowskyi* (mean values for 2020–2025)

Over the six-year study period, the total number of species in the investigated communities decreased by half, indicating the gradual displacement of less competitive species due to the dominance of *Heracleum sosnowskyi*.

One of the key factors driving the transformation of phytocenoses during the study period was the gradual increase in the projective cover of *Heracleum sosnowskyi*. In

2020, *Heracleum sosnowskyi* occupied approximately 35 % of the total projective cover, while the combined cover of other species accounted for 65 %. Over the following years, the proportion of *Heracleum sosnowskyi* steadily increased: 42 % in 2021, 50 % in 2022, 58 % in 2023, 65 % in 2024, and 72 % in 2025. At the same time, the projective cover of all other species decreased correspondingly from 65 to 28 % (Figure 2).

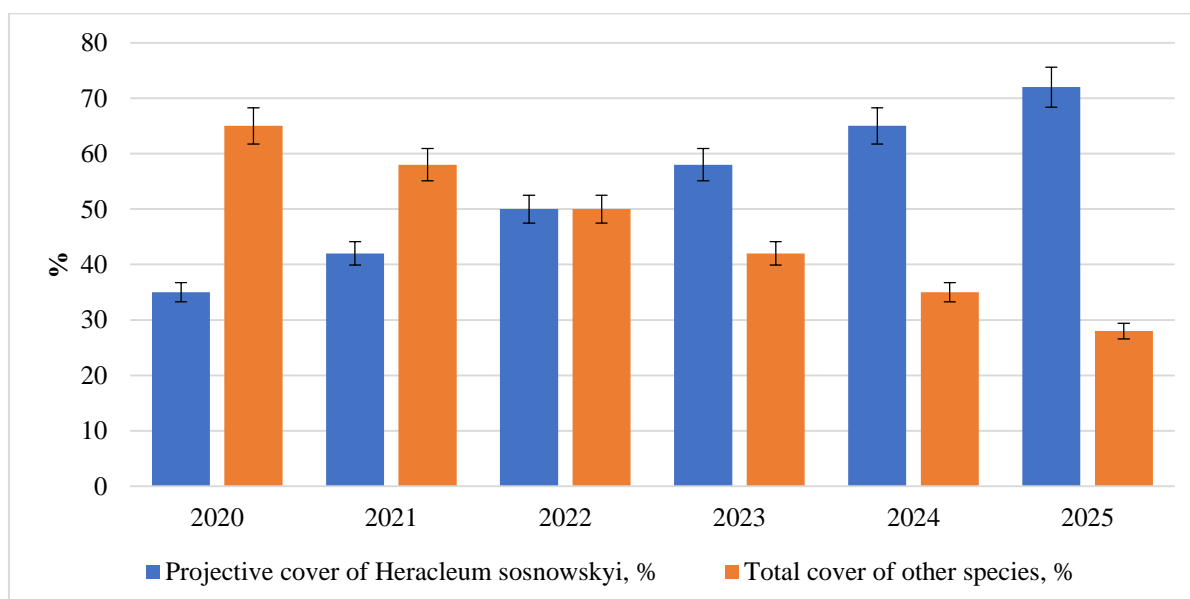


Fig. 2. Dynamics of the projective cover of *Heracleum sosnowskyi* compared to other species in the agrophytocenoses

This dynamic indicates a gradual increase in the dominance of *Heracleum sosnowskyi* and the strengthening of monodominance in phytocenoses. The observed balance between *Heracleum sosnowskyi* and other species in 2022, when their shares reached approximately 50 %, can be considered a critical threshold, after which less competitive species are actively displaced, and floristic diversity declines rapidly.

The illustration of the increasing projective cover of *Heracleum sosnowskyi* compared to other species visually highlights its tendency to dominate and transform community structure. Analysis of the presence of individual species within the phytocenoses allows for a more detailed assessment of

structural changes under the dominance of *Heracleum sosnowskyi*.

In the 2020 experiment, *Heracleum sosnowskyi* accounted for approximately 35 % of the total species cover, while traditional accompanying species such as *Elytrigia repens*, *Taraxacum officinale*, and *Plantago major* accounted for 10–20 %. By 2022, the share of *Heracleum sosnowskyi* increased to 50 %, while the cover of accompanying species decreased as follows: *Elytrigia repens* – 14 %, *Taraxacum officinale* – 12 %, *Plantago major* – 9 %, and other species – 15 %. By 2025, the dominance of the *Heracleum sosnowskyi* population reached 72 %, whereas the proportion of accompanying species had critically declined (Table 1).

1. Relative abundance of main plant species within the agrophytocenoses

Plant species in the agrophytocenoses	Year					
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.	0.35 ± 0.02	0.42 ± 0.03	0.50 ± 0.03	0.58 ± 0.04	0.65 ± 0.04	0.72 ± 0.05
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	0.20 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.01
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg	0.15 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.12 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.06 ± 0.01
<i>Plantago major</i> L.	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01
<i>Trifolium repens</i> L.	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01
<i>Achillea millefolium</i> L.	0.05 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Other species	0.10 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.07 ± 0.02	0.04 ± 0.01

Note. Values are presented as relative species abundances (pi), reflecting the proportion of each species in the total projective cover of the community. Values are presented as mean ± standard deviation (M ± SD) calculated from permanent sampling plots (n = 10).

To quantitatively assess the transformation of phytocenoses under the influence of *Heracleum sosnowskyi* dominance, changes in key biodiversity indices were analyzed: the Shannon-Weaver index (H), Simpson's index (D), and Pielou's evenness index (J). These indicators allow simultaneous consideration of species diversity, dominance, and the evenness of species distribution within the community.

It was found that over the period 2020–2025, the Shannon-Weaver index decreased from 2.21 to 1.23, i.e., to 55.7 % of

its initial value (Figure 3). This trend indicates a gradual loss of species diversity and equilibrium among species within the communities. In the early stages of the study (2020–2021), the decrease in the H index was moderate (down to 91.9 % of the initial level). However, after surpassing the "critical threshold" of *Heracleum sosnowskyi* dominance in 2022, when its share in total cover exceeded 50 %, a rapid decline in the index was observed, reflecting the active displacement of less competitive species.

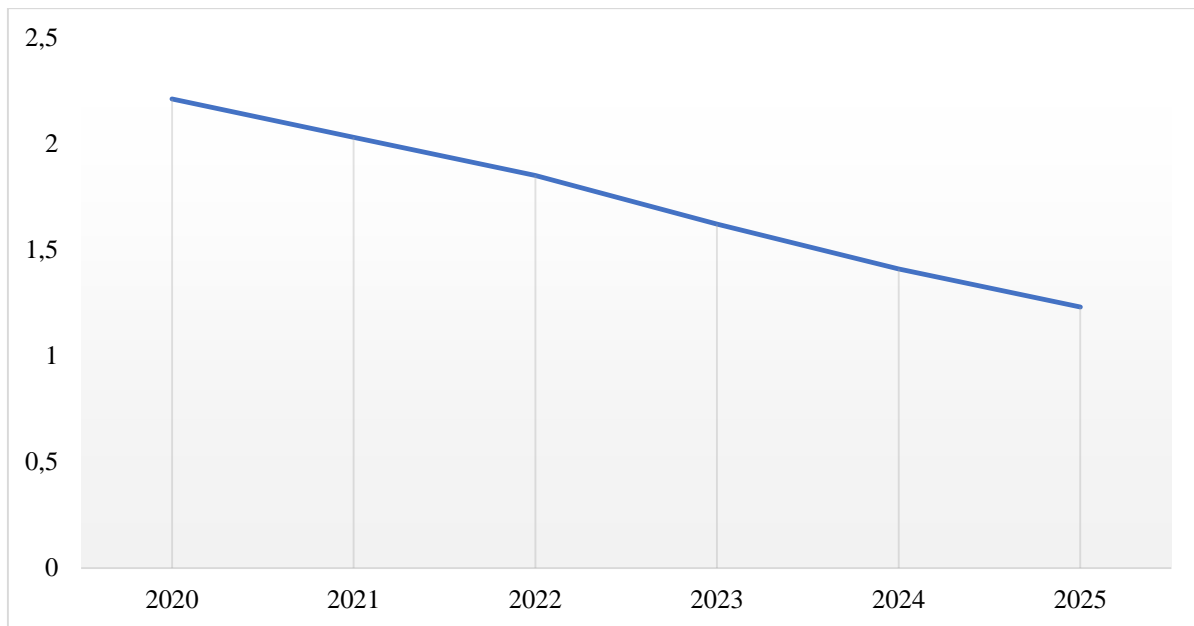


Fig. 3. Dynamics of changes in the Shannon-Weaver index for 2020–2025

At the same time, Simpson's index (D) increased from 0.21 to 0.55 over this period (Figure 4). The rise in D reflects the strengthening monodominance of *Heracleum sosnowskyi* within the communities and, consequently, the simplification of the

agrophytocenoses structure. Simultaneously, Pielou's evenness index (J) decreased from 0.77 to 0.56, indicating a disruption in the evenness of species distribution and the dominance of a single species.

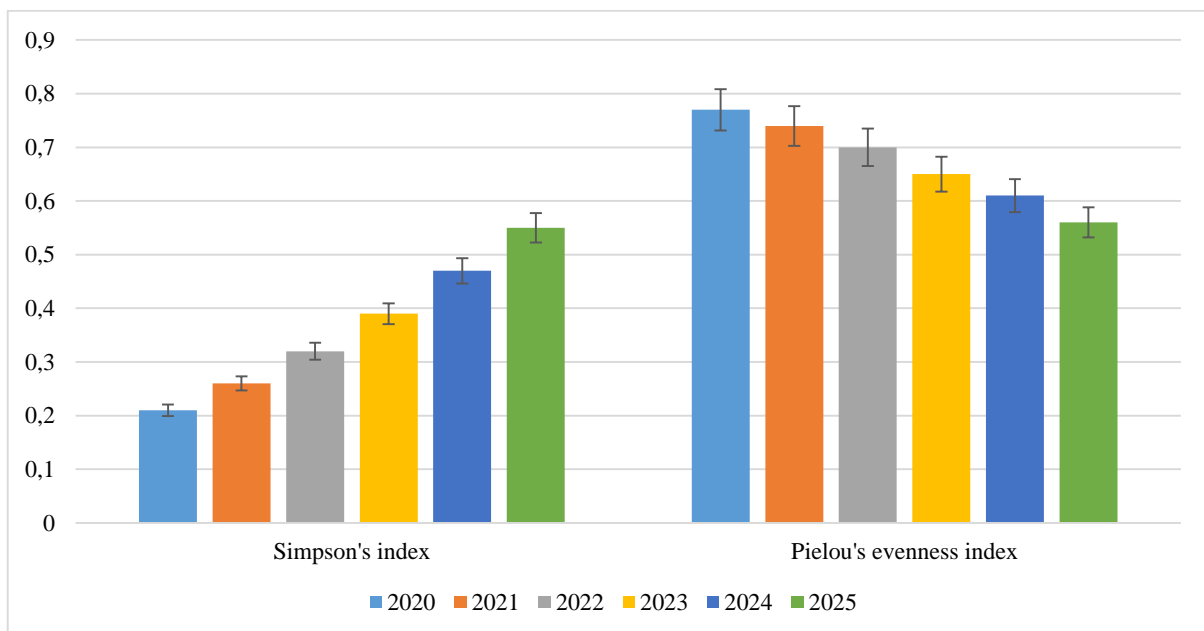


Fig. 4. Dynamics of Simpson's index and Pielou's evenness index for 2020–2025

A generalized analysis of the results convincingly demonstrated that the transformation of phytocenoses occurred directly under the influence of the increasing projective cover of *Heracleum sosnowskyi*.

Gradual growth in its dominance was accompanied by a simultaneous depletion of species diversity and a weakening of species evenness, as evidenced by the dynamics of the

Shannon-Weaver, Simpson, and Pielou indices.

To quantitatively confirm the observed patterns, a correlation analysis was performed, allowing us to assess the strength and direction of the relationship between the projective cover of *Heracleum sosnowskyi* and the main biodiversity indices of phytocenoses (Table 2). The correlation analysis revealed very strong

statistically significant relationships between the projective cover of *Heracleum sosnowskyi* and biodiversity indicators of the phytocenoses. An inverse relationship was found between the cover of *Heracleum sosnowskyi* and the Shannon-Weaver index ($r = -0.998$; $p < 0.001$), indicating a rapid decline in species diversity with increasing dominance of the invasive species.

2. Correlation between the projective cover of *Heracleum sosnowskyi* and biodiversity indices

Biodiversity index	Pearson r	p-value
Shannon-Weaver index	-0,998	< 0,001
Simpson index	0,988	< 0,001
Pielou's evenness index	-0,996	< 0,001

Note. Correlation analysis was performed using Pearson's coefficient ($n = 6$). Values of $p < 0.05$ indicate statistically significant relationships.

Similarly, Pielou's evenness index showed a strong negative correlation ($r = -0.996$; $p < 0.001$), indicating disruption of species evenness within the communities.

At the same time, Simpson's index showed a strong positive correlation with the projective cover of *Heracleum sosnowskyi* ($r = 0.988$; $p < 0.001$), confirming that monodominance intensified and community structure simplified as *Heracleum sosnowskyi* activity increased.

The obtained results indicate that the transformation of phytocenoses under the influence of *Heracleum sosnowskyi* is associated not only with an increase in its projective cover but also with a complex set of ecological mechanisms affecting the structure of plant communities. One of the key factors is strong light competition. *Heracleum sosnowskyi* forms tall and dense stands with a large leaf surface area, which leads to significant shading of the ground vegetation layer. Under such conditions, light-demanding species, particularly many representatives of forbs, are gradually displaced, while more shade-tolerant species may persist only during the early stages of invasion.

In addition, the large biomass and high density of *Heracleum sosnowskyi* stems contribute to changes in the microclimatic conditions within the phytocenosis, including increased humidity and reduced temperature

fluctuations in the near-ground layer. Such changes may negatively affect seed germination and the development of many herbaceous plant species. Another important factor is the accumulation of a large amount of plant litter after the dieback of aboveground biomass, which leads to the formation of a dense litter layer and limits the germination and establishment of other species.

During the invasion process, changes in the ecological structure of the plant community are also observed. The proportion of grasses and legumes gradually decreases, while the dominance of *Heracleum sosnowskyi* leads to a simplification of the community structure and the formation of monodominant stands. The participation of perennial meadow species, which are important components of stable herbaceous ecosystems, also declines.

Furthermore, according to previous studies, *Heracleum sosnowskyi* may exhibit allelopathic properties by releasing biologically active compounds that inhibit the germination and growth of neighboring plants. In combination with light competition, microclimatic changes, and litter accumulation, these processes create a complex mechanism of displacement of accompanying species and contribute to the gradual decline of biodiversity within affected phytocenoses.

Thus, *Heracleum sosnowskyi* appears to influence the structure and functional stability of phytocenoses. During the study period, the phytocenoses showed a noticeable decline in biodiversity, reflected in reduced species richness, increased monodominance, and lower ecological evenness. The increasing projective cover of *H. sosnowskyi* was identified as a potential contributor to these changes, highlighting the need for informed management and monitoring measures to address its spread.

The results of this study, demonstrating the significant impact of *Heracleum sosnowskyi* on the composition and structural stability of phytocenoses, are consistent with numerous contemporary studies that highlight the invasive potential of this species and its ecological consequences. Indeed, the study revealed that a systematic increase in the share of *Heracleum sosnowskyi* in the overall structure of plant communities was accompanied by a corresponding decrease in the participation of companion species, which directly affected the floristic structure and increased the dominance of invasive species. These data indicate a rapid decrease in the dominance of companion species and the loss of structural multicomponent diversity in communities, which confirms the high competitive ability of *Heracleum sosnowskyi* and its ability to transform the composition of phytocenoses.

In particular, most authors note the extensive distribution of *Heracleum sosnowskyi* in Ukrainian plant communities and emphasize its ability to form distinct phytocoenotic groups that strongly affect local plant assemblages. These data confirm the high invasive potential of *Heracleum sosnowskyi* and its close association with transformations of plant cover in natural and semi-natural environments [9, 21].

These findings also align with studies that consider *Heracleum sosnowskyi* an invasive species with a negative impact on biodiversity and the ability to displace native species due to its ecological plasticity and adaptive traits [10, 14, 25]. Furthermore, results from local field studies confirm that

Heracleum sosnowskyi possesses a high spread potential in certain landscapes, demonstrating stable range expansion and considerable phytocoenotic pressure on the floristic structure of local communities [24, 27].

International publications also emphasize that *Heracleum sosnowskyi* is one of the key invasive species threatening biodiversity, alongside Canadian goldenrod (*Solidago canadensis*) and common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), underscoring its relevance to national strategies for invasive species management [6, 22].

Scientific research further indicates that species of the genus *Heracleum*, including *Heracleum sosnowskyi*, not only displace native species but can also cause long-term changes in ecosystem functions, manifested in suppressed species diversity and disruption of natural processes in herbaceous communities [5, 18, 19, 23].

Thus, the results of the present study over 2020–2025, demonstrating increased monodominance, decreased biodiversity indices, and changes in plant community structure, align with a broad body of scientific research on the negative impact of *Heracleum sosnowskyi* on local ecosystems. The species can suppress less competitive plants and contribute to biodiversity degradation at both global and regional scales.

Conclusions. The study demonstrated that *Heracleum sosnowskyi* significantly alters the structure and stability of phytocenoses. Its increasing dominance leads to the displacement of less competitive species, reduced species diversity, and the formation of monodominant communities. These changes indicate a disruption of community evenness and simplification of phytocoenotic structure.

The findings highlight the high invasive potential of *Heracleum sosnowskyi* and underscore the need for timely and scientifically informed management measures. Monitoring species composition, projective cover, and biodiversity indices can help identify critical thresholds for intervention and support effective planning of control and restoration strategies. Implementing such measures will contribute to the conservation of

biodiversity and the maintenance of ecosystem stability in affected agricultural landscapes. It is recommended to regularly monitor the proportion of *Heracleum sosnowskyi* in

communities and take measures to limit its dominance in order to maintain species diversity and even distribution of species.

Список використаної літератури

1. Корпіта Г. М. Ефективність застосування гербіцидів у боротьбі з борщівником сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в умовах західного Лісостепу України. *Агронаука і практика*. 2025. Вип. 4 (3). С. 23–26. DOI: 10.32636/agroscience.2025-(4)-3-4.
2. Корсун О. Історичні аспекти досліджень видів роду *Heracleum* L. на території України. *Біологія та біохімія*. 2024. 10 (2), 62–73. <https://doi.org/10.33989/2024.10.2.323729>.
3. Adaptation strategies of *Heracleum sosnowskyi* in Ukrainian Polissia / I. V. Khomiak et al. *Biosystems Diversity*, 2024. 32 (1), 45–53. DOI: <https://doi.org/10.15421/012409>.
4. Bakacsy L., & Bagi I. Survival and regeneration ability of clonal common milkweed (*Asclepias syriaca* L.) after a single herbicide treatment in natural open sand grasslands. *Scientific Reports*, 2020. 10, 71202. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71202-8>.
5. Control of *Heracleum sosnowskyi* plant numbers in agricultural and forestry phytocenoses of Ukraine / Y. Makukh et al. *Scientific Horizons*, 2021. 24 (11), 45–56. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(11\).2021.45-56](https://doi.org/10.48077/scihor.24(11).2021.45-56).
6. Differences in the response of invasive *Solidago canadensis* and native *Imperata cylindrica* to glyphosate / X. Ye et al. *Plants*, 2025. 14, 2640. <https://doi.org/10.3390/plants14172640>.
7. Features of biodiversity conservation under the spread of invasive weed species: Analysis and prospects / H. Korpita et al. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія: Агронімія*. 2024. (28), 51–56. <https://doi.org/10.31734/agronomy2024.28.051>.
8. Frommelt F. Invasive alien species – The eradication or use of invasive alien species under EU law, in Sustainability and law: general and specific aspects / Editors V. Mauerhofer, D. Rupo, and L. Tarquinio. 2020. (Cham : Springer), 475–496.
9. Goncharenko, I., Koniakin, S., Leshcheniuk, O. Giant hogweeds (*Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*) in Ukraine: distribution, ecological and coenotical features. *Folia Oecologica*. 2024. 51 (1). 93–107. doi: 10.2478/foecol-2024-0010.
10. Grzedzicka E. Invasion of the giant hogweed and the Sosnowsky's hogweed as a multidisciplinary problem with unknown future – A review. *Earth*, 2022. 3 (1), 287–312. <https://doi.org/10.3390/earth3010018>.
11. Grzędzicka E. The severe invasion of Sosnowsky's hogweed *Heracleum sosnowskyi* favours European honeybees *Apis mellifera* over other pollinators. *Apidologie*. 2025. 56, 77. <https://doi.org/10.1007/s13592-025-01205-9>.

References

1. Korpita H. Effectiveness of herbicide application in controlling sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) in the conditions of the Western forest-steppe of Ukraine. 2025. Vol. 4 (3). P. 23–26. DOI: 10.32636/agroscience.2025-(4)-3-4.
2. Korsun O. Historical aspects of research on species of the genus *Heracleum* L. in Ukraine. *Biology and Ecology*, 2024. 10 (2), 62–73. <https://doi.org/10.33989/2024.10.2.323729>.
3. Adaptation strategies of *Heracleum sosnowskyi* in Ukrainian Polissia / I. V. Khomiak et al. *Biosystems Diversity*, 2024. 32 (1), 45–53. DOI: <https://doi.org/10.15421/012409>.
4. Bakacsy L., & Bagi I. Survival and regeneration ability of clonal common milkweed (*Asclepias syriaca* L.) after a single herbicide treatment in natural open sand grasslands. *Scientific Reports*, 2020. 10, 71202. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71202-8>.
5. Control of *Heracleum sosnowskyi* plant numbers in agricultural and forestry phytocenoses of Ukraine / Y. Makukh et al. *Scientific Horizons*, 2021. 24 (11), 45–56. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(11\).2021.45-56](https://doi.org/10.48077/scihor.24(11).2021.45-56).
6. Differences in the response of invasive *Solidago canadensis* and native *Imperata cylindrica* to glyphosate / X. Ye et al. *Plants*, 2025. 14, 2640. <https://doi.org/10.3390/plants14172640>.
7. Features of biodiversity conservation under the spread of invasive weed species: Analysis and prospects / H. Korpita et al. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series: Agronomy*, 2024. (28), 51–56. <https://doi.org/10.31734/agronomy2024.28.051>.
8. Frommelt F. Invasive alien species – The eradication or use of invasive alien species under EU law, in Sustainability and law: general and specific aspects / Editors V. Mauerhofer, D. Rupo, and L. Tarquinio. 2020. (Cham : Springer), 475–496.
9. Goncharenko, I., Koniakin, S., Leshcheniuk, O. Giant hogweeds (*Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*) in Ukraine: distribution, ecological and coenotical features. *Folia Oecologica*. 2024. 51 (1). 93–107. doi: 10.2478/foecol-2024-0010.
10. Grzedzicka E. Invasion of the giant hogweed and the Sosnowsky's hogweed as a multidisciplinary problem with unknown future – A review. *Earth*, 2022. 3 (1), 287–312. <https://doi.org/10.3390/earth3010018>.
11. Grzędzicka E. The severe invasion of Sosnowsky's hogweed *Heracleum sosnowskyi* favours European honeybees *Apis mellifera* over other pollinators. *Apidologie*. 2025. 56, 77. <https://doi.org/10.1007/s13592-025-01205-9>.

12. Gubar L., & Koniakin S. Populations of *Heracleum sosnowskyi* and *H. mantegazzianum* (Apiaceae) in Kyiv (Ukraine). *Folia Oecologica*, 48 (2), 2021. 215–228. <https://doi.org/10.2478/foecol-2021-0022>.
13. Gudžinskas Z., & Žalneravičius E. Seedling dynamics and population structure of invasive *Heracleum sosnowskyi* (Apiaceae) in Lithuania. *Annales Botanici Fennici*, 2018. 55, 309–320. <https://doi.org/10.5735/085.055.0412>.
14. Herbicide-resistant invasive plant species *Ludwigia decurrens* Walter / D. Kurniadie et al. *Plants*, 2021. 10, 1973. <https://doi.org/10.3390/plants10091973>.
15. Influence of invasion by Sosnowsky's hogweed on nematode communities and microbial activity in forest and grassland ecosystems / A. Čerevková et al. *Global Ecology and Conservation*, 2020. Vol. 21, e00851. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00851>.
16. Invasive alien species of Union concern. European Commission. 2022. Luxembourg.
17. Jahodova S. *Heracleum sosnowskyi* (Sosnowsky's hogweed). Cabi Compendium. 2023. Wallingford, UK. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.108958>.
18. Lin H., Chen L., & Li J. Multiple introductions and distinct genetic groups of *Solidago canadensis* in China revealed by genomic single-nucleotide polymorphisms. *Plants*, 2023. 12, 1734. <https://doi.org/10.3390/plants12091734>.
19. Mykhalyuk I. M., Halahan O. K., & Duh O. I. Ecobiological threats of species distribution of the genus *Heracleum* in the territory of Kremenets, Ternopil region. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2017. 7 (4), 506–510.
20. Non-chemical control methods of Sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) / O. Ivashchenko et al. *Zemdirbyste–Agriculture*, 2022. 109 (3), 269–276. <https://doi.org/10.13080/z-a.2022.109.034>.
21. No saturation in the accumulation of alien species worldwide / H. Seebens et al. *Nature Communications*, 2017. 8, 14435. <https://doi.org/10.1038/ncomms14435>.
22. Rai, P. K., Singh, J. Invasive alien plant species: their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecological Indicators*, 2020. 111: 106020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020>.
23. Scientists' warning on invasive alien species / P. Pyšek et al. *Biological Reviews*, 2020. 95, 1511–1534. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>.
24. Solomiichuk M., & Solomiichuk M. Systematic approach in struggle against *Heracleum sosnowskyi* with GPS mapping usage. *Quarantine and Plant Protection*, 2024. (2), 29–35. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.2.29-35>
25. Storchous I. Harmfulness of giant *Heracleum* hogweed and methods of their control. *Карантин і захист рослин*, 2021. (3), 24–33. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2021.3.24-33>.
26. Thermal weed control technologies for conservation agriculture – A review / M. V. Bauer et al.
12. Gubar L., & Koniakin S. Populations of *Heracleum sosnowskyi* and *H. mantegazzianum* (Apiaceae) in Kyiv (Ukraine). *Folia Oecologica*, 48 (2), 2021. 215–228. <https://doi.org/10.2478/foecol-2021-0022>.
13. Gudžinskas Z., & Žalneravičius E. Seedling dynamics and population structure of invasive *Heracleum sosnowskyi* (Apiaceae) in Lithuania. *Annales Botanici Fennici*, 2018. 55, 309–320. <https://doi.org/10.5735/085.055.0412>.
14. Herbicide-resistant invasive plant species *Ludwigia decurrens* Walter / D. Kurniadie et al. *Plants*, 2021. 10, 1973. <https://doi.org/10.3390/plants10091973>.
15. Influence of invasion by Sosnowsky's hogweed on nematode communities and microbial activity in forest and grassland ecosystems / A. Čerevková et al. *Global Ecology and Conservation*, 2020. Vol. 21, e00851. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00851>.
16. Invasive alien species of Union concern. European Commission. 2022. Luxembourg.
17. Jahodova S. *Heracleum sosnowskyi* (Sosnowsky's hogweed). Cabi Compendium. 2023. Wallingford, UK. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.108958>.
18. Lin H., Chen L., & Li J. Multiple introductions and distinct genetic groups of *Solidago canadensis* in China revealed by genomic single-nucleotide polymorphisms. *Plants*, 2023. 12, 1734. <https://doi.org/10.3390/plants12091734>.
19. Mykhalyuk I. M., Halahan O. K., & Duh O. I. Ecobiological threats of species distribution of the genus *Heracleum* in the territory of Kremenets, Ternopil region. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2017. 7 (4), 506–510.
20. Non-chemical control methods of Sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) / O. Ivashchenko et al. *Zemdirbyste–Agriculture*, 2022. 109 (3), 269–276. <https://doi.org/10.13080/z-a.2022.109.034>.
21. No saturation in the accumulation of alien species worldwide / H. Seebens et al. *Nature Communications*, 2017. 8, 14435. <https://doi.org/10.1038/ncomms14435>.
22. Rai, P. K., Singh, J. Invasive alien plant species: their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecological Indicators*, 2020. 111: 106020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020>.
23. Scientists' warning on invasive alien species / P. Pyšek et al. *Biological Reviews*, 2020. 95, 1511–1534. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>.
24. Solomiichuk M., & Solomiichuk M. Systematic approach in struggle against *Heracleum sosnowskyi* with GPS mapping usage. *Quarantine and Plant Protection*, 2024. (2), 29–35. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.2.29-35>
25. Storchous I. Harmfulness of giant *Heracleum* hogweed and methods of their control. *Quarantine and*

Weed Research, 2020. Vol. 60. Issue 4. P. 241–250. <https://doi.org/10.1111/wre.12418>.

27. Vykhov B., & Prots B. *Heracleum sosnowskyi* in the Transcarpathia: Ecology, distribution and environmental impact. *Studia Biologica*, 2022. 16 (2), 75–86. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.0603.229>.

28. Why are invasive plants successful? / M. Gioria et al. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2023. 74 (1), 635–670. doi: 10.1146/annurev-arplant-070522-071021.

Plant Protection, 2021. (3), 24–33. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2021.3.24-33>.

26. Thermal weed control technologies for conservation agriculture – A review / M. V. Bauer et al. *Weed Research*, 2020. Vol. 60. Issue 4. P. 241–250. <https://doi.org/10.1111/wre.12418>.

27. Vykhov B., & Prots B. *Heracleum sosnowskyi* in the Transcarpathia: Ecology, distribution and environmental impact. *Studia Biologica*, 2022. 16 (2), 75–86. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.0603.229>.

28. Why are invasive plants successful? / M. Gioria et al. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2023. 74 (1), 635–670. doi: 10.1146/annurev-arplant-070522-071021.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-2

Review

UDC 631.421:303.436.3

**SCIENTIFIC LEGACY AND RESEARCH CONTRIBUTIONS
OF THE LONG-TERM FIELD EXPERIMENT AT THE INSTITUTE
OF AGRICULTURE OF CARPATHIAN REGION OF THE NAAS****Y. Olifir, T. Partyka, O. Havryshko, N. Kozak**

Institute of Agriculture
of Carpathian Region of NAAS
*Hrushevskoho Street, 5, Obroshyne
village, Lviv district, Lviv region,
81115*

About authors:

Yurii OLIFIR
ORCID: 0000-0002-7920-1854

Tetiana PARTYKA
ORCID: 0000-0001-7912-5292

Oleh HAVRYSHKO
ORCID: 0000-0002-5458-0691

Nadiia KOZAK
ORCID: 0000-0002-2809-2432

For corresponding:

Yurii OLIFIR
e-mail: olifir.yura@gmail.com

Funding information:

Ministry of Education and Science
of Ukraine

Received:
January 23, 2026
Accepted:
March 11, 2026
Published:
March 31, 2026

This paper presents the history, experimental design, and main scientific results obtained during the 60-year operation of the long-term field experiment at the Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS. The experiment was established in 1965 to investigate the long-term effects of organic, mineral, and lime fertilizers in crop rotation on the fertility of acidic, light-grey forestal surface-gleyed soils corresponding to the Albic Pantostagnic Luvisol (WRB 2022). The experimental design includes different fertilization systems combined with periodic liming, enabling the assessment of long-term changes in soil agrochemical, physicochemical, and biological properties, as well as crop productivity. Results obtained over 12 crop rotation cycles demonstrate that the organo-mineral fertilization system (N₆₅P₆₈K₆₈ combined with 10 t ha⁻¹ of manure and periodic liming) provides the highest crop rotation productivity and contributes to the stabilization of soil acidity, improvement of nutrient regimes, and accumulation of soil organic matter. In contrast, prolonged sole mineral fertilization on low-buffered acidic soils leads to progressive soil acidification, increased mobile aluminium content, and deterioration of humus quality. The experiment represents a unique scientific infrastructure for monitoring soil transformation processes under long-term agricultural use and provides an important information basis for the development of sustainable soil fertility management strategies in changing climatic conditions.

Keywords: long-term field experiment, soil fertility, fertilization systems, liming, Albic Pantostagnic Luvisol, soil acidity, crop rotation, soil organic matter.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

© Olifir Y., Partyka T., Havryshko O., Kozak N., 2026

Наукова спадщина та результати довготривалого польового дослідження Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН

Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

Про авторів:

Юрій ОЛІФІР,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-7920-1854

Тетяна ПАРТИКА,
кандидат біологічних наук
ORCID: 0000-0001-7912-5292

Олег ГАВРИШКО,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-5458-0691

Надія КОЗАК,
доктор філософії
ORCID: 0000-0002-2809-2432

Для листування:

Юрій ОЛІФІР
e-mail: olifir.yura@gmail.com

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:
23 січня 2026 р.
Погоджено до друку:
11 березня 2026 р.
Опубліковано:
31 березня 2026 р.

У статті висвітлено історію створення, експериментальну схему та основні наукові результати, отримані протягом 60-річного функціонування довготривалого польового дослідження Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Дослідження закладено у 1965 р. з метою вивчення довготривалого впливу органічних, мінеральних і вапнякових добрив у сівозміні на родючість кислих ясно-сірих лісових поверхнево-оглеєних ґрунтів, які за міжнародною класифікацією WRB (2022) відповідають Albic Pantostagnic Luvisol. Схема дослідження передбачає різні системи удобрення у поєднанні з періодичним вапнуванням, що дає змогу оцінити багаторічну динаміку агрохімічних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту, а також продуктивність культур сівозміни. Узагальнення результатів дванадцяти ротаций сівозміни показало, що найбільш ефективною є органо-мінеральна система удобрення (N₆₅P₆₈K₆₈ у поєднанні з внесенням 10 т/га гною на гектар сівозмінної площі та періодичним вапнуванням), яка забезпечує найвищу продуктивність сівозміни, стабілізацію кислотності ґрунту, покращення поживного режиму та накопичення органічної речовини. Встановлено, що тривале застосування лише мінеральних добрив на низькобуферних кислих ґрунтах спричинює їх подальше підкислення, підвищення вмісту рухомого алюмінію та погіршення якісного складу гумусу. Довготривалий польовий дослід є унікальною науковою інфраструктурою для моніторингу трансформації ґрунтів за умов тривалого агровикористання та формує наукову основу для розроблення сталих систем управління родючістю ґрунтів в умовах змін клімату.

Ключові слова: довготривалий польовий дослід, родючість ґрунту, системи удобрення, вапнування, Albic Pantostagnic Luvisol, кислотність ґрунту, сівозміна, органічна речовина ґрунту.

Introduction. The most representative research method for studying the theoretical and practical foundations of soil fertility preservation, increasing crop yields, and improving product quality is the long-term field experiment [1]. These experiments occupy a unique position in agricultural research, since many soil processes respond to management changes only after years or decades, making short-term studies insufficient for detecting meaningful trends [8, 17].

According to the Long-Term Field Experiments Overview Map (LTE-Map), more than 600 long-term agricultural experiments are currently documented worldwide, several of which have been maintained for more than a century. Among the most well-known examples are the Rothamsted experiments in the United Kingdom (established in 1843), the Morrow Plots in the United States (1876), the rye experiment in Halle (Germany, 1878), and the Askov experiment in Denmark (1894). These experimental infrastructures provide

unique long-term datasets that allow researchers to analyse cumulative management effects, evaluate soil fertility dynamics, and assess the sustainability of agricultural systems over time [12, 13].

The particular value of long-term stationary field experiments as information sources lies in their capacity to accumulate scientific data over several decades. Combined with contemporary observations, this longitudinal perspective enables the objective identification of natural patterns in the functioning of soil systems at both regional and global levels [4]. At the same time, the long-term nature of such experiments provides opportunities to introduce necessary adjustments in response to emerging scientific challenges and societal needs, thereby improving the efficiency of research and the reliability of results.

Due to the delayed responses of many soil parameters to changes in management practices, these parameters are crucial for understanding the long-term effects of agricultural management on soil productivity and soil health [8]. This is particularly relevant for acidic soils, where the consequences of liming and fertilization on soil organic matter dynamics and aluminium mobility may not become apparent for one or more crop rotation cycles [9, 14].

Long-term field experiments are typically conducted to study the effects of cropping systems (crop rotations, mineral and organic fertilization, tillage practices, and post-harvest residue management) on crop yields, product quality, and soil properties [19]. Long-term fertilization experiments serve as an indispensable platform for understanding complex interactions among soil, plants, climate, and management practices, as well as for determining how these interactions influence yield stability over time [15, 20]. In particular, the combination of organic and mineral fertilizers has consistently demonstrated advantages over sole mineral fertilization in maintaining soil organic

carbon, improving microbial activity, and sustaining long-term productivity [20, 22].

The scientific value of long-term experiments lies not only in their duration but also in the consistency of their experimental design. The repeated application of defined management practices under stable conditions enables the identification of cumulative effects and gradual transformations in soil systems that remain undetectable in short-term trials [16]. Such experiments therefore provide an essential basis for evaluating long-term productivity stability, soil quality evolution, and ecological consequences of agricultural management [11].

At the current stage of development of Ukraine's agricultural sector, long-term stationary agrotechnical experiments investigating crop rotations, soil tillage technologies, and fertilization systems have become particularly important. They make it possible to study the systematic effects of different agricultural technologies on soil fertility, biological processes, and environmental conditions, and to determine nutrient cycling and the direction of energy flows, thereby providing a theoretical basis for the sustainable and environmentally safe development of agroecosystems under different soil and climatic conditions [7].

However, the time scale itself is not the main criterion for defining an experiment as long-term. An equally important criterion is the continuity of a repeated cycle of defined management practices. These practices may include crop rotations, soil improvement measures, nutrient application, or climate-related factors aimed at studying or confirming their long-term effects [16]. Moreover, long-term experiments are increasingly expected to serve as platforms for monitoring the effects of climate change on soil processes and agricultural productivity, which requires flexible experimental designs capable of accommodating new research questions without compromising the integrity of the original treatments [8, 17].

In Ukraine, according to the register of certified stationary experiments compiled by the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (NAAS) in 2014, only 4 out of 89 experiments had a duration exceeding 60 years. According to the international classification, such experiments are referred to as ultra-long-term or classical experiments. In all countries, long-term field experiments represent an exceptional scientific value and are considered inviolable; no one has the right to modify or terminate them without a decision of the relevant state authorities [6].

Long-term experimental infrastructures are particularly important for agricultural systems undergoing structural and economic transformation. In transition economies, agricultural management decisions are often guided by short-term productivity indicators, which may obscure gradual soil degradation processes such as acidification, nutrient imbalance, and structural decline. Long-term monitoring experiments, therefore, provide critical evidence for identifying such processes and for developing sustainable soil management strategies under changing economic and climatic conditions.

The value of well-designed and well-executed long-term experiments increases over time, as does their cost. However, their economic efficiency improves when they serve multiple research objectives and are conducted on well-characterised sites, enabling results to be extrapolated as widely as possible [12]. This is facilitated by the inclusion of such experiments in international networks, which promotes standardisation of methodologies and broader comparative analyses across diverse pedoclimatic conditions.

Research has shown that long-term field experiments are valuable for identifying ways to protect European soils and for developing scientifically grounded alternative management approaches for the future [11]. However, such experiments should place greater emphasis on biological indicators of soil quality, greenhouse gas

emissions, and the buffering capacity of soils against acidification to better assess trade-offs and synergies among different management practices [9, 11].

Therefore, the aim of this study was to synthesise the results from the long-term stationary field experiment conducted by the Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS and to analyse the cumulative effects of different fertilization and liming systems on soil properties and agroecosystem productivity. The objectives were: (i) to identify long-term trends in the transformation of light-grey forestal surface-gleyed soil properties and crop productivity under contrasting fertilization systems; and (ii) to evaluate the implications of these long-term changes for sustainable soil management and adaptation of agricultural production to current climate change.

Materials and methods. The long-term stationary field experiment (49°47'54.3"N, 23°52'26.9"E) was established in 1965 at the Department of Agrochemistry and Soil Science of the Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS by Adam Humeniuk, PhD in Agricultural Sciences. The experiment entitled "Effect of long-term application of organic, mineral and limestone fertilizers in crop rotation on the fertility of light grey forest surface-gleyed soils, crop yield and quality" was designed to evaluate the effectiveness of different liming rates and fertilization systems in crop rotation on acidic light grey forest surface-gleyed soil.

According to the results of inventories conducted in 2005 and 2014, the long-term field experiment was included in the Register of Long-Term Stationary Field Experiments of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (NAAS) (registration certificate No. 29) [6].

In 2023, the experiment was also included in the Global Long-Term Agricultural Experiments Network (GLTEN), which comprises experimental sites across six continents that represent diverse climatic conditions, environments,

cropping systems, and agricultural management practices [10].

The soil at the experimental site is classified as light grey forest surface-gleyed soil formed on loess-like deposits, which according to the World Reference Base for Soil Resources (WRB, 2022) corresponds to Albic Pantostagnic Luvisol [21].

The region's climate is humid continental, with warm summers. The average annual air temperature is +7.5 °C. The sum of active temperatures above 10 °C ranges from 2400 to 2800 °C, ensuring 160–175 days of active vegetation. Mean annual precipitation is 767 mm, of which 300–380 mm falls during the warm season. The hydrothermal coefficient ranges from

1.3 to 1.6, indicating adequate moisture supply for crop production [5].

According to particle-size distribution analysis, the plough layer of the light grey forest soil is classified as coarse silt light loam. The initial agrochemical characteristics of the soil prior to the establishment of the experiment were as follows: humus content (Tyurin method) 1.42 %, soil pH (KCl) 4.2, hydrolytic acidity (Kappen method) 4.5 cmol(+) kg⁻¹ soil, exchangeable acidity (Sokolov method) 0.6 cmol(+) kg⁻¹ soil, mobile aluminium content 60.0 mg kg⁻¹, available phosphorus (Kirsanov method) 36.0 mg kg⁻¹, and exchangeable potassium (Maslova method) 50.0 mg kg⁻¹. These characteristics indicate the low natural fertility of the soil (Table 1).

1. Initial agrochemical properties of the plough layer (0–20 cm) and particle-size distribution of light-grey forestal soil before the establishment of the long-term field experiment (1965)

Agrochemical properties of the plough layer (0–20 cm)					
Humus, %	pH (KCl)	Hydrolytic acidity, cmol(+) kg ⁻¹ soil	Mobile aluminium	Available phosphorus	Exchangeable potassium
			mg 100 g ⁻¹ soil		
<u>1.42</u> 1.39–1.45	<u>4.2</u> 4.0–4.4	<u>4.5</u> 4.1–4.9	<u>6.0</u> 5.8–6.2	<u>3.6</u> 3.01–4.19	<u>5.0</u> 4.2–5.8
Particle-size distribution of the soil profile					
Sampling depth, cm	Particle size (mm), %				
	Sand	Silt	Clay	Physical clay	
	> 0.25–0.05	0.05–0.001	< 0.001	< 0.01	
0–22	13.0	81.5	5.2	20.7	
22–32	16.0	78.3	3.6	20.4	
40–50	19.5	66.6	13.1	26.3	
53–63	13.9	72.9	12.4	27.7	
85–95	12.8	73.8	12.1	28.0	
110–120	19.9	62.9	15.6	32.1	
135–145	13.9	72.5	11.9	29.1	

Note. The numerator indicates mean values, and the denominator indicates the range of variation.

Experimental layout

Since its establishment, the long-term field experiment has been conducted on three fields. Each field comprises 18 treatment variants arranged in three replications, resulting in 54 plots per field. Crop rotations are introduced sequentially, with one field entering the next stage of the rotation each year. Due to the experimental layout, the crop rotation started in 1965, 1966, and 1967 on

the first, second, and third fields, respectively. The total plot size is 28 × 6 m (168 m²), with a harvest area of 25 × 4 m (100 m²). The plots are arranged in a single-tier sequential layout.

At the beginning of the experiment, a seven-field crop rotation was established: potato – spring barley undersown with red clover – red clover – winter wheat – sugar beet – maize for green mass – winter wheat (Table 2).

2. Experimental design of the long-term field experiment during rotations I–V

Treatment No.	Lime rate (based on hydrolytic acidity)	Potato	Spring barley + red clover	Red clover	Winter wheat	Sugar beet	Maize for silage	Winter wheat
1	No fertilizers (control)							
2	1.0	–	–	–	–	–	–	–
3	–	FYM 40 t ha ⁻¹	–	–	–	FYM 30 t ha ⁻¹	–	–
4	1.0	FYM 40 t ha ⁻¹	–	–	–	FYM 30 t ha ⁻¹	–	–
5	–	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	FYM 30 t ha ⁻¹ + N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
6	0.5	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	FYM 30 t ha ⁻¹ + N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
7	1.0	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	FYM 30 t ha ⁻¹ + N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
8	1.0*	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	FYM 30 t ha ⁻¹ + N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
9	1.0	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₄₅ P ₃₀ K ₄₅	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	–	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	FYM 30 t ha ⁻¹ + N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅
10	No fertilizers (control)							
11	–	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₃₅	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	–	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	FYM 30 t ha ⁻¹ + N ₂₂₅ P ₁₈₀ K ₂₇₀	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅
12	1.0	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₃₅	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	–	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	FYM 30 t ha ⁻¹ + N ₂₂₅ P ₁₈₀ K ₂₇₀	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅
13	1.5	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₃₅	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	–	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	FYM 30 t ha ⁻¹ + N ₂₂₅ P ₁₈₀ K ₂₇₀	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅
14	1.5	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	–	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	FYM 30 t ha ⁻¹ + N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₃₆₀	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀
15	–	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	–	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₃₆₀	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀
16	1.0	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	–	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₃₆₀	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀
17	1.5	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	–	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₃₆₀	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₁₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀
18	1.5	N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₃₅	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	–	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₂₂₅ P ₁₈₀ K ₂₇₀	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₀₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅

Note. Industrial waste of the Rozdil State Mining and Chemical Enterprise "Sirka".

After the completion of five seven-field rotations (rotations I–V), a partial reconstruction of the experiment was carried out before the beginning of rotation VI. This was necessitated by the accumulation of high levels of readily available phosphates and exchangeable potassium in the intensively fertilised treatments (12–18), a situation characteristic of agricultural practices across Ukraine during that period. As a result, the seven-field crop rotation was replaced by a four-field crop rotation: maize for green

mass – spring barley undersown with red clover – red clover – winter wheat (Table 3).

During the following three four-field rotations (VI–VIII), the experiment focused on evaluating the residual effects of accumulated mobile phosphates and exchangeable potassium under moderate nitrogen fertilization, without altering the fertilization treatment structure. Before the start of rotation IX, liming was applied, and fertilizer application rates for individual crops within the rotation were adjusted according to

the experimental design. Starting from rotation XI, maize has been grown for grain rather than green mass (Table 4).

The chronology of crop rotation cycles across the three experimental fields is presented in Table 5.

3. Experimental design of the long-term field experiment during rotations VI–VIII

Treatment No.	Lime rate based on hydrolytic acidity (residual effect of liming applied in previous rotations)	Applied per 1 ha of crop rotation area		Maize for silage	Spring barley + red clover	Red clover	Winter wheat
		FYM, t	NPK, kg a.i.				
1		No fertilizers (control)					
2	1.0	–	–	–	–	–	–
3	–	10	–	FYM 40 t ha ⁻¹	–	–	–
4	1.0	10	–	FYM 40 t ha ⁻¹	–	–	–
5	–	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
6	0.5	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
7	1.0	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
8	1.0	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
9	1.0	10	N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	–	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅
10		No fertilizers (control)					
11	–	10	N ₃₀ (PK residual effect)	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₆₀	N ₃₀	–	N ₃₀
12	1.0	10	N ₃₀ (PK residual effect)	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₆₀	N ₃₀	–	N ₃₀
13	1.5	15	N ₃₀ (PK residual effect)	FYM 60 t ha ⁻¹ + N ₆₀	N ₃₀	–	N ₃₀
14	1.5	10	N ₆₅ (PK residual effect)	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₂₀	N ₇₀	–	N ₇₀
15	–	–	N ₆₅ (PK residual effect)	N ₁₂₀	N ₇₀	–	N ₇₀
16	1.0	–	N ₆₅ (PK residual effect)	N ₁₂₀	N ₇₀	–	N ₇₀
17	1.5	–	N ₆₅ (PK residual effect)	N ₁₂₀	N ₇₀	–	N ₇₀
18	1.5	–	N ₃₀ (PK residual effect)	N ₆₀	N ₃₀	–	N ₃₀

Note. Lime was not applied in rotations VI–VIII. The values indicate the residual effect of previous liming based on hydrolytic acidity.

4. Experimental design of the long-term field experiment during rotations IX–XII

Treatment No.	Lime rate (based on hydrolytic acidity (Ha) or acid–base buffering capacity (ABBC))	Applied per 1 ha of crop rotation area		Maize for grain	Spring barley + red clover	Red clover	Winter wheat
		FYM, t	NPK, kg a.i.				
1	No fertilizers (control)						
2	1.0 (Ha)	–	–	–	–	–	–
3	–	10	–	FYM 40 t ha ⁻¹	–	–	–
4	1.0 (Ha)	10	–	FYM 40 t ha ⁻¹	–	–	–
5	–	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
6	0.5 (Ha)	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
7	1.0 (Ha)	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
8	Optimum (ABBC)	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
9	1.0 (Ha)	10	N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	–	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅
10	No fertilizers (control)						
11	–	10	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	–	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅
12	1.0 (Ha)	10	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	–	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅
13	1.5 (Ha)	15	N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄	FYM 60 t ha ⁻¹ + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	–	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅
14	Optimum (ABBC)	10	N ₅₃ P ₄₁ K ₅₃	FYM 40 t ha ⁻¹ + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	–	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
15	–	–	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
16	1.0 (Ha)	–	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	–	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
17	1.5 (Ha)	–	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	–	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅
18	Optimum (ABBC)	–	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	–	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅

5. Chronology of crop rotation cycles in the long-term field experiment

Rotation	Field 1	Field 2	Field 3	Rotation type
1	2	3	4	5
I	1965–1971	1966–1972	1967–1973	seven-field
II	1972–1978	1973–1979	1974–1980	seven-field
III	1979–1985	1980–1986	1981–1987	seven-field
IV	1986–1992	1987–1993	1988–1994	seven-field
V	1993–1999	1994–2000	1995–2001	seven-field
VI	2000–2003	2001–2004	2002–2005	four-field

1	2	3	4	5
VII	2004–2007	2005–2008	2006–2009	four-field
VIII	2008–2011	2009–2012	2010–2013	four-field
IX	2012–2015	2013–2016	2014–2017	four-field
X	2016–2019	2017–2020	2018–2021	four-field
XI	2020–2023	2021–2024	2022–2025	four-field
XII	2024–2027	2025–2028	2026–2029	four-field

Fertilization treatments.

From the beginning of the experiment, the design included both combined and separate applications of liming and fertilizers. Liming treatments consisted of 0.5; 1.0; and 1.5 rates of CaCO_3 , calculated based on hydrolytic acidity (Ha). Fertilization treatments included full, half, 1.5-fold, and double rates of mineral fertilizers (NPK), as well as 10 and 20 t ha⁻¹ of farmyard manure per hectare of crop rotation area.

Liming was carried out at the beginning of each of the first five seven-field crop rotation cycles (rotations I–V) under potato, based on hydrolytic acidity values. Before the beginning of rotations IX and XII of the four-field crop rotation, liming was performed under maize according to the experimental scheme, with lime doses calculated based on hydrolytic acidity (Ha) and, in three treatments (8, 14 and 18), additionally based on acid–base buffering capacity (ABBC). Limestone flour containing 93.5 % CaCO_3 was used as the liming material.

Before the reconstruction of the experiment, farmyard manure (FYM) was applied twice within the crop rotation – under potato and sugar beet (rotations I–V). Starting from rotation VI, manure was applied once per rotation under maize at a rate of 40–60 t ha⁻¹. The experiment used semi-decomposed cattle manure with straw bedding. From rotation VIII onwards, the second red clover cut was incorporated into the soil as green manure in all experimental treatments.

Mineral fertilizers were applied annually at rates calculated for each crop in accordance with the experimental design. Phosphorus and potassium fertilizers were applied in autumn prior to primary tillage,

whereas nitrogen fertilizers were split equally, with 50 % applied during pre-sowing cultivation and the remaining 50 % as top dressing during the growing season.

The mineral fertilizers used in the experiment included ammonium nitrate (34.4 % N), granulated superphosphate (19.5 % P_2O_5), and potassium salt (40 % K_2O). In more recent rotation cycles, nitroammophoska (17 % NPK) and kalimag (28 % $\text{K}_2\text{O} + \text{MgO}$) have also been applied.

Soil tillage and crop management practices were carried out in accordance with the standard agronomic recommendations for the Western Forest-Steppe zone of Ukraine.

Soil sampling and laboratory analyses.

Within the long-term field experiment, monitoring of changes in the main soil fertility indicators, including acid–base, physicochemical, and agrochemical properties, of the light grey forest surface-gleyed soil is conducted under the long-term application of different fertilization systems. Soil samples are collected at the end of each crop rotation cycle. Composite soil samples are taken separately from the plough layer (0–20 cm) and the subsurface layer (20–35 cm) in each field and prepared for laboratory analysis according to DSTU ISO 11464:2001.

Agrochemical and physicochemical soil properties were determined using the following standardised analytical methods: soil pH in KCl extract – potentiometric method (DSTU ISO 10390:2001); hydrolytic acidity – Kappen method (DSTU 7537:2014); exchangeable acidity and mobile aluminium – Sokolov method; soil organic matter (humus) content – Tyurin method as modified by Nikitin (DSTU 4289:2004); sum of exchangeable bases – Kappen–Hilkovitz method; calcium and magnesium – complexometric (trilonometric) method;

readily hydrolysable nitrogen – Cornfield method (DSTU 7863:2015); available phosphorus and exchangeable potassium – Chyrykov method using 0.5 M CH₃COOH extractant (DSTU 4115:2002).

Statistical analysis

Statistical analysis of the experimental data was initially performed using the methodology of B. A. Dospheov, and subsequently with Microsoft Excel and Statistica 10.0 software. Currently, data processing is performed using OriginPro 2019 software. All treatment means were compared using analysis of variance (ANOVA), and differences were considered statistically significant at $P \leq 0.05$.

Results and discussion. The results from the 60-year operation of the long-term field experiment reflect the evolution of soil properties and crop productivity under different fertilization and liming systems. For clarity, the major findings are presented according to the main stages of the experiment corresponding to successive crop rotation cycles. These stages reflect the evolution of research objectives over the long-term experiment and their integration into international research infrastructures, such as the Global Long-Term Agricultural Experiments Network (GLTEN).

1. Establishment and early research phase (1965–2001)

During the first and second rotations of the long-term field experiment, the effects of different lime application rates, forms, and frequencies were investigated under contrasting fertilization systems. The studies were conducted against a background of farmyard manure application (40 t ha⁻¹ under potato and 30 t ha⁻¹ under sugar beet) combined with two relatively low rates of mineral fertilizers.

In subsequent phases of the experiment, research focused on evaluating the effects of long-term systematic liming under different fertilization systems on the stabilization of soil fertility in acidic light grey forest soils.

During this period, the optimal rate and placement of liming materials in a seven-field cereal-row crop rotation were determined.

Lime was applied once per rotation under potatoes, identified as the most suitable crop for lime incorporation within the rotation. In addition, the effectiveness of lime-containing industrial waste from the Rozdil Mining and Chemical Enterprise "Sirka" (containing approximately 81.0 % CaO) was evaluated.

The results showed that these lime-containing industrial by-products were comparable in effectiveness to limestone flour when applied at equivalent CaCO₃ rates, and in some cases even surpassed it. These findings confirm that on acidic soils, chemical amelioration through liming should precede other agronomic measures, particularly the application of mineral fertilizers. These results were later synthesised in the monograph "Liming of Soils" [3].

The experimental design during rotations III–V included liming under potato at rates of 0.5; 1.0 and 1.5 times the lime requirement calculated based on hydrolytic acidity. Organic fertilizers were applied twice within the rotation: under potato (40 and 80 t ha⁻¹) and sugar beet (30 and 60 t ha⁻¹). Mineral fertilizers were applied annually to all crops except red clover at half, full, 1.5-fold, and double rates.

Based on a synthesis of research results from 5 seven-field crop rotations, the long-term effects of different fertilization and liming systems on soil agrochemical properties, nutrient regimes, crop yields, and crop quality were identified. It was established that stable, biologically valuable crop yields can be achieved, combined with improvements in soil fertility indicators, under an organo-mineral fertilization system with N₁₂₂P₁₁₆K₁₃₅ and 10 t ha⁻¹ of manure per hectare of crop rotation area, with liming at 1.0 Ha (hydrolytic acidity). By contrast, sole mineral fertilization proved to be economically, environmentally, and bioenergetically inefficient, leading to a gradual decline in soil fertility.

2. Experimental reconstruction and residual nutrient effects (2000–2013)

Under the transitional economic conditions of that period, a key research priority was to establish a stable, predictable

level of effective soil fertility through the resource-efficient use of fertilizers and ameliorants. This required the development of diagnostic approaches capable of ensuring environmental stability and regulating soil processes under long-term agricultural use.

Starting from rotation VI (2000), a partial reconstruction of several treatments was carried out. The reconstruction aimed to investigate the effectiveness and duration of residual liming effects, as well as the fate of phosphorus and potassium accumulated under previous intensive fertilization, under a moderate nitrogen application regime.

The seven-field rotation was replaced by a four-field rotation, removing potato and sugar beet from intensive cultivation and terminating high levels of mineral fertilizer application (Table 3). The crop rotation was modified to: maize for silage – spring barley undersown with red clover – red clover – winter wheat. This was particularly important because soils that had previously undergone intensive agrochemical inputs with high lime rates (1.0 and 1.5 CaCO₃ based on Ha) had accumulated considerable residual phosphates, exchangeable potassium, and calcium – raising concerns about potential contamination of surface waters with nitrates, phosphates, and calcium.

Research during rotation VI examined the influence of 40 years of different fertilization systems and liming, as well as residual effects of high mineral fertilizer rates, on the soil nutrient regime, fractional composition of soil phosphates, potassium group composition, humus content, and acid–base properties, together with their effects on crop yield and quality.

The results demonstrated a pronounced long-term residual effect of phosphorus fertilizers, leading to the transformation of residual P into iron and aluminium phosphate forms characteristic of this soil type. Their content ranged from 445 to 479 mg kg⁻¹, approximately twice the amount of calcium-bound phosphates. In contrast, the residual effect of soluble potassium fertilizers was relatively limited, consistent with the soil's low potassium-buffering capacity.

The optimal management strategy identified during this period involved N₆₅P₆₈K₆₈ combined with 10 t ha⁻¹ of farmyard manure per hectare of crop rotation area and liming at 1.0 CaCO₃ equivalent based on Ha. Under these conditions, the highest crop rotation productivity was achieved, reaching 6.78 t ha⁻¹ in grain units.

Research during rotation VII investigated the agroecological effects of long-term fertilizer and lime applications on soil profile structure, transformation of soil properties, and the accumulation and distribution of total and mobile forms of heavy metals within genetic soil horizons. The humus status, microbiological properties, and physicochemical characteristics of the soil were also examined in relation to crop yield and productivity.

Results showed that long-term sole mineral fertilization (> 40 years) led to increased soil acidity, elevated mobile aluminium concentrations, and exceedance of the maximum permissible concentration of mobile copper. These processes contributed to the loss of ecological and regenerative soil functions and to the stimulation of degradation processes.

Conversely, the systematic application of an organo-mineral fertilization system combined with periodic liming (1.0 CaCO₃ based on Ha) increased humus content and improved its qualitative composition, creating favourable conditions for humification microorganisms. Crop rotation productivity under this system reached 4.02–4.50 t ha⁻¹ in grain units.

Theoretical principles of soil ecological quality in cultivated grey forest ecosystems were developed within the framework of long-term monitoring. These studies demonstrated the leading role of the active fraction of soil organic matter as an energy–plastic buffer ensuring nutrient regime stability and edaphic comfort. Indicators of soil ecological quality were proposed based on acid–base buffering reactions, redox potential, and electrical conductivity of soil suspensions [2].

3. *Soil ecological processes and buffering capacity (2012–2021)*

After eight crop rotation cycles, the combined application of mineral fertilizers, manure, and lime proved to be the most effective strategy for maintaining and improving the fertility of light grey forest surface-gleyed soils. This approach neutralises soil acidity, eliminates phytotoxic mobile aluminium, increases base saturation, and promotes humus accumulation, thereby forming an optimal nutrient regime for crops.

Under the leaching water regime typical of light grey forest soils, increased soil acidity was identified as the main limiting factor for crop productivity. Organic fertilization partially mitigated soil solution acidity, raising pH to 4.61; liming alone increased it to 4.73; combined lime and manure application raised pH to 5.07. Organo-mineral systems showed a smaller ameliorative effect on acidity, which diminished further with increasing mineral fertilizer doses.

Studies of soil CO₂ emissions (rotation IX) showed that high lime rates calculated according to Ha (6–9 t ha⁻¹ CaCO₃) on low-buffered light grey forest soils are associated not only with substantial economic costs but also with environmental risks arising from additional mineralisation of soil organic matter. Lime rates calculated according to acid–base buffering capacity (ABBC; 2.5 t ha⁻¹ CaCO₃) achieved comparable effects on labile organic compound content at significantly lower material inputs.

Research during rotation X demonstrated that redox potential (Eh) can serve as a highly sensitive indicator for assessing the intensity of transformation of soil properties and functional regimes under different levels of agricultural pressure. This parameter enables a quantitative assessment of deviations from the natural redox equilibrium and supports the justification of optimal fertilizer and lime rates to maintain balanced biogeochemical cycles.

The organo-mineral fertilization system combined with ABBC-based liming most effectively optimised soil CO₂ emission intensity by promoting oxidising

and moderately oxidising conditions, increasing aerobic bacterial abundance, and enhancing overall biological activity. In contrast, sole mineral fertilization or unfertilised management resulted in lower productivity, increased CO₂ losses from mobile humus mineralisation, intensified reducing conditions, decreased biological and protease activity, and increased fungal microflora abundance.

4. *Functional soil stability under long-term anthropogenic pressure (2020–2025)*

Research during rotation XI focused on the functional stability of acidic light grey forest soils under long-term anthropogenic pressure and changing climatic conditions. Studies examined the mechanisms of aluminium toxicity resistance and the content, forms, and quantitative ratios of iron and manganese compounds in relation to redox potential. Particular attention was paid to mobile iron compounds, since the Fe³⁺/Fe²⁺ ratio and redox potential (Eh) are sensitive indicators of oxidation–reduction processes in Albic Pantostagnic Luvisol. It was shown that the gross Fe content and the content of its mobile forms generally remained within the optimal range for plant growth; however, under long-term mineral fertilization without liming, especially during periods of excessive soil moisture, reducing conditions intensified and iron could shift into potentially toxic ferrous forms.

Mobile aluminium (Al) content in light grey forest soils was closely related to soil acidity (pH_{KCl} and hydrolytic acidity), fertilization system, residual effects, and crop rotation. Under intensive sole mineral fertilization during the first five seven-field rotations, mobile Al content reached 92.0–132.0 mg kg⁻¹. Replacing the seven-field with a four-field rotation reduced mobile Al by the end of rotation X to 68.4 mg kg⁻¹ (mineral fertilization) and 58.5 mg kg⁻¹ (control). Combined with Ha-based liming, mobile Al decreased to 6.7 mg kg⁻¹, and to 10.8 mg kg⁻¹ when ABBC-based liming was applied [18].

Studies of soil physical properties showed that maintaining fertility in these

soils, which is limited by periodic waterlogging and high acidity, requires long-term systematic application of 1.0 CaCO₃, 10 t ha⁻¹ of manure, and N₆₅P₆₈K₆₈. The organo-mineral system had the most positive effect on the structural–aggregate state and physicochemical soil properties, while sole mineral fertilization caused deterioration approaching the level of the unfertilised control.

A short-term exploratory study of soil enzymatic activity during rotation XI revealed patterns of mineralisation and immobilisation under different management systems, depending on the intensity of anthropogenic pressure.

5. Current research stage: soil organic matter fractions and climate adaptation (2024–present)

Long-term field experiments constitute an important research infrastructure for understanding the long-term effects of climate variability and agricultural management practices on soil functioning. Although designed to operate under relatively stable experimental conditions, climate change is expected to alter environmental conditions at experimental sites substantially, and these changes must be considered in both the interpretation of results and the redesign of experimental setups [8].

Currently, fundamental research within rotation XII focuses on evolutionary changes in light grey forest soils under long-term agricultural pressures, including the dynamics of particulate organic matter (POM) as a function of the duration of anthropogenic use. Applied studies address the transformation of soil physical and agrophysical properties under long-term anthropogenic loads.

The results of this long-term field experiment provide a generalised assessment of the effects of different fertilization systems on soil properties and crop productivity. Over the 60 years of the experiment, clear differences were observed in the direction and intensity of soil transformation depending on fertilization system and liming practices. In particular, the long-term application of mineral fertilizers without liming contributed to the progressive acidification of soil and deterioration of humus quality, whereas organic fertilization partially stabilised soil properties. The most favourable changes in soil fertility indicators and crop productivity were observed under the organo-mineral fertilization system combined with periodic liming. A summary of the long-term effects of the main fertilization systems on soil properties and agroecosystem productivity is presented in Table 6.

6. Generalized long-term effects of different fertilization systems on soil properties and crop productivity

Fertilization type	Fertilization system	Liming approach	Soil reaction	Mobile Al	Soil organic matter (SOM) dynamics	Crop productivity	Overall effect
1	2	3	4	5	6	7	8
Unfertilized system	Control (no fertilizers)	–	strongly acidic	high	low SOM content	low	gradual soil degradation
Mineral system	Mineral fertilization (NPK)	–	strongly acidic	high	deterioration of SOM quality	low, unstable	progressive acidification and fertility decline
Organic system	Organic fertilization (manure)	–	slightly buffered, remains acidic	moderate	increased SOM content	moderate	partial stabilization
Organo-mineral system	Manure + NPK	Liming based on hydrolytic acidity (Ha)	moderately acidic	low	SOM accumulation and improved humus quality	high	improved soil fertility

1	2	3	4	5	6	7	8
Organo-mineral system (buffer-based)	Manure + NPK	Liming based on acid-base buffering capacity (ABBC)	moderately acidic	low	stabilization of active SOM fractions, reduced CO ₂ emission risk	high	resource-efficient and environmentally sound soil management

The extensive information base generated by this long-term experiment, combined with rigorous methodological standards, enables both objective assessment of the natural resource potential of light grey forest surface-gleyed soils and the preservation of this experimental system as a unique national research infrastructure. The experiment continues to serve as an important platform for systematic monitoring and as an invaluable source of theoretical knowledge and practical recommendations for maintaining and protecting soil fertility [1].

Conclusions. Over its 60-year history, the long-term field experiment of the Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS has generated a unique dataset reflecting long-term transformations of soil properties and agroecosystem productivity under different fertilization and liming systems on light grey forest surface-gleyed soils (Albic Pantostagnic Luvisol). The experiment is included in the NAAS Register of Long-Term Stationary Field Experiments (certificate No. 29) and, since 2023, in the Global Long-Term Agricultural Experiments Network (GLTEN).

The most effective strategy for maintaining soil fertility was the combined application of mineral fertilizers, farmyard manure, and lime. The organo-mineral fertilization system (N₆₅P₆₈K₆₈ + 10 t ha⁻¹ manure) combined with periodic liming based on hydrolytic acidity ensured the highest crop rotation productivity across successive four-field rotation cycles, averaging 6.15–6.78 t

ha⁻¹ across rotations VI–XII. Under the seven-field rotation (rotations I–V), the optimal organo-mineral system (N₁₂₂P₁₁₆K₁₃₅ + 10 t ha⁻¹ manure, liming at 1.0 Ha) also provided the highest and most stable yields. In comparison, the unfertilized control and sole mineral fertilization systems yielded 4.02–4.50 t ha⁻¹ grain units during rotation VII, reflecting the long-term productivity penalty of fertilization without liming on acidic soils.

Long-term sole mineral fertilization proved to be economically and environmentally inefficient on these low-buffering soils. It led to soil acidification, accumulation of mobile aluminium, deterioration of humus quality, and reduced crop productivity. Periodic liming was identified as a prerequisite for sustainable management of acidic light grey forest soils.

Liming rates calculated according to acid-base buffering capacity (ABBC) achieved comparable agrochemical effects to rates calculated according to hydrolytic acidity, while requiring lower material inputs and reducing the risk of accelerated organic matter mineralisation and CO₂ emissions.

The long-term experiment provides an important platform for monitoring soil processes under changing climatic conditions. Current research during rotation XII focuses on the dynamics of particulate organic matter and soil physical properties, contributing to the development of adaptive soil fertility management strategies for the Western Forest-Steppe and Pre-Carpathian regions of Ukraine.

Список використаної літератури

1. Габриель А. Й., Оліфір Ю. М. Тривалий стаціонарний дослід Інституту сільського господарства Карпатського регіону в контексті його 50-річного функціонування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58. С.

References

1. Gabriel A. Y., Olifir Yu. M. Long-term stationary experiment of the Institute of Agriculture of Carpathian Region in the context of its 50-year functioning. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynyystvo*. 2015. Vol. 58. P. 30–40.

30–40.

2. Гамкало З. Г. Екологічна якість ґрунту : навчальний посібник. Львів, 2009. 410 с.

3. Гуменюк А. І. Валнування ґрунтів. Київ : Урожай, 1968. 99 с.

4. Довгострокові стаціонарні польові досліді України: реєстр атестатів / За ред. П. І. Коваленка, В. І. Кисіля, М. В. Лісового. Харків : Друкарня. № 13. 2006. 119 с.

5. Львівська область: природні умови та ресурси : монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М. М. Назарука. Львів : Видавництво Старого Лева, 2018. 592 с.

6. Стаціонарні польові досліді України / А. С. Заришняк та ін. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.

7. Тараріко Ю. О. Формування сталих агроєкосистем: теорія і практика. Київ : Аграрна наука, 2005. 508 с.

8. Climate change causes spatial shifts in the productivity of agricultural long-term field experiments / C. Dönmez et al. *European Journal of Agronomy*. 2024. Vol. 155. Art. 127121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127121>.

9. Effects of liming on soil physical and chemical properties in Europe and North America: a review / R. Wenyika et al. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2025. Vol. 8 (2). Art. e70175. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.70175>.

10. Effect of long-term application of organic, mineral and limestone fertilizers in crop rotation on the fertility of light grey forest surface-gleyed soils, crop yield and quality. GLTEN Metadata Portal. URL: <https://glten.org/experiments/413> (accessed: March 2026).

11. European long-term field experiments: knowledge gained about alternative management practices / T. Sandén et al. *Soil Use and Management*. 2018. Vol. 34. P. 167–176. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12421>.

12. Johnston A. E., Poulton P. R. The importance of long-term experiments in agriculture: their management to ensure continued crop production and soil fertility; the Rothamsted experience. *European Journal of Soil Science*. 2018. Vol. 69. P. 113–125. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12521>.

13. Long-Term Field Experiments Overview Map: An Interactive Open-Access Metadata Platform to Enhance Networking and Data Reuse / C. Dönmez et al. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2026. Vol. 245. Art. 111534. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2026.111534>.

14. Soil organic matter dynamics in long-term temperate agroecosystems: rotation and nutrient addition effects / J. Li et al. *Canadian Journal of Soil Science*. 2018. Vol. 98 (2). P. 232–245. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjss-2017-0127>.

15. Soil Quality Index as a Predictor of Maize–Wheat System Productivity Under Long-Term Nutrient Management / D. Suri et al. *Land*. 2026. Vol. 15 (1).

2. Hamkalo Z. Ecological quality of soils : textbook. Lviv, 2009. 410 p.

3. Humeniuk A. I. Liming of Soils. Kyiv : Urozhai, 1968. 99 p.

4. Long-Term Stationary Field Experiments of Ukraine : Register of Certificates / Za red. P. I. Kovalenka, V. I. Kysilia, M. V. Lisovoho. Kharkiv : Drukarnia. No. 13, 2006. 119 p.

5. Lviv region: natural conditions and resources: monograph / za zah. red. d-ra heohr. nauk, prof. M. M. Nazaruka. Lviv : Vydavnytstvo Staroho Leva, 2018. 592 p.

6. Stationary Field Experiments of Ukraine / A. S. Zaryshniak et al. Kyiv : Ahrarna nauka, 2014. 146 p.

7. Tarariko Yu. O. Formation of Sustainable Agroecosystems: Theory and Practice. Kyiv : Ahrarna nauka, 2005. 508 p.

8. Climate change causes spatial shifts in the productivity of agricultural long-term field experiments / C. Dönmez et al. *European Journal of Agronomy*. 2024. Vol. 155. Art. 127121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127121>.

9. Effects of liming on soil physical and chemical properties in Europe and North America: a review / R. Wenyika et al. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2025. Vol. 8 (2). Art. e70175. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.70175>.

10. Effect of long-term application of organic, mineral and limestone fertilizers in crop rotation on the fertility of light grey forest surface-gleyed soils, crop yield and quality. GLTEN Metadata Portal. URL: <https://glten.org/experiments/413> (accessed: March 2026).

11. European long-term field experiments: knowledge gained about alternative management practices / T. Sandén et al. *Soil Use and Management*. 2018. Vol. 34. P. 167–176. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12421>.

12. Johnston A. E., Poulton P. R. The importance of long-term experiments in agriculture: their management to ensure continued crop production and soil fertility; the Rothamsted experience. *European Journal of Soil Science*. 2018. Vol. 69. P. 113–125. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12521>.

13. Long-Term Field Experiments Overview Map: An Interactive Open-Access Metadata Platform to Enhance Networking and Data Reuse / C. Dönmez et al. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2026. Vol. 245. Art. 111534. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2026.111534>.

14. Soil organic matter dynamics in long-term temperate agroecosystems: rotation and nutrient addition effects / J. Li et al. *Canadian Journal of Soil Science*. 2018. Vol. 98 (2). P. 232–245. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjss-2017-0127>.

15. Soil Quality Index as a Predictor of Maize–Wheat System Productivity Under Long-Term Nutrient Management / D. Suri et al. *Land*. 2026. Vol.

Art. 183. DOI: <https://doi.org/10.3390/land15010183>.

16. Soil Quality Indicators in Agroecological Practices: Lessons From a Systematic Review of Long-Term Experiments / A. Maienza et al. *European Journal of Soil Science*. 2025. Vol. 76 (4). Art. e70138. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.70138>.

17. The Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted, UK: Crop yields and soil changes during the last 50 years / P. R. Poulton et al. *Advances in Agronomy*. 2024. Vol. 184. P. 173–298. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2023.11.003>.

18. The content of mobile aluminium compounds depending on the long-term use of various fertilizing and liming systems of Albic Pantostagnic Luvisol / Y. Olifir et al. *Agronomy Research*. 2023. Vol. 21 (2). P. 869–882. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.23.039>.

19. The Effect of Different Fertilization Treatments on Wheat Root Depth and Length Density Distribution in a Long-Term Experiment / P. Svoboda et al. *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (9). Art. 1355. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091355>.

20. The Effect of Long-Term Crop Rotations for the Soil Carbon Sequestration Rate Potential and Cereal Yield / D. Svensson et al. *Agriculture*. 2024. Vol. 14 (3). Art. 483. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14030483>.

21. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th ed. / IUSS Working Group WRB. Vienna: International Union of Soil Sciences (IUSS), 2022. https://wrb.isric.org/files/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf.

22. Xing Y., Xie Y., Wang X. Enhancing soil health through balanced fertilization: a pathway to sustainable agriculture and food security. *Frontiers in Microbiology*. 2025. Vol. 16. Art. 1536524. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1536524>.

15 (1). Art. 183. DOI: <https://doi.org/10.3390/land15010183>.

16. Soil Quality Indicators in Agroecological Practices: Lessons From a Systematic Review of Long-Term Experiments / A. Maienza et al. *European Journal of Soil Science*. 2025. Vol. 76 (4). Art. e70138. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.70138>.

17. The Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted, UK: Crop yields and soil changes during the last 50 years / P. R. Poulton et al. *Advances in Agronomy*. 2024. Vol. 184. P. 173–298. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2023.11.003>.

18. The content of mobile aluminium compounds depending on the long-term use of various fertilizing and liming systems of Albic Pantostagnic Luvisol / Y. Olifir et al. *Agronomy Research*. 2023. Vol. 21 (2). P. 869–882. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.23.039>.

19. The Effect of Different Fertilization Treatments on Wheat Root Depth and Length Density Distribution in a Long-Term Experiment / P. Svoboda et al. *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (9). Art. 1355. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091355>.

20. The Effect of Long-Term Crop Rotations for the Soil Carbon Sequestration Rate Potential and Cereal Yield / D. Svensson et al. *Agriculture*. 2024. Vol. 14 (3). Art. 483. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14030483>.

21. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th ed. / IUSS Working Group WRB. Vienna: International Union of Soil Sciences (IUSS), 2022. https://wrb.isric.org/files/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf.

22. Xing Y., Xie Y., Wang X. Enhancing soil health through balanced fertilization: a pathway to sustainable agriculture and food security. *Frontiers in Microbiology*. 2025. Vol. 16. Art. 1536524. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1536524>.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-3

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.527

**СИСТЕМАТИЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ ГЕНОФОНДУ
БАГАТОРІЧНИХ БОБОВИХ І ЗЛАКОВИХ ТРАВ
В УМОВАХ ПЕРЕДКАРПАТТЯ****Л. З. Байструк-Глодан, М. М. Хом'як**

Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

Про авторів:

Леся БАЙСТРУК-ГЛОДАН,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-8446-5758

Марія ХОМ'ЯК,
старший науковий співробітник
ORCID: 0000-0002-7817-6116

Для листування:

Леся БАЙСТРУК-ГЛОДАН
e-mail: glodanlesa@ukr.net

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:
15 січня 2026 р.
Погоджено до друку:
6 лютого 2026 р.
Опубліковано:
31 березня 2026 р.

Багаторічні бобові та злакові трави є основою формування стабільної кормової бази в умовах Передкарпаття та важливим резервом підвищення продуктивності й екологічної стійкості агроландшафтів. Ефективне використання їх генетичного різноманіття потребує системної оцінки, узагальнення та структуризації результатів багаторічних досліджень. Метою роботи було систематизувати результати комплексної оцінки генофонду багаторічних бобових і злакових трав в умовах Передкарпаття та виділити джерела господарсько-цінних ознак для подальшої селекції. Дослідження проводили у 2019–2025 рр. у спеціальних колекційних і селекційних розсадниках на експериментальній базі Передкарпатського відділу наукових досліджень Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Оцінювання зразків здійснювали за морфо-біологічними показниками, кормовою та насінневою продуктивністю із застосуванням загальноприйнятих методик і статистичного аналізу. У результаті сформовано структуровану колекцію, що налічує 2159 зразків 20 видів, з яких 956 належать до бобових і 1203 – до злакових трав. Виділено джерела цінних ознак за врожайністю зеленої маси (до 41,3 т/га у тимофійки лучної; до 42,15 т/га у костриці червоної), сухої речовини (до 8,85 т/га), насінневою продуктивністю (до 0,945 т/га у грястиці збірної; до 0,290 т/га у конюшини лучної), зимостійкістю, швидкістю відростання та стійкістю до хвороб. Проведено кластерний аналіз, що дозволив згрупувати зразки за комплексом продуктивних ознак і виділити генетично близькі групи для цілеспрямованого добору. Систематизація результатів оцінки генофонду створює науково обґрунтовану базу для формування ознакових колекцій, прискорення селекційного процесу та створення адаптивних, високопродуктивних сортів багаторічних трав для умов Передкарпаття.

Ключові слова: генофонд, багаторічні трави, зразок, врожайність, селекція.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Байструк-Глодан Л. З., Хом'як М. М., 2026

Systematization of the evaluation results of the gene pool of perennial legume and grass species in the conditions of the Pre-Carpathian region

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5,
Obroshyne village, Lviv district,
Lviv region, 81115

About authors:

Lesya BAISTRUK-HLODAN
ORCID: 0000-0002-8446-5758

Mariia KHOMIAK
ORCID: 0000-0002-7817-6116

For corresponding:

Lesya BAISTRUK-HLODAN
e-mail: glodanlesa@ukr.net

Funding information:

Ministry of Education and Sciences of Ukraine

Received:
January 15, 2026
Accepted:
February 6, 2026
Published:
March 31, 2026

Perennial legume and grass species form the foundation of a stable forage base in the conditions of the Pre-Carpathian region and represent an important reserve for increasing productivity and ecological sustainability of agricultural landscapes. The effective utilization of their genetic diversity requires a systematic evaluation, generalization, and structuring of long-term research results. The aim of the study was to systematize the results of a comprehensive evaluation of the gene pool of perennial legumes and grasses in the conditions of the Pre-Carpathian region and to identify sources of economically valuable traits for further breeding. The research was conducted in 2019–2025 in specialized collection and breeding nurseries at the experimental base of the Precarpathian Research Department of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS. The samples were evaluated according to morpho-biological traits, forage and seed productivity using generally accepted methodologies and statistical analysis. As a result, a structured collection comprising 2,159 samples of 20 species was formed, including 956 legume and 1,203 grass samples. Sources of valuable traits were identified for green mass yield (up to 41.3 t/ha in timothy grass; up to 42.15 t/ha in red fescue), dry matter yield (up to 8.85 t/ha), seed productivity (up to 0.945 t/ha in orchardgrass; up to 0.290 t/ha in red clover), winter hardiness, regrowth rate, and disease resistance. Cluster analysis was performed, which made it possible to group samples according to a complex of productivity traits and to identify genetically related groups for targeted selection. The systematization of gene pool evaluation results provides a scientifically substantiated basis for the formation of trait-specific collections, acceleration of the breeding process, and development of adaptive, high-yielding perennial grass cultivars for the conditions of the Pre-Carpathian region.

Keywords: gene pool, perennial grasses, sample, yield, breeding.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Багаторічні бобові та злакові трави є базовими компонентами кормовиробництва у передгірних регіонах, оскільки забезпечують стабільне формування високоякісної кормової маси, підтримують родючість ґрунтів і підвищують екологічну стійкість агроландшафтів [1, 3]. В умовах Передкарпаття ці культури відіграють особливо важливу роль у зменшенні ерозійних процесів, поліпшенні структури ґрунту та стабілізації біорізноманіття лучних угідь.

Бобові культури розглядаються як ключовий чинник диверсифікації спрощених сівозмін, що домінують у

Європі, сприяючи підвищенню стійкості аграрних систем [27]. Вони здатні функціонувати в умовах як біотичних, так і абіотичних стресів, а їх поширення та продуктивність значною мірою визначаються ґрунтовими й кліматичними факторами [2, 22]. Розвинена стрижнева коренева система бобових забезпечує використання поживних речовин із глибших горизонтів ґрунту та сприяє його структуроутворенню, що особливо цінно для меліорації маргінальних земель і формування змішаних трав'янистих систем [24].

Сучасні кліматичні зміни, зростання контрастності погодних умов і посилення

абіотичних стресів (нестабільна перезимівля, весняні температурні коливання, періоди перезволоження або дефіциту вологи) загострюють проблему надійності кормової бази [26]. За таких умов зростає потреба у створенні сортів багаторічних трав, здатних поєднувати високу продуктивність із екологічною пластичністю та стабільністю прояву господарсько-цінних ознак у специфічних ґрунтово-кліматичних умовах Передкарпаття.

Науково обґрунтована селекція адаптивних сортів неможлива без системного використання генетичних ресурсів рослин, які акумулюють спадкову мінливість і формують базу для ефективного добору [10]. Генофонд багаторічних трав охоплює сорти, селекційні форми, місцеві екотипи, природні популяції та дикі родичі культурних видів – потенційні донори ознак продуктивності, якості корму, зимостійкості, стійкості до хвороб, інтенсивності відростання та довговічності травостоїв.

За даними світових генних банків, зберігається близько 6 млн зразків зародкової плазми сільськогосподарських культур, проте у селекційній практиці використовується менше 1% цього різноманіття [13]. Однією з причин є вузька орієнтація селекційних програм переважно на обмежену кількість ознак, пов'язаних із врожайністю, без належного врахування інших адаптивно важливих характеристик [21].

Генетичне різноманіття є фундаментальною основою адаптації рослин та їх еволюційної динаміки. Воно відображає рівень генотипових і фенотипових варіацій у межах та між популяціями, а також баланс між мутаційними процесами та втратою генетичної варіації [12].

Збереження *ex situ* передбачає формування банків насіння та колекцій зародкової плазми з метою збереження генетичного матеріалу різних популяцій для подальших програм селекції та

відновлення [17, 19, 20, 25]. Регулярний генетичний моніторинг із використанням молекулярних маркерів дає змогу оцінювати структуру популяцій, виявляти інбридинг і визначати рівень генетичної диференціації [18]. Водночас зберігаються прогалини у довгостроковому моніторингу, інтеграції генетичних даних у програми відновлення та координації заходів зі збереження на регіональному рівні [14, 16].

Ефективне використання генетичних ресурсів потребує точної ідентифікації, всебічної оцінки та систематизації результатів досліджень. Морфо-біологічне описування й багаторічна польова оцінка дозволяють встановити рівень внутрішньовидового поліморфізму, виділити зразки-еталони та джерела окремих ознак, сформувані ознакові колекції як інструмент цілеспрямованого добору та прискорення селекційного процесу [23]. Напівприродні середовища існування відіграють важливу роль у підтриманні генетичного зв'язку та потоку генів між популяціями рослин [11].

Поряд із селекційними завданнями, систематизація генофонду є важливою складовою збереження біорізноманіття. Втрата природних лук, трансформація агроландшафтів і посилення антропогенного тиску ускладнюють підтримання різноманіття *in situ*, що підвищує значення його *ex situ* збереження у генетичних банках та польових колекціях [15]. Для Передкарпаття, де природні й напівприродні фітоценози є резервуаром адаптивних генотипів, проблема збереження та раціонального використання місцевих форм набуває особливої актуальності.

З практичної точки зору найбільшу цінність мають генотипи, здатні забезпечувати високу кормову й насінневу продуктивність у різних режимах використання (сінокісному та пасовищному), а також формувати довговічні та стабільні травостої. Поєднання бобових і злакових компонентів у кормових системах підвищує ефективність використання ресурсів:

бобові покращують азотне живлення завдяки біологічній фіксації азоту, тоді як злакові забезпечують структурну стійкість травостоїв і технологічність заготівлі кормів.

Незважаючи на значний потенціал генетичних колекцій багаторічних трав, їх практичне використання часто обмежується фрагментарністю даних, відсутністю уніфікованих підходів до інтерпретації багаторічних спостережень та недостатньою інтеграцією результатів у форматі, придатному для прийняття селекційних рішень. У зв'язку з цим актуальним є систематизування показників продуктивності, адаптивності та якості за видами, зразками й групами ознак із виділенням найперспективніших джерел для подальшого селекційного використання.

Метою цієї статті є систематизація результатів багаторічної оцінки генофонду багаторічних бобових і злакових трав в умовах Передкарпаття та виділення зразків, що характеризуються цінними господарсько-біологічними властивостями. Для досягнення мети передбачено: узагальнити дані польових випробувань за показниками кормової та насінневої продуктивності; охарактеризувати прояв ключових морфо-біологічних ознак; сформувані систематизовані ознакові групи як базу для подальшої селекційної роботи.

Матеріали і методи. Дослідження генофонду багаторічних бобових і злакових трав проводили у 2019–2025 рр. на експериментальній базі Передкарпатського відділу наукових досліджень у спеціалізованій селекційній сівозміні. Дослідна ділянка розміщена на дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних перезволожених кислих ґрунтах, типових для умов Передкарпаття. Оцінювання колекційного матеріалу здійснювали в розсаднику з метою уніфікованого визначення рівня прояву морфологічних і господарсько-цінних ознак та подальшої систематизації отриманих результатів. Об'єктом досліджень були зразки

багаторічних бобових і злакових трав різного еколого-географічного походження.

У процесі досліджень застосовували візуальні спостереження, вагові визначення структурних елементів продуктивності та методи математично-статистичної обробки даних. Оцінку вихідного матеріалу, опис морфологічних ознак і їх групування за біологічними та господарськими показниками проводили відповідно до чинних методик селекційного вивчення багаторічних трав [4–9]. Обробку результатів експериментальних досліджень здійснювали з використанням програмного комплексу TIBCO Statistica 13.5.0.17.

Результати та обговорення.

Системне поєднання інтродукційних досліджень із власними селекційними напрацюваннями забезпечило формування генетично різноманітної та структурованої колекції багаторічних бобових і злакових трав. До її складу входять 2159 зразків, що репрезентують 20 видів і охоплюють широкий спектр селекційного матеріалу – від дикорослих форм і місцевих популяцій до сортів, селекційних ліній і синтетичних популяцій. Така багаторівнева організація генофонду поєднує природну й штучно сформовану мінливість, що має принципове значення для реалізації адаптивної селекції в умовах Передкарпаття.

Колекція характеризується значною диференціацією за морфологічними, біологічними та господарсько-цінними ознаками, зокрема за показниками кормової й насінневої продуктивності, інтенсивністю весняного відростання, зимостійкістю, стійкістю до хвороб і довговічністю травостоїв. Широкий діапазон варіабельності забезпечує можливість виділення контрастних і стабільних генотипів, формування ознакових груп та цілеспрямованого добору донорів цінних характеристик.

Із загальної кількості зразків 956 (44,3 %) належать до бобових трав, які відзначаються високим потенціалом продуктивності, поліпшеними якісними

показниками корму та здатністю до біологічної фіксації азоту. Частка злакових трав становить 1203 зразки (55,7 %), що характеризуються екологічною пластичністю, стійкістю до абіотичних чинників і стабільністю врожайності на кислих перезволожених ґрунтах регіону. Такий структурний баланс між ботанічними групами забезпечує комплексний підхід до формування

адаптивних лучно-кормових агрофітоценозів.

Сформований генофонд виступає стратегічною основою для створення вихідного матеріалу з підвищеним адаптивним потенціалом, комплексною стійкістю та покращеними показниками кормової й насінневої продуктивності, що є важливою передумовою подальшого розвитку регіонально орієнтованої селекції багаторічних трав (рис. 1).

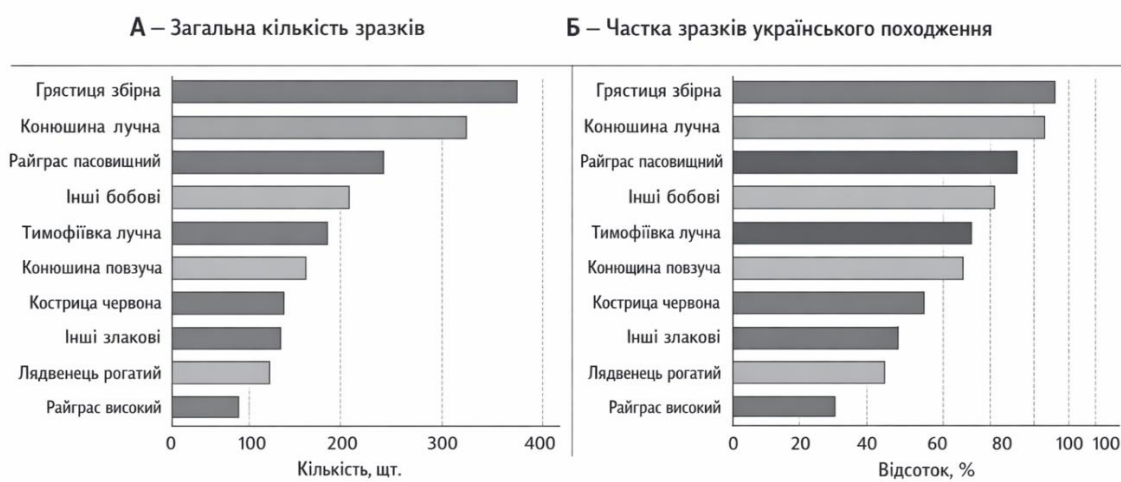


Рис. 1. Структура генофонду багаторічних трав у Передкарпатті (станом на 1.11.2025 р.)

На графіку відображено не лише кількісне співвідношення ботанічних груп, а й селекційну структуру сформованого генофонду багаторічних трав у Передкарпатті. Колекція охоплює сорти, селекційні та генетичні лінії, синтетичні популяції, дикорослі форми й клоновий матеріал, що забезпечує поєднання практично цінних форм із широкою базою вихідного матеріалу для подальшого селекційного удосконалення.

У складі генофонду вагому частку становлять селекційні сорти – 675 зразків, що відображає його прикладну спрямованість. Значною є також частка сортів і форм народної селекції (677 зразків), які репрезентують локально адаптований матеріал і виступають джерелом екологічної пластичності та стабільності врожайності. Наявність 303 селекційних і 78 генетичних ліній свідчить про активне використання колекції як бази

для цілеспрямованого добору та комбінаційної селекції.

Окрему цінність становлять 348 дикорослих форм – резерв природної генетичної мінливості та донори адаптивних ознак, зокрема зимостійкості, стійкості до хвороб і толерантності до абіотичних стресів. Представленість синтетичних популяцій (29 зразків) і клонового матеріалу підкреслює багатокomпонентність селекційних підходів і використання різних моделей створення сортів.

Частка зразків українського походження (1774, або понад 80 %) свідчить про домінування локально адаптованого матеріалу та цілеспрямоване формування національної бази генетичних ресурсів. Таким чином, структура генофонду відображає раціональний баланс між первинним генетичним різноманіттям і селекційно опрацьованими формами, що

забезпечує замкнений цикл «збереження – оцінка – добір – створення сорту» та підвищує результативність регіонально орієнтованої селекції.

На основі комплексного аналізу результатів оцінки здійснено систематизацію матеріалу за рівнем прояву господарсько-цінних і морфобіологічних ознак та визначено джерела селекційно цінних характеристик. У межах проведеної роботи сформовано групу зразків-еталонів із чітко диференційованими мінімальними, середніми та максимальними рівнями прояву кількісних і якісних ознак. До еталонної групи включено генотипи, що характеризуються стабільністю показників у багаторічних дослідженнях, типовістю фенотипового прояву та репрезентативністю для відповідного виду.

Зразки-еталони використовуються як стандартизована шкала для уніфікованої ідентифікації та порівняльної оцінки колекційного матеріалу, що забезпечує об'єктивне ранжування генотипів за висотою рослин, облиствленістю, параметрами генеративних органів, елементами структури врожаю та насінневою продуктивністю. Їх застосування дозволяє мінімізувати суб'єктивність фенотипової оцінки, підвищити відтворюваність результатів і сформувати багаторівневу систему класифікації зразків. Еталонна група виступає методичною основою для формування ознакових, спеціальних і робочих колекцій та слугує інструментом цілеспрямованого добору перспективного матеріалу для селекційних програм (табл. 1).

1. Зразки-еталони багаторічних злакових і бобових трав

Вид	Кількість еталонних зразків	Основні діагностичні ознаки
Конюшина лучна (<i>Trifolium pratense</i> L.)	18	Висота рослин, кількість стебел, облиствленість, діаметр суцвіття, кількість квіток і насінин у суцвітті, маса 1000 насінин, урожайність насіння
Конюшина повзуча (<i>Trifolium repens</i> L.)	12	Висота рослин, облиствленість, довжина квітконіжки, діаметр суцвіття, кількість квіток і насінин, маса 1000 насінин, урожайність насіння
Конюшина гібридна (<i>Trifolium hybridum</i> L.)	15	Висота рослин, кількість стебел, облиствленість, діаметр суцвіття, кількість квіток і насінин, маса 1000 насінин
Грястиця збірна (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	12	Висота рослин, облиствленість, довжина волоті, кількість насінин у волоті, маса 1000 насінин, маса насіння з волоті
Пажитниця пасовищна (<i>Lolium perenne</i> L.)	9	Висота рослин, облиствленість, довжина колоса, кількість насінин у колосі, маса 1000 насінин, насіннева продуктивність
Тимофіївка лучна (<i>Phleum pratense</i> L.)	10	Висота рослин, облиствленість, довжина султана, кількість насінин у султані, маса 1000 насінин, насіннева продуктивність
Костриця червона (<i>Festuca rubra</i> L.)	16	Висота рослин, облиствленість, довжина волоті, маса 1000 насінин, щільність дернини, декоративність, відростання після скошування
Райграс високий (<i>Arrhenatherum elatius</i> L.)	9	Висота рослин, облиствленість, довжина колоса, кількість насінин у колосі, маса 1000 насінин, насіннева продуктивність

У результаті багаторічної фенотипової оцінки генофонду багаторічних трав сформовано репрезентативну систему зразків-еталонів, що охоплює провідні види, поширені в кормових агроценозах Передкарпаття. До її складу включено понад сто генотипів бобових і злакових трав, які характеризуються стабільністю прояву ознак у різні за гідротермічними умовами роки та чіткою фенотиповою диференціацією за ключовими господарсько-біологічними показниками. Найповніше еталонний фонд представлений у видів із високою селекційною значущістю та широким виробничим використанням, що відображає як глибину їх експериментального опрацювання, так і значний рівень внутрішньовидового поліморфізму.

Формування еталонної групи здійснювали на основі комплексного підходу з урахуванням кількісних і якісних діагностичних показників. До них віднесено висоту рослин, ступінь облиствленості, параметри генеративних органів (довжину волоті, султана або колоса, діаметр суцвіття), кількість квіток і насінин, масу 1000 насінин, елементи структури врожаю та інтегральні показники насінневої продуктивності. Для окремих видів додатково враховано специфічні морфофункціональні характеристики – щільність дернини, декоративність, інтенсивність весняного відростання та здатність до регенерації після скошування, що розширює можливості їх оцінювання не лише як кормових, а й як багатofункціональних культур.

Відібрані еталонні зразки репрезентують крайні та середні рівні прояву ознак, формуючи багаторівневу шкалу фенотипової градації в межах кожного виду. Це забезпечує уніфікацію підходів до ідентифікації та порівняльної оцінки матеріалу, підвищує об'єктивність ранжування генотипів і мінімізує суб'єктивність експертної оцінки. Запропонована система еталонів виконує

функцію методичного інструменту систематизації генофонду, сприяє впорядкуванню колекційного матеріалу та підвищує ефективність цілеспрямованого селекційного добору адаптивних і високопродуктивних форм для умов Передкарпаття.

Систематизація результатів дала змогу виділити стабільні еталонні форми для бобових (конюшина лучна, повзуча, гібридна) та злакових видів (грястиця збірна, пажитниця пасовищна, тимофіївка лучна, костриця червона, райграс високий), що відображають крайні та середні рівні прояву ознак. Це забезпечує методичну основу для подальшого аналізу генетичного різноманіття, порівняльної оцінки селекційного матеріалу та виділення джерел цінних ознак. Сформована система еталонів є інструментом впорядкування результатів фенотипової оцінки генофонду та підвищує ефективність добору перспективних генотипів для умов Передкарпаття.

У результаті багаторічної оцінки генофонду багаторічних бобових і злакових трав в умовах Передкарпаття встановлено значну диференціацію зразків за морфо-біологічними та господарсько-цінними ознаками, що дало змогу здійснити їх систематизацію та виділити джерела селекційно цінних характеристик. Дослідження підтвердили високий рівень внутрішньовидової мінливості, який є передумовою ефективного добору адаптивних та продуктивних генотипів.

У колекційному розсаднику грястиці збірної оцінено 34 зразки. За результатами трирічних досліджень встановлено, що при сінокісному використанні 10 зразків перевищили стандарт за врожаєм зеленої маси на 1–4 т/га (2,7–9,5 %), а 17 зразків – за врожаєм сухої речовини на 0,1–1,9 т/га. Найвищу сумарну кормову продуктивність забезпечили зразки СФ 2243, СФ 2246, СФ 2247 та СФ 2256. За насінневою продуктивністю 14 зразків перевищили стандарт на 0,001–0,295 т/га; максимальні показники зафіксовано у зразків СФ 2249 (0,945 т/га), СФ 2247 (0,902 т/га) та СФ 2260

(0,843 т/га). За комплексом господарсько-цінних ознак вирізнявся зразок СФ 2247. У процесі систематизації матеріалу виділено джерела зимостійкості, інтенсивного весняного відростання, підвищеної врожайності сухої речовини, насінневої продуктивності, високого вмісту сирого протеїну, стійкості до іржі та підвищеної маси 1000 насінин.

Для поглибленої оцінки структури мінливості проведено кластерний аналіз із використанням евклідової відстані, що дозволило згрупувати зразки грястиці збірної за сукупністю показників кормової та насінневої продуктивності. У результаті виділено кілька генетично диференційованих груп: високопродуктивні форми інтенсивного типу з максимальними показниками зеленої маси та насінневої продуктивності; зразки зі збалансованим поєднанням кормових і генеративних ознак; а також адаптивні генотипи зі стабільною реалізацією продуктивного потенціалу в різні за гідротермічними умовами роки. Отримана кластерна структура підтверджує наявність значної внутрішньовидової диференціації та обґрунтовує доцільність використання виділених груп як джерел цінних ознак у селекції адаптивних сортів грястиці збірної для умов Передкарпаття.

У розсаднику конюшини повзучої вивчено 24 зразки, для яких характерними були ранні строки весняного відростання та тривалість вегетаційного періоду 118–157 діб. За сінокісного використання врожайність зеленої маси становила 20,8–32,0 т/га, сухої речовини – 2,61–4,14 т/га, насіння – 0,094–0,138 т/га. Виділено генотипи з рівномірним формуванням урожаю та стабільними показниками продуктивності в умовах змінного зволоження.

Під час оцінювання 16 зразків тимофіївки лучної встановлено формування врожаю зеленої маси на рівні 31,6–41,3 т/га та сухої речовини – 6,38–8,83 т/га. Окремі зразки суттєво перевищили стандарт за кормовою продуктивністю. За врожайністю насіння

10 зразків забезпечили надбавку 0,008–0,057 т/га. Виявлено варіабельність за висотою рослин, довжиною султана, кількістю насінин у суцвітті та масою 1000 насінин, що дозволило виділити джерела господарсько-цінних ознак.

У межах колекційного розсадника костриці червоної (18 зразків) при сінокісному використанні врожайність зеленої маси становила 35,25–42,15 т/га, сухої речовини – 7,07–8,85 т/га, насіння – 0,163–0,203 т/га. За пасовищного використання зелена маса формувалася на рівні 16,85–20,25 т/га. Виділено зразки з підвищеною зимостійкістю, стійкістю до іржі, високою декоративністю, інтенсивним відростанням та стабільною насінневою продуктивністю, що свідчить про їх адаптивність до регіональних умов.

Дослідження зразків костриці шорстколистої (8 зразків) показало формування врожаю зеленої маси 30,70–35,60 т/га при сінокісному та 16,50–19,15 т/га при пасовищному використанні. Окремі зразки перевищили стандарт за кормовою та насінневою продуктивністю, а також за облиствленістю, кількістю генеративних стебел і декоративністю, що дозволяє розглядати їх як перспективні для селекції.

У колекційному розсаднику пажитниці багаторічної встановлено, що за сінокісного використання дев'ять зразків перевищили стандарт за врожаєм зеленої маси на 0,4–4,5 т/га, а за пасовищного – 13 зразків забезпечили приріст 0,1–3,1 т/га. Вісім зразків сформували достовірну надбавку врожаю насіння (0,02–0,08 т/га), що підтверджує їх селекційну цінність.

Аналіз 25 зразків конюшини лучної засвідчив, що середня врожайність зеленої маси становила 50,05 т/га, насіння – 0,261 т/га (максимально 0,290 т/га). Встановлено варіабельність за кількістю квіток і насінин у суцвітті та масою 1000 насінин. Проведений кластерний аналіз дозволив згрупувати зразки за рівнем кормової та насінневої продуктивності й виділити генетично близькі групи з високими показниками адаптивності.

Кластерний аналіз, виконаний із використанням евклідової відстані та методу одиничного зв'язку, дозволив здійснити багатовимірну систематизацію досліджуваних зразків конюшини лучної за рівнем прояву кормової та насінневої продуктивності. Отримана дендрограма відобразила ступінь подібності між генотипами та дала змогу виділити групи з близькими морфо-біологічними характеристиками.

За сукупністю кормових ознак зразки були диференційовані на п'ять малих кластерів, які об'єднувалися у два великі угруповання, що відрізнялися рівнем формування зеленої маси, сухої речовини та інтенсивністю ростових процесів. Така структура кластеризації свідчить про наявність як генотипів із високою продуктивністю інтенсивного типу, так і форм із помірною, але стабільною реалізацією потенціалу врожайності.

За показниками насінневої продуктивності сформовано два основні кластери, що відображають контрастність зразків за структурними елементами врожаю насіння – кількістю суцвіть, числом насінин у суцвітті, масою 1000 насінин та загальною врожайністю. Виділені кластери характеризуються різним поєднанням ознак, що дозволяє розглядати їх як джерела альтернативних селекційних напрямів – інтенсивного насінневого та збалансованого адаптивного типу.

У межах кластерних груп ідентифіковано зразки з високими показниками морфо-біологічних характеристик, зокрема за висотою рослин, облиствленістю, кількістю суцвіть і насінин, масою 1000 насінин та стійкістю до хвороб. Їх включення до відповідних кластерів підтверджує генетичну близькість за комплексом ознак і обґрунтовує доцільність використання цих генотипів як донорів цінних властивостей у подальших селекційних програмах.

У колекційному розсаднику конюшини гібридної досліджено 25 зразків різного еколого-географічного походження

з метою оцінки їх продуктивності та адаптивного потенціалу в умовах Передкарпаття. Встановлено, що вісім зразків перевищили стандарт Придністровська за врожайністю зеленої маси на 2,2–5,6 т/га. Зазначені генотипи характеризувалися відносно стабільною висотою рослин (71,1–75,4 см; CV = 5,84 %) та помірною варіабельністю кількості стебел, що свідчить про вирівняність їх морфоструктури. Більшість досліджених форм належали до ранньостиглої групи з тривалістю вегетаційного періоду 108–111 діб.

За показниками насінневої продуктивності десять зразків забезпечили перевищення стандарту на 0,04–0,09 т/га, що вказує на їх високий селекційний потенціал. Структурний аналіз елементів насінневої продуктивності показав, що діаметр суцвіття варіював у межах 2,16–2,42 см, кількість квіток у суцвітті становила 61–74 шт., а маса 1000 насінин – 0,74–0,78 г. Помірний рівень варіабельності більшості ознак свідчить про стабільність їх прояву та генетичну зумовленість продуктивних характеристик.

Кластерний аналіз із використанням евклідової метрики дозволив об'єднати зразки у три групи: першу – з добре збалансованими параметрами росту та продуктивності, другу – з підвищеним продуктивним потенціалом, третю – з високою облиствленістю та адаптивністю. У межах кластерів ідентифіковано джерела зимостійкості (16 зразків), швидкого весняного відростання (9), рівномірності формування зеленої маси (14) та підвищеної врожайності зеленої маси (11). Отримані результати формують науково обґрунтовану основу для цілеспрямованого використання дослідженого генофонду у селекційних програмах зі створення адаптивних і високопродуктивних сортів.

Поглиблене вивчення морфологічних і біологічних характеристик багаторічних бобових і тонконогових трав дало змогу відібрати та зареєструвати низку селекційно цінних зразків. Зокрема, по костриці червоній зареєстровано чотири

зразки – П1773, ДФ2034 (свідоцтва № 2579–2580 від 01.11.2024 р.), а також популяцію Львів'янка і ДФ2343 (свідоцтва № 2667–2668 від 27.03.2025 р.). По грятіці збірній зареєстровано п'ять зразків: П1989 (свідоцтво № 2581 від 01.11.2024 р.), а також ДФ1854, П1986, П1521 і П1189 (свідоцтва № 2663–2666 від 27.03.2025 р.). По тимофіївці лучній зареєстровано чотири зразки – П1896, П1938, П1937 і Дарина (свідоцтва № 2305–2308 від 11.10.2021 р.), по костриці шорстколистій – популяцію П1913 (свідоцтво № 2418 від 25.04.2023 р.), по пажитниці багаторічній – зразки П1089, П907, П1086 і П1084 (свідоцтва № 2301–2304 від 11.10.2021 р.), по люпину багатолістому – зразок ДФ1778 (свідоцтво № 2309 від 11.10.2021 р.). По конюшині лучній зареєстровано п'ять зразків – ПЛюбава, П2533, П2534, ДФ2119 та П2202 (свідоцтва № 2563–2567 від 29.10.2024 р.), по конюшині гібридній – П2020, П2014, П2015 і ДФ2476 (свідоцтва № 2568–2571 від 29.10.2024 р.).

У результаті проведеної роботи сформовано та офіційно зареєстровано низку ознакових колекцій. Створено ознакову колекцію пажитниці багаторічної за врожайністю та структурними елементами (41 зразок; свідоцтво № 310 від 29.10.2021 р.), а також ознакову колекцію цієї культури за цінними господарськими ознаками, що включає 28 зразків (24 українського та 4 литовського походження), оцінених за 15 ознаками з 53 рівнями прояву (свідоцтво № 342 від 03.02.2025 р.). Сформовано ознакову колекцію тимофіївки лучної за врожайністю (37 зразків; свідоцтво № 309 від 27.10.2021 р.), ознакову колекцію конюшини лучної за основними господарськими ознаками (76 зразків, з яких 67 українського та 9 литовського походження; 17 ознак із 69 градаціями прояву; свідоцтво № 332 від 09.02.2024 р.) та окрему ознакову колекцію конюшини лучної за врожайністю та її структурними елементами (31 зразок; 18 ознак із 61 рівнем прояву; свідоцтво № 343 від 03.02.2025 р.). Також зареєстровано ознакову колекцію

грятіці збірної за цінними господарськими ознаками, що налічує 62 зразки (47 – з України, 14 – з Литви, один – з Польщі), оцінені за 19 ознаками з 53 рівнями прояву (свідоцтво № 349 від 23.10.2025 р.).

Використання колекційного матеріалу забезпечило створення та впровадження нових сортів. До Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, у 2021 р. внесено сорт стоколосу безостого Карпатський (UJ 2000494; свідоцтво № 210580 від 02.07.2021 р.; патент № 210727 від 28.05.2021 р.), сорт райграсу високого Нагуєвицький (UJ 1500115; свідоцтво № 210578 від 02.07.2021 р.; патент № 210687 від 28.05.2021 р.) та сорт костриці шорстколистої Сиза (UJ 1300350; свідоцтво № 210562 від 02.07.2021 р.; патент № 210664 від 28.05.2021 р.). У 2023 р. до Реєстру внесено сорт конюшини лучної Любава (свідоцтво № 230946 від 31.10.2023 р.; патент № 230650 від 03.11.2023 р.).

На підставі отриманих результатів підготовлено та передано на Державну науково-технічну експертизу перспективні селекційні розробки. Зокрема, зразок грятіці збірної СФ 902 (PFZ 00902), індивідуально відібраний із матеріалу К-43546, заявлено під назвою Самбірчанка (заявка № 2025182001 від 11.11.2025 р.). Зразок конюшини гібридної СФ 2020 (PFZ 02020) під назвою Стебничанка суттєво перевищує стандарт за ключовими економічними показниками, забезпечуючи умовно чистий прибуток 33 506 грн/га, рівень рентабельності 363 % та окупність 4,62 грн на 1 грн витрат (заявка № 2025156001 від 11.11.2025 р.). Також передано на експертизу зразок тимофіївки лучної СФ 2424 (PFZ 02424), створений багаторазовим масовим добром із складногібридної популяції Підгірянкa × № 1942 × № 1954, під назвою Унятицька (заявка № 2025229001 від 11.11.2025 р.).

Отримані результати свідчать про практичну реалізацію систематизації генофонду та її безпосередній вплив на

створення нових конкурентоспроможних сортів, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов Передкарпаття.

Висновки. У результаті багаторічної оцінки генофонду багаторічних бобових і злакових трав в умовах Передкарпаття сформовано генетично репрезентативну колекцію, яка характеризується широкою внутрішньовидовою мінливістю та значним селекційним потенціалом. Проведена систематизація матеріалу з виділенням еталонних зразків і формуванням ознакових колекцій забезпечила уніфікацію фенотипової оцінки, підвищила об'єктивність ранжування генотипів та створила науково обґрунтовану основу для добору джерел високої кормової й

насінневої продуктивності, адаптивності та стійкості до абіотичних і біотичних чинників.

Практичним підтвердженням ефективності системного підходу є реєстрація нових селекційно цінних зразків, створення та впровадження сортів, занесених до Державного реєстру, а також передача перспективних генотипів на державну науково-технічну експертизу. Отримані результати свідчать про доцільність подальшого розвитку та використання сформованого генофонду як стратегічної бази для створення адаптивних і конкурентоспроможних сортів багаторічних трав для умов Передкарпаття.

Список використаної літератури

1. Бабич А. О., Бугайов В. Д. Стан та перспективи селекції і насінництва кормових культур в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2001. Вип. 47. С. 19–20.
2. Васильківський С. П., Кочмарський С. В. Селекція і насінництво польових культур : підручник. ПрАТ «Миронівська друкарня», 2016. 376 с.
3. Мазур О. В., Мазур О. В., Лозінський М. В. Селекція та насінництво польових культур : навч. посіб. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 348 с.
4. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. / В. Г. Дідора та ін. Київ : Центр учбової літератури, 2013. 264 с.
5. Методика проведення експертизи сортів на відмітність, однорідність та стабільність (ВОС) (кормові культури) / Український інститут експертизи сортів рослин. Київ : [б. в.], 2014. 967 с.
6. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Український інститут експертизи сортів рослин ; укл. С. О. Ткачик, Н. В. Лещук, О. І. Присяжнюк. Вінниця, 2016. 120 с.
7. Методика польового дослідження (Зрошуване землеробство) / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Грін Д. С., 2014. 448 с.
8. Методологія селекції багаторічних бобових і злакових трав у Передкарпатті : метод. рек. / Г. С. Коник та ін. Оброшине, 2015. 156 с.
9. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В. О. Єщенко та ін. ; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
10. Рябчун В. К., Кузьмишина Н. В., Богуславський Р. Л. Інтродукція зразків генофонду рослин до національного банку генетичних ресурсів рослин України. *Генетичні ресурси рослин*. 2012. № 10/11. С. 17–24.

References

1. Babych A. O., Buhaiov V. D. State and prospects of selection and seed production of fodder crops in Ukraine. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2001. Issue 47. P. 19–20.
2. Vasylykivskyy S. P., Kochmarskyi S. V. Breeding and Seed Production of Field Crops : Textbook. PrAt «Myronivska drukarnia», 2016. 376 p.
3. Mazur O. V., Mazur O. V., Lozinskyi M. V. Breeding and seed production of field crops : a textbook. Vinnytsia : TVORY, 2020. 348 p.
4. Methods of scientific research in agronomy: a textbook / V. G. Didora et al. Kyiv : Tsentr uchbovoi literatury, 2013. 264 p.
5. Methods of examination of varieties for distinctiveness, uniformity and stability (VOS) (fodder crops) / Ukrainian Institute of Plant Variety Expertise. Kyiv : [b. v.], 2014. 967 p.
6. Methodology of qualification examination of plant varieties for their suitability for distribution in Ukraine. General part. Ukrainian Institute of Plant Variety Expertise ; ucl. S. O. Tkachyk, N. V. Leshchuk, O. I. Prysiazhniuk. Vinnytsia, 2016. 120 p.
7. Methods of field experiment (Irrigated agriculture) / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Hrin D. S., 2014. 448 p.
8. Methodology of selection of perennial legumes and cereals in the Carpathian region : methodical recommendations / G. S. Konyk et al. Obroshyne, 2015. 156 p.
9. Fundamentals of scientific research in agronomy: a textbook / V. O. Yeshchenko et al. ; edited by V. O. Yeshchenko. Vinnytsia : PP «TD «Edelweis i K», 2014. 332 p.
10. Riabchun V. K., Kuzmyshyna N. V., Bohuslavskyy R. L. Introduction of plant gene pool accessions into the National Plant Genetic Resources

11. Agricultural practices and biodiversity: Conservation policies for semi-natural grasslands in Europe / J. Shipley et al. *Current biology*. 2024. V. 34. P. 753–761. DOI: 10.1016/j.cub.2024.06.062.
12. Amiteye S. Basic concepts and methodologies of DNA marker systems in plant molecular breeding. *Heliyon*. 2021. V. 7 (10). e08093. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08093.
13. Assessment of genetic diversity in crop plants-an overview / H. Bhandari et al. *Advances in plants & agriculture research*. 2017. V. 7. P. 279–286. DOI: 10.15406/apar.2017.07.00255.
14. Conserving genetic resources for agriculture: economic implications of emerging science / D. Gollin et al. *Food Security*. 2020. V. 12. P. 919–927. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01035-w>.
15. Crop diversity, its conservation and use for better food systems / S. Schmitz et al. *Science and Innovations for Food Systems Transformation*. 2023. Cham: Springer. P. 545–552. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_29.
16. Factors affecting the genetic diversity of *Lotus corniculatus* in the Hemi-boreal zone of Baltic States and their agronomical implications / Y. Sultan et al. *Frontiers in plant science*. 2026. V. 17. P. 1748495. <https://doi.org/10.3389/fpls.2026.1748495>.
17. Genetic diversity and selection signatures in maize landraces compared across 50 years of *in situ* and *ex situ* conservation / F. D. McLean-Rodríguez et al. *Heredity*. 2021. V. 126. P. 913–928. doi: 10.1038/s41437-021-00423-y.
18. Global genetic diversity status and trends: Towards a suite of Essential Biodiversity Variables (EBVs) for genetic composition / S. Hoban et al. *Biological reviews*. 2022. V. 97. P. 1511–1538. <https://doi.org/10.1111/brv.12852>.
19. Integrating evolutionary potential and ecological function into agricultural seed production to meet demands for the decade of restoration / E. A. Leger et al. *Restoration ecology*. 2024. V. 32. P. e13543. <https://doi.org/10.1111/rec.13543>.
20. Katoch R. “Lignin: Possible Manipulations in Forages,” in *Nutritional Quality Management of Forages in the Himalayan Region* (Singapore: Springer). 2022. P. 493–527.
21. Lamichhane S., Thapa S. Advances from conventional to modern plant breeding methodologies. *Plant breeding and biotechnology*. 2022. V. 10. P. 1–14. doi: 10.9787/PBB.2022.10.1.1.
22. *Lotus corniculatus*-rhizobia symbiosis under Ni, Co and Cr stress on ultramafic soil / M. Sujkowska-Rybkowska et al. *Plant Soil*. 2020. V. 451. P. 459–484. doi: 10.1007/s11104-020-04546-9.
23. Petrulaitis L. *Lotus maritimus* L. (*Fabaceae*), alien species new to Lithuania. *Botanica*. 2022. V. 28. P. 39–45. doi: 10.35513/Botlit.2022.1.5.
24. Responses of *Lotus corniculatus* to environmental change 3: The sensitivity of phenolic accumulation to growth temperature and light intensity and effects on Bank of Ukraine. *Henetychni resursy roslyn*. 2012. No. 10/11. P. 17–24.
11. Agricultural practices and biodiversity: Conservation policies for semi-natural grasslands in Europe / J. Shipley et al. *Current biology*. 2024. V. 34. P. 753–761. DOI: 10.1016/j.cub.2024.06.062.
12. Amiteye S. Basic concepts and methodologies of DNA marker systems in plant molecular breeding. *Heliyon*. 2021. V. 7 (10). e08093. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08093.
13. Assessment of genetic diversity in crop plants-an overview / H. Bhandari et al. *Advances in plants & agriculture research*. 2017. V. 7. P. 279–286. DOI: 10.15406/apar.2017.07.00255.
14. Conserving genetic resources for agriculture: economic implications of emerging science / D. Gollin et al. *Food Security*. 2020. V. 12. P. 919–927. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01035-w>.
15. Crop diversity, its conservation and use for better food systems / S. Schmitz et al. *Science and Innovations for Food Systems Transformation*. 2023. Cham: Springer. P. 545–552. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_29.
16. Factors affecting the genetic diversity of *Lotus corniculatus* in the Hemi-boreal zone of Baltic States and their agronomical implications / Y. Sultan et al. *Frontiers in plant science*. 2026. V. 17. P. 1748495. <https://doi.org/10.3389/fpls.2026.1748495>.
17. Genetic diversity and selection signatures in maize landraces compared across 50 years of *in situ* and *ex situ* conservation / F. D. McLean-Rodríguez et al. *Heredity*. 2021. V. 126. P. 913–928. doi: 10.1038/s41437-021-00423-y.
18. Global genetic diversity status and trends: Towards a suite of Essential Biodiversity Variables (EBVs) for genetic composition / S. Hoban et al. *Biological reviews*. 2022. V. 97. P. 1511–1538. <https://doi.org/10.1111/brv.12852>.
19. Integrating evolutionary potential and ecological function into agricultural seed production to meet demands for the decade of restoration / E. A. Leger et al. *Restoration ecology*. 2024. V. 32. P. e13543. <https://doi.org/10.1111/rec.13543>.
20. Katoch R. “Lignin: Possible Manipulations in Forages,” in *Nutritional Quality Management of Forages in the Himalayan Region* (Singapore: Springer). 2022. P. 493–527.
21. Lamichhane S., Thapa S. Advances from conventional to modern plant breeding methodologies. *Plant breeding and biotechnology*. 2022. V. 10. P. 1–14. doi: 10.9787/PBB.2022.10.1.1.
22. *Lotus corniculatus*-rhizobia symbiosis under Ni, Co and Cr stress on ultramafic soil / M. Sujkowska-Rybkowska et al. *Plant Soil*. 2020. V. 451. P. 459–484. doi: 10.1007/s11104-020-04546-9.
23. Petrulaitis L. *Lotus maritimus* L. (*Fabaceae*), alien species new to Lithuania. *Botanica*. 2022. V. 28. P. 39–45. doi: 10.35513/Botlit.2022.1.5.
24. Responses of *Lotus corniculatus* to environmental change 3: The sensitivity of phenolic

tissue digestibility / P. Morris et al. *Planta*. 2021. V. 253. P. 35. DOI: 10.1007/s00425-020-03524-w.

25. Seed longevity - the evolution of knowledge and a conceptual framework / J. Nadarajan et al. *Plants*. 2023. V. 12. P. 471. <https://doi.org/10.3390/plants12030471>.

26. Study on rumen degradability and intestinal digestibility of mutton sheep diets with different concentrate-to-forage ratios and nonfiber carbohydrates / neutral detergent fiber ratios / X. Guo et al. *Animals*. 2024. V. 14. P. 2816. DOI: 10.3390/ani14192816.

27. Transition to legume-supported farming in Europe through redesigning cropping systems / I. Notz et al. *Agronomy for Sustainable Development* 2023. V. 43. P. 12. doi: 10.1007/s13593-022-00861-w.

accumulation to growth temperature and light intensity and effects on tissue digestibility / P. Morris et al. *Planta*. 2021. V. 253. P. 35. DOI: 10.1007/s00425-020-03524-w.

25. Seed longevity – the evolution of knowledge and a conceptual framework / J. Nadarajan et al. *Plants*. 2023. V. 12. P. 471. <https://doi.org/10.3390/plants12030471>.

26. Study on rumen degradability and intestinal digestibility of mutton sheep diets with different concentrate-to-forage ratios and nonfiber carbohydrates / neutral detergent fiber ratios / X. Guo et al. *Animals*. 2024. V. 14. P. 2816. DOI: 10.3390/ani14192816.

27. Transition to legume-supported farming in Europe through redesigning cropping systems / I. Notz et al. *Agronomy for Sustainable Development* 2023. V. 43. P. 12. doi: 10.1007/s13593-022-00861-w.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-4

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.11:631.559:[631.58:631.51]

**ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ
ЗА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ No-till ТЕХНОЛОГІЇ****М. Я. Бомба¹, М. І. Бомба²**

¹Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Університетська 1, м. Львів,
79007

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького (Північний кампус)
вул. В. Великого 1, м. Дубляни,
Львівський район,
Львівська область, 80381

Про авторів:

Мирослав БОМБА,
доктор сільськогосподарських наук, професор
ORCID: 0000-0001-7865-2111

Маргарита БОМБА,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент
ORCID: 0000-0001-7753-4885

Для листування:

Маргарита БОМБА
e-mail: margo180858@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних наук України

Отримано:

13 лютого 2026 р.

Погоджено до друку:

13 березня 2026 р.

Опубліковано:

31 березня 2026 р.

Нині глобальний агросектор активно впроваджує відмову від традиційної оранки на користь оощадних методів господарювання. Такий крок зумовлений не стільки прагненням миттєво заощадити на ресурсах чи енергоносіях, скільки фундаментальним завданням: відродити потенціал землі. Пріоритетом стає створення умов для природної регенерації гумусу та збереження життєвої сили ґрунтів у довгостроковій перспективі. В результаті експериментальних досліджень було виявлено особливості формування врожаю пшениці озимої сорту РЖТ Реформ в No-till технології залежно від погодних умов року та способів сівби з міжряддями 17, 25 і 35 см. Унаслідок обробки посівів гербіцидом Лаплас (0,05 кг/га) чисельність сегетальної рослинності на період збирання врожаю знизилася за сівби з міжряддями 17 і 25 см в межах 1,9–2,6, а за ширини 35 см – 1,7–1,8 рази. Різниця за чисельністю бур'янів і їх повітряно-сухою масою на варіанті із розширенням міжрядь до 35 см у фазі повної стиглості зерна порівняно з міжряддями 17 і 25 см становила відповідно 9,6–16,6 шт./м² і 7,5–8,8 г/м² на користь останніх. Максимальний урожай пшениці озимої було сформовано за сівби з шириною міжрядь 25 см – 7,1–8,5 т/га. Подальше збільшення ширини до 35 см призводило до зниження врожайності пшениці озимої в середньому за 2023–2025 рр. на 0,6 т/га. Отримані дані щодо специфіки розвитку культури під впливом кліматичних факторів та різних підходів до висіву в системі No-till мають стати підґрунтям для створення адаптивних агротехнічних стратегій. Результати проведених спостережень необхідно імплементувати у виробничі стандарти вирощування пшениці озимої, що розробляються спеціально для агрокліматичної зони Західного Лісостепу.

Ключові слова: Західний Лісостеп, пшениця озима, No-till технології, вологість ґрунту, забур'яненість агрофітоценозу, врожайність.

The formation of winter wheat yield in the conditions of growing by No-till technology

¹Ivan Franko National University of Lviv,

1 Universytetska St., Lviv, 79007

²Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S. Z. Gzhytsky (Northern Campus) *1 V. Velykoho St., Dublyany, Lviv district, Lviv region, 80381*

About the authors:

Myroslav BOMBA
ORCID: 0000-0001-7865-2111

Margarita BOMBA
ORCID-ID: 0000-0001-7753-4885

For correspondence:
Margarita BOMBA
e-mail: margo180858@gmail.com

Funding information:
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:
February 13, 2026
Accepted:
March 13, 2026
Published:
March 31, 2026

Currently, the global agricultural sector is actively implementing the abandonment of traditional plowing in favor of gentle farming methods. Such a step is driven not so much by the desire to instantly save on resources or energy, but by a fundamental task: to revive the potential of the earth. The priority is to create conditions for the natural regeneration of humus and preserve the vitality of soils in the long term. As a result of experimental research, the peculiarities of the formation of the yield of winter wheat of the RZhT Reform variety in No-till technology were revealed, depending on the weather conditions of the year and sowing methods with row spacings of 17, 25 and 35 cm. As a result of treatment of crops with the herbicide Laplas (0.05 kg/ha), the number of segetal vegetation during the harvest period decreased when sowing with row spacings of 17 and 25 cm within 1.9–2.6 times, and with a width of 35 cm – within 1.7–1.8 times. The difference in the number of weeds and their air-dry mass in the variant with the expansion of row spacing to 35 cm in the phase of full grain ripening compared to row spacings of 17 and 25 cm was 9.6–16.6 pcs./m² and 7.5–8.8 g/m², respectively, in favor of the latter. The maximum yield of winter wheat was formed when sowing winter wheat with a row spacing of 25 cm, it was 7.1–8.5 t/ha. Further increase in the width to 35 cm led to a decrease in the yield of winter wheat on average for 2023–2025 by 0.6 t/ha. The data obtained on the specifics of crop development under the influence of climatic factors and different approaches to sowing in the No-till system should become the basis for creating adaptive agrotechnical strategies. The results of the observations must be implemented into production standards for growing winter wheat, which are being developed specifically for the agroclimatic zone of the Western Forest-Steppe.

Keywords: Western Forest-Steppe, winter wheat, No-till technologies, soil moisture, weediness of agrophytocenosis, yield.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Серед ключових агрономічних практик, націлених на зростання потенціалу ґрунту та збільшення врожайності сільськогосподарських рослин, технологія обробітку посідає провідну позицію. Компетентне та обґрунтоване рішення щодо вибору системи обробітку ґрунту є критично важливим, що в кінцевому результаті не лише забезпечує збалансований обмін вологи, газів і тепла у верхньому шарі ґрунту, а й гарантує доступність поживних елементів. Крім того, науково-обґрунтований обробіток ґрунту слугує ефективним інструментом проти шкідливих організмів (бур'янів, збудників хвороб та комах-шкідників).

Історичний огляд механічного обробітку ґрунту в Україні, який є ключовим елементом системи землеробства, виявляє періоди значних розбіжностей у поглядах як наукової спільноти, так і практиків аграрної справи. Тривалий час існувала значна когорта аграрних дослідників, які вельми рішуче, часом навіть у категоричній формі, обстоювали безумовну перевагу глибокої оранки для оптимізації врожайності переважної більшості сільськогосподарських культур. Водночас, їхні опоненти просували протилежну філософію, акцентуючи на перевагах, так званих, енергоефективних, ґрунтозахисних

або мінімізованих системах обробітку ґрунту [5, 15].

Попри те, що судження деяких науковців могли виглядати спрощеними або однобокими у висвітленні фундаментальних питань агротехніки (як-от: потрібне мілке чи глибоке розпушування; доцільність проведення робіт восени чи навесні; вибір між нульовим обробітком, мінімізацією чи класичною полицевою оранкою), саме ці дискусії мали вирішальне значення. Вони активізували наукову громадськість і спонукали до проведення більш глибоких, комплексних досліджень у цьому важливому секторі знань.

У цьому контексті першочерговим є усвідомлення того незаперечного факту, що ґрунт, який ми піддаємо багаторазовому розпушуванню ґрунтообробними знаряддями, є, по суті, живим біологічним організмом нашої планети. Ґрунтова біота на світовій арені є, можливо, найчисельнішою з усієї флори та фауни, має складні взаємозв'язки і значною мірою впливає на динаміку процесів ґрунтової родючості, умови їх перебігу та механізми регулювання. Вивчення цих аспектів, безумовно, триватиме упродовж багатьох наступних поколінь дослідників. Оскільки ґрунт є складною і чутливою системою, будь-яке недоцільне або надмірне втручання може спричинити негативний вплив. З цієї точки зору, кожен сільськогосподарський інструмент, що використовується для обробітку ґрунту, варто розглядати як високоточне хірургічне знаряддя, а його застосування вимагає такої ж обдуманості та виваженості, як і дії хірурга під час операції.

Як прямий наслідок цієї необхідності, наприкінці ХХ століття помітно активізувалися зусилля низки вчених, спрямовані на системний та комплексний підхід до вивчення цієї гострої аграрної проблематики. Це стало поштовхом до активного пошуку альтернативних агротехнологічних прийомів обробітку ґрунту. Основні напрямки цього пошуку включали: зменшення глибини основного

обробітку, комбінування кількох технологічних операцій за один прохід агрегату, застосування прямої сівби (No-till) у необроблений ґрунт. Головною метою цих інновацій було: сповільнення процесів мінералізації органічної речовини, нагромадження та збереження вологи, охорона біорозмаїття ґрунтової фауни та флори, захист ґрунтів від вітрової та водної ерозій, а також скорочення енергетичних витрат [14, 21].

Проте, останнім часом спостерігається цікава тенденція: виробники зернових культур, ріпаку і навіть цукрового буряку, які близько десятиліття тому активно переходили до мінімізованого розпушування ґрунту, нині, досить часто, повертаються до традиційної полицевої оранки. Цей процес значною мірою продиктований комерційною вигодою – прагненням максимізувати прибутки за рахунок ігнорування принципів сівозміни та оптимального стану ґрунтових ресурсів.

На наш погляд, інтенсивне механічне втручання в ґрунт є виправданим лише доти, поки не провокуються процеси надмірної мінералізації запасів гумусу, або ж коли відбувається регулярне внесення значних обсягів органічних добрив. Такий підхід стає неприпустимим, якщо рівень гумусу опускається нижче критичної межі, необхідної для біологічного саморозпушування та забезпечення стабільної структури ґрунту. Враховуючи, що більшість українських ґрунтів демонструють зниження вмісту гумусу з глибиною профілю, подальша інтенсифікація механічного обробітку становить серйозну загрозу для їхньої родючості. Негативний вплив систем обробітку на умови життєдіяльності рослин найчастіше пов'язаний з механічним перенесенням агротехнічних прийомів, розроблених для одних умов, в абсолютно нетипові для них агрокліматичні зони.

Упродовж 1985–2016 рр. ми провели низку досліджень в умовах Західного Лісостепу. Об'єктами вивчення слугували чорноземні та темно-сірі опідзолені ґрунти.

Основний акцент було зроблено на вирощуванні проміжних культур (гірчиці, редьки олійної, однорічних кормових сумішей та кукурудзи на зелений корм), жита і пшениці озимої. Отримані емпіричні дані переконливо довели життєздатність і доцільність застосування системи мінімізованого обробітку ґрунту для цих конкретних культур, в т. ч. з використанням спеціалізованої техніки, зокрема сівалок СЗС-2,1, ЛДС-6, СЗС-2М, «Kinse» та аналогічних комбінованих агрегатів [1].

Попри підтверджену ефективність, впровадження цієї системи в ширшому агровиробництві, особливо для інших категорій сільськогосподарських культур, стикнулося зі значними перешкодами. Головними стримуючими чинниками були:

- консерватизм аграріїв та застереження практиків стосовно вигоди від впровадження мінімізованих, ґрунтозахисних та енергоощадних систем обробітку ґрунту;

- недостатня кількість вагомих науково-обґрунтованих даних та рекомендацій щодо її застосування для зернових культур, сої, ріпаку та інших важливих агроценозів, у першу чергу це стосується системи удобрення та захисту рослин.

Попри складність окресленої проблеми, сучасне сільське господарство активно переорієнтовується на інноваційні підходи, серед яких технологія No-till (пряма сівба) набуває колосальної популярності. На відміну від традиційної оранки з використанням плуга, яка має низку експлуатаційних недоліків, пряма сівба в неторканий ґрунт перетворює ці слабкі сторони на свої ключові переваги [11, 16].

Це явище є прямим наслідком того, що класичне механічне розпушування ґрунту вимагає значних вкладень. Цей процес не просто працемісткий – він є енергоємним, оскільки потребує великих обсягів пального та енергії, вартість яких невпинно зростає [10].

Таким чином, поточна світова тенденція щодо часткового скорочення чи

скасування полицевого глибокого обробітку ґрунту продиктована не лише економічною необхідністю зменшення прямих витрат (паливо, праця, амортизація). Головним мотиватором для переходу на мінімізований обробіток є стратегічна мета – забезпечення стійкого, розширеного відтворення та накопичення природної родючості ґрунтового покриву [12, 18].

Як бачимо, вирощування сільськогосподарських культур за технологією No-till є важливою частиною системи землеробства, що відображає моделі вирощування сільськогосподарських культур. Різноманітність способів вирощування сільськогосподарських культур може підвищувати продуктивність агроєкосистеми та збільшувати її екологічну стійкість. Але якщо окремі аспекти в технології вирощування пшениці озимої вже частково досліджені (попередники, строки сівби, сорти, системи захисту) [17, 13, 22], то питання ширини міжрядь за сівби пшениці озимої за No-till технології залишаються відкритими.

Мета досліджень – виявити вплив ширини міжрядь у технології No-till для збільшення продуктивності виробництва пшениці озимої з мінімальною шкодою для здоров'я ґрунту.

Матеріали і методи. Дослідження проводилися упродовж 2022–2025 рр. у ТОВ «Агро-Ланка 2» Скориківської територіальної громади Тернопільської області. Вивчали ширину міжрядь у технології No-till вирощування пшениці озимої за наступною схемою: 17 см – контроль, 25 см і 35 см. Розміщення варіантів у дослідах – систематизоване. Повторність досліду – триразова. Посівна площа ділянки – 500 м², облікова – 350 м². Дослідження проводили згідно з методичними рекомендаціями [4].

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем малогумусний легкосуглинковий. Вміст гумусу в шарі 0–20 см становив 4,7–5,3 % (ДСТУ 4289:2004. п.8.1); сума нітратного та амонійного азоту – 11,3–12,7 мг/кг (ДСТУ

4362:2004); рухомих сполук фосфору – 12,3–13,7 мг/кг (ДСТУ ISO 11263:2021. п.632); обмінного калію – 187–198 мг/кг (ДСТУ 7861:2015. п.9.1); рухомої сірки – 7,8–8,5 мг/кг (ДСТУ 8347:2015); рН сольової витяжки – 7,1–7,5 (ДСТУ ISO 4289:2022).

Попередником пшениці озимої у всі роки досліджень була соя. Висівали сорт РЖТ Реформ. Це інтенсивний сорт французької селекції від світового бренду RAGT Semences з потенціалом високої врожайності навіть за несприятливих погодних умов. Він характеризується доброю морозостійкістю, що дозволяє безпечно перезимувати, є стійким до посушливих умов і поширених хвороб пшениці (піренофороз, іржа, борошниста роса), рівномірно досягає, а за якісними показниками зерна широко використовується для виробництва хлібопекарської продукції [8].

Сівбу проводили у період 18–25 вересня сівалкою Semeato SSM-27, яка здатна подрібнити будь-які рослинні залишки, в агрегаті з трактором John Deere 692s. Норма висіву становила 4 млн/га шт. схожих насінин. Глибина загортання насіння 3–4 см.

Одночасно із сівбою на всіх варіантах дослідів вносили 1 ц/га діамофоски ($N_{10}P_{26}K_{26}$). Навесні по мерзлоталому ґрунті вносили 1 ц/га сульфат амонію ($N_{21}S_{24}$) плюс (з інтервалом один день) – 1 ц/га карбаміду (N_{46}). Друге підживлення азотними добривами (аміачна селітра) проводили у фазі виходу в трубку 50 кг/га д. р.

Для захисту пшениці озимої від фітофагів, патогенної мікрофлори та небажаної рослинності було задіяно самохідний обприскувач Теснома laser 3000. Система захисту включала: у період кушення восени посіви дослідних ділянок обробляли гербіцидом Лаплас у дозі 0,05 кг/га; навесні під час відновлення вегетації – фунгіцидом Дезарал – 0,5 кг/га; у фазі повного кушення проводили комплексне обприскування – гербіцидом Лаплас – 0,05 кг/га, фунгіцидом Дезарал

екстра – 1,0 кг/га, інсектицидом Антиколорад макс – 0,15 кг/га, мікродобривами Авангард Зернові – 1,5 кг/га із одночасним додаванням прилипачу Тандем – 0,2 кг/га; у фазі прапорцевого листка посіви обробляли фунгіцидом Капітал – 0,8 кг/га, інсектицидом Вунон – 0,2 кг/га, мікродобривами Авангард Зернові – 1,5 кг/га; у фазі колосіння – фунгіцидом Унікаль макс – 0,5 кг/га в поєднанні з мікродобривами Авангард гроу гумат – 1,0 кг/га.

Польову вологість визначали термоваговим методом. Зразки ґрунту відбирали в шарі 0–10, 10–20 і 20–30 см (ДСТУ ISO 11465:2001) [3] у фазі сходів пшениці озимої та перед збиранням урожаю.

Для аналізу фітосанітарного стану посівів пшениці озимої залежно від ширини міжрядь було використано класичний інструментарій гербологічних досліджень. Практична частина обліку передбачала роботу з обліковими ділянками: на кожній дослідній ділянці виокремлювали чотири точки площею 0,25 м² кожна. Оцінку інтенсивності забур'яненості проводили шляхом підрахунку кількості особин та визначення їхньої повітряно-сухої маси, що дозволило отримати комплексні дані про стан агрофітоценозу.

Погодні умови в роки проведення досліджень значно варіювали між собою: сума опадів становила у 2023 р. – 566,7 мм, у 2024 р. – 607,7 мм і в 2025 р. – 515,3 мм, або менше від середнього багаторічного показника (650 мм) на 12,8; 6,5 і 20,7 % відповідно. За вказаний період за сівби пшениці озимої недостатню кількість опадів (57 мм) спостерігали у вересні-жовтні місяці 2024 р. і надмірну (176,2 мм) – у липні-серпні 2025 р. Період формування і дозрівання зерна у роки дослідження супроводжувався підвищенням температури повітря на 2,5–3,8 °С порівняно з середнім багаторічним показником (7,4 °С) [9].

Урожай зерна з дослідних ділянок збирали способом прямого комбайнування

«John Deere 9780 – Agriline», який дозволяє подрібнити солому та рівномірно розподілити її по поверхні поля, з перерахуванням на стандартну (14 %) вологість.

Результати та обговорення. В умовах західної частини Лісостепу України, як правило, достатній рівень ґрунтової вологи більшості років не становить критичного обмеження для забезпечення стабільних врожаїв агрокультур. Проте, останнім часом спостерігається тривожна динаміка: зниження обсягу атмосферних опадів викликає дефіцит вологи у ґрунті в окремі, ключові фази росту і формування врожаю рослин. Цей чинник стає особливо значущим для проростання насіння та формування сходів, хоча проблема необхідної кількості доступної для рослин вологи може виникати як восени, так і навесні.

Аналіз експериментальних даних показав, що застосування технології нульового обробітку ґрунту (No-till) за вирощування пшениці озимої сорту РЖТ Реформ, зокрема варіації ширини міжрядь, суттєво не змінює динаміку накопичення та збереження вологи в межах орного горизонту ґрунту на період сходів культури, а її вміст у цей період визначався більше залежав від погодних умов в роки проведення досліджень.

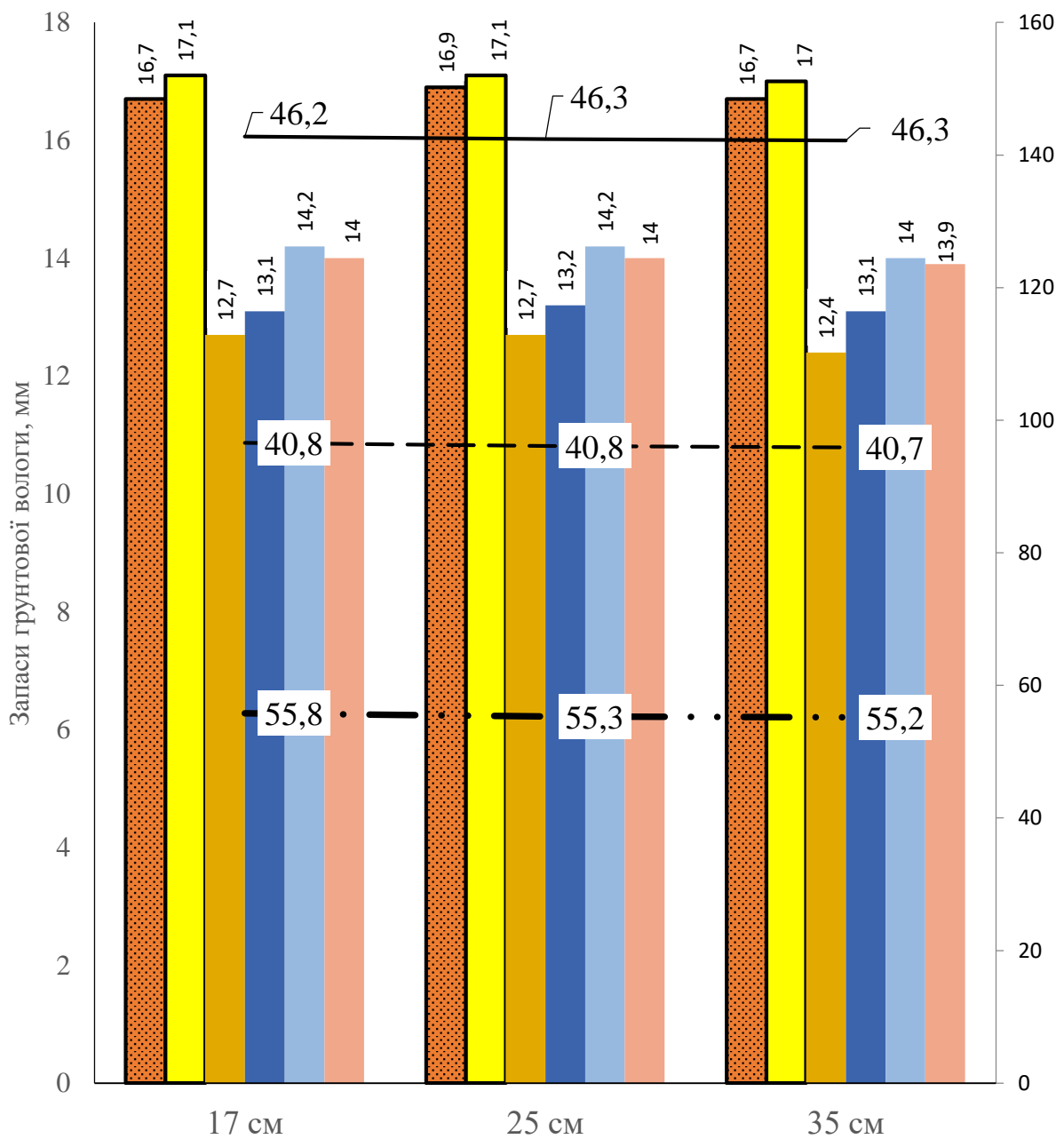
Так, на дату сходів пшениці озимої вміст вологи в шарі 0–10 см за різної ширини міжрядь у 2022–2023р. коливався в межах 16,7–16,9 мм, у 2023–2024 р. – 12,4–12,7 мм і в 2024–2025р. – 14,0–14,3 мм, а в шарі 0–30 см – 55,2–55,8 мм, 40,7–40,8 мм і 46,2–46,3 мм відповідно (рис. 1).

Натомість визначення вологості ґрунту на дату збирання врожаю вказують на те, що відстань між рядами 17 і 25 см має низку переваг, оскільки більш тісне розташування посівів забезпечує інтенсивніше затінення поверхні ґрунту, що є ключовим для мінімізації

випаровування та збереження запасів вологи, особливо в більш посушливі роки формування врожаю. У цей же період визначення за сівби пшениці озимої з міжряддями 35 см вологість ґрунту в шарі 0-30 см зменшилася на 2,1–3,2 мм (рис. 2).

Результати проведених досліджень свідчать, що загальний рівень вологозабезпеченості шару ґрунту 0–30 см повністю задовольняє біологічні потреби озимої пшениці. Водночас нерівномірність надходження вологи впродовж періоду росту здатна стимулювати розвиток різноманітних видів сеgetальної флори. Оскільки місцевий видовий склад небажаної рослинності є надто розгалуженим, це створює суттєву загрозу продуктивності культури та призводить до втрат урожаю.

Видовий склад бур'янистої рослинності в умовах західного регіону країни представлений переважно однорічними бур'янами, що становить близько 89–95 % від загальної їх чисельності. Розмаїття їх видового складу у посівах зернових культур представляють переважно такі бур'яни як, гірчак березковидний (*Polygonum convolvulus* L.), талабан польовий (*Thlaspi arvense* L.), мак дикий (*Papaver rhoeas* L.), метлюг звичайний (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.), грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik), капуста польова (*Brassica campestris* L.), суріпиця звичайна (*Barbarea vulgaris* R. Br.), гірчиця польова (*Sinapis arvensis* L.), фіалка польова (*Viola arvensis* Murr.), волошка синя (*Centaurea cyanus* L.), підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.) та ін. Багаторічні бур'яни займають близько 5 % і серед представників цієї біологічної групи переважають: осот жовтий польовий (*Sonchus arvensis* L.), берізка польова (*Convolvulus arvensis* L.), хвощ польовий (*Equisetum arvense* L.), пирій повзучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), подорожник ланцетолистий (*Plantago lanceolata* L.) та ін. [2].



- 0-10 см 2022-2023рр.
 10-20 см 2022-2023рр.
 0-10 см 2023-2024рр.
- 10-20 см 2023-2024рр.
 0-10 см 2024-2025рр.
 10-20 см 2024-2025рр.
- 0-30 см 2022-2023рр.
 0-30 см 2023-2024рр.
 0-30 см 2024-2025рр.

Рис. 1. Запаси ґрунтової вологи у фазі сходів (ВВСН-11) пшениці озимої за різної ширини міжрядь у No-till технології (мм)

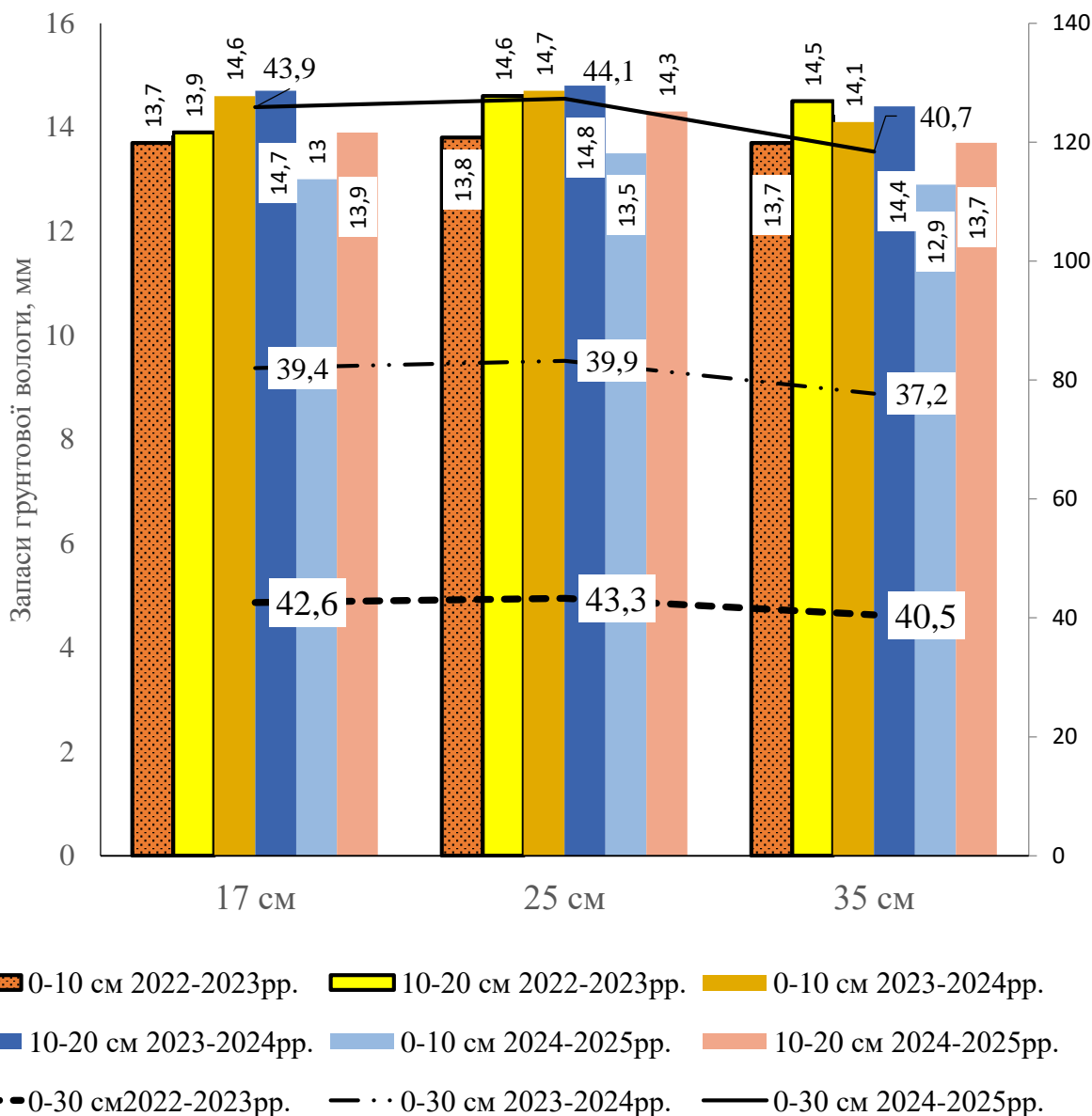


Рис. 2. Запаси ґрунтової вологи у фазі повної стиглості зерна пшениці озимої (ВВСН-99) за різної ширини міжрядь у No-till технології (мм)

Зростання чи зменшення сегетальної забур'яненості у польових агрофітоценозах, насамперед, переважно зумовлено тривалим впливом метеорологічних чинників в окремих регіонах, структурою сівозмін, обробітком ґрунту, системою удобрення та захисту рослин, що в кінцевому результаті веде до формування специфічного для конкретного агроландшафту бур'янового угруповання, яке потребує врахування інших елементів технології вирощування культур [6, 7, 18, 19].

Аналіз стану посівів дослідних ділянок у ключові періоди росту озимини продемонстрував, що перехід на 25-сантиметрову дистанцію між рядами є агрономічно доцільним кроком. Таке технологічне рішення не зумовлює збільшення засміченості ділянок дикою рослинністю. Це пояснюється біологічними особливостями сорту РЖТ Реформ, який вирізняється інтенсивним формуванням додаткових пагонів. Завдяки активному кущенню культура створює щільний рослинний покрив, що діє як природний бар'єр для небажаної рослинності та

одночасно сприяє розвитку розгалуженої кореневої системи. Натомість використання 35-сантиметрової схеми посіву залишає надто багато вільного простору.

Непокритий ґрунт стає вразливою зоною, де агрофітоценоз швидко деградує

через активну експансію бур'янів. Особливо чітко ця закономірність простежується на період повного дозрівання зерна пшениці, тоді як на дату сходів більше залежала від погодних умов у роки проведення досліджень (табл. 1).

1. Забур'яненість посівів пшениці озимої за різної ширини міжрядь у No-till технології

Дата визначення	Показник	Роки								
		2023			2024			2025		
		ширина міжрядь, см								
		17	25	35	17	25	35	17	25	35
Фаза сходів (ВВСН-11)	1	64	66	68	43	42	50	71	72	79
	2	7,2	7,8	8,1	6,2	6,0	7,1	8,5	8,6	9,9
Повна стиглість (ВВСН-99)	1	29	25	38	21	20	28	38	34	47
	2	27,5	24,9	36,1	20,5	19,7	27,8	31,6	30,9	38,1

Примітка. 1 – кількість, шт./м²; 2 – повітряно-суха маса, г/м².

Зокрема, найвищих значень цей показник набував на всіх варіантах досліду у фазу сходів пшениці і коливався у 2023 р. в межах 64–68 шт./м², у 2024 р. – 43–50 шт./м² і в 2025 р. – 71–79 шт./м². Унаслідок обробки посівів гербіцидом Лаплас (0,05 кг/га) чисельність сегетальної рослинності на період збирання врожаю знизилася за сівби з міжряддями 17 і 25 см у межах 1,9–2,6, а з шириною 35 см – 1,7–1,8 рази. Різниця за чисельністю бур'янів і їх повітряно-сухою масою на варіанті із розширенням міжрядь до 35 см у фазі повного дозрівання зерна порівняно з міжряддями 17 і 25 см становила 9,6–16,6 шт./м² і 7,5–8,8 г/м² відповідно на користь останніх.

Варто наголосити на зростанні стійкості небажаної рослинності до

монотерапії щодо застосування одного виду гербіциду, що в кінцевому результаті вплинуло на зростання чисельності берізки польової (*Convolvulus arvensis* L.), гірчаку березковидного (*Polygonum convolvulus* L.), хвоща польового (*Equisetum arvense* L.), гречки татарської (*Fagopyrum tataricum*), осоту жовтого (*Sonchus arvensis*) та рожевого, ріпаку (падалиця), осоту польового (*Cirsium arvense*) та галінсоги дрібноквіткової (*Galinsoga parviflora* Cav.).

Максимальний урожай пшениці озимої було сформовано за сівби з шириною міжрядь 25 см, він становив у середньому за 2023–2025 рр. 7,4 т/га. Подальше збільшення ширини до 35 см призводило до зниження урожайності пшениці озимої (табл. 2).

2. Урожайність пшениці озимої за різної ширини міжрядь у No-till технології, т/га

Ширина міжрядь, см	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023–2025 рр.	Відхилення, ±
17	7,6	8,2	5,9	7,2	–
25	7,7	8,5	6,1	7,4	+0,2
35	6,9	7,7	5,2	6,6	0,6
НІР ₀₅ , т/га	0,18	0,23	0,15		

При цьому погодні умови були визначальними при формуванні врожаю зерна озимої пшениці. Відсутність належного снігового покриву і весняні заморозки 2025 року, а також нерівномірний розподіл опадів упродовж вегетаційного періоду негативно позначились на відростанні рослин та формуванні продуктивного стеблостою, внаслідок чого врожайність зерна порівняно з 2023 і 2024 роками зменшилася відповідно на 1,7 і 2,4 т/га.

Висновок. У межах вітчизняного агропродукування Західного Лісостепу

Список використаної літератури

1. Бомба М. Я. Концептуальні підходи щодо екологічно безпечних систем обробітку ґрунту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2016. № 1. С. 20–24.

2. Бомба М. Я., Бомба М. І. Бур'яни в агрофітоценозах та екологізація заходів щодо контролювання їх чисельності. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. № 1. С. 15–20. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnu2019_1_5.

3. ДСТУ ISO 11465-2001 Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 13 с.

4. Дослідна справа в агрономії : навч. посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков та ін. ; за ред. А. О. Рожкова. Х. : Майдан, 2016. 316 с.

5. Екологічні особливості технології No-till в умовах Південного Степу України / Т. М. Манушкіна та ін. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 4. С. 47–53.

6. Качмар О, Вавринович О., Саверин І. Геробологічний стан посівів сільськогосподарських культур у короткоротаційній сівозміні залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. 74 (2) С. 83–95. DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-2-8.

7. Порівняльна оцінка забур'яненості агрофітоценозів за різних систем основного обробітку й удобрення чорнозему типового в сівозміні / І. Д. Примак та ін. *Агробіологія*. 2024. № 2. С. 154–165. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-191-2-154-165.

8. РЖТ Реформ. Інтернет ресурс. Режим доступу: <https://semelita.com.ua/produkty/pshenytsia-ozyma/item/164-rat-reform>.

9. Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями. Інтернет ресурс. Режим доступу: https://meteopost.com/weather/climate/#google_vignette.

перехід на систему нульового обробітку (No-till) у технології вирощування озимої пшениці демонструє кращу результативність при віддаленні посівних рядів один від одного. Встановлено, що збільшення простору між рядами за сівби озимої пшениці (орієнтовно до 25 см) сприяє раціональному витрачання ґрунтової вологи, дозволяє контролювати розвиток сегетальної рослинності, що в сукупності гарантує відносно високу врожайність зерна.

References

1. Bomba M. Ya. Conceptual approaches to environmentally friendly tillage systems. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2016. No. 1. P. 20–24.

2. Bomba M. Ya., Bomba M. I. Weeds in agrophytocenoses and ecologization of measures to control their numbers. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2019. No. 1. P. 15–20. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnu2019_1_5.

3. DSTU ISO 11465-2001 Soil quality. Determination of dry matter and moisture by mass. Gravimetric method (ISO 11465:1993, IDT). Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2002. 13 p.

4. Research work in agronomy : textbook: in 2 books. Book 1. Theoretical aspects of research work / A. O. Rozhkov et al. ; za red. A. O. Rozhkova. Kh. : Maidan, 2016. 316 p.

5. Ecological features of No-till technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine / T. M. Manushkina et al. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia*. 2020. Issue 4. P. 47–53.

6. Kachmar O, Vavrynovych O., Saveryn I. Herbological condition of crops in short-rotation crop rotation depending on the main tillage and fertilization systems. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynytstvo*. 2023. 74 (2) P. 83–95. DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-2-8.

7. Comparative assessment of weed infestation of agrophytocenoses under different systems of main cultivation and fertilization of typical black soil in crop rotation / I. D. Prymak et al. *Ahrobiolohiia*. 2024. No. 2. P. 154–165. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-191-2-154-165.

8. RZH Reform. Internet resource. Access mode: <https://semelita.com.ua/produkty/pshenytsia-ozyma/item/164-rat-reform>.

9. Weather statistics. Climatic data by year and month. Internet resource. Access mode: https://meteopost.com/weather/climate/#google_vignette.

10. Сторчуус І. Нюанси в технології No-till. Інтернет ресурс. Режим доступу: <https://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/395-niuansy-v-tekhnolohii-notill.htm>.
11. Циліорик О. No-till: Переваги й недоліки. Агробізнес сьогодні. Інтернет ресурс. Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/625-no-till-perevahy-inedoliky.html>.
12. Conservation tillage increases yield and precipitation use efficiency of wheat on the semi-arid Loess Plateau of China / Z. Peng et al. *Agricultural Water Management*. 2020. Vol. 231. 31 March 2020, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106024>.
13. Determination of optimal sowing dates and densities of winter wheat under Quebec growing conditions / F. Allard et al. *Can. J. Plant Sci.* 2019. Vol. 99. No. 2. P. 221–231. <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0165>
14. Effects of No-Tillage on Field Microclimate and Yield of Winter Wheat / Z. Dong et al. *Agronomy*. 2024. 14 (12). 3075. <https://doi.org/10.3390/agronomy14123075>.
15. Effects of tillage on winter wheat productivity and soil fertility: Results from 13 years of no-till in western Switzerland / L. Bragazza et al. *European Journal of Agronomy*. Vol. 170. September 2025, 127722. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.127722>.
16. Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming – a synthesis of 15 years / M. Krauss et al. *Scientific Reports*. March 2020. 10 (1). Article number: 4403. DOI: 10.1038/s41598-020-61320-8.
17. Hlisnikovský L., Menšík L., Kunzová E. Development and the Effect of Weather and Mineral Fertilization on Grain Yield and Stability of Winter Wheat following Alfalfa-Analysis of Long-Term Field Trial. *Plants*. 2023. 12 (6), 1392. <https://doi.org/10.3390/plants12061392>.
18. No tillage and stubble retention drive long-term productivity of forage-crop rotation system in the Loess Plateau by boosting soil nutrients / X. Dong et al. *Journal of Integrative Agriculture*. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2025.08.007>.
19. Radicetti E., Mancinelli R. Sustainable Weed Control in the Agro-Ecosystems. *Sustainability*. 2021. Vol. 1. P. 8639. <https://doi.org/10.3390/su13158639>.
20. Tillage as a driver of change in weed communities: A functional perspective / L. Armengot et al. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2016. Vol. 222. P. 276–285. DOI: 10.1016/j.agee.2016.02.021.
21. Winter wheat grain yield stability under different tillage practices / L. Aula et al. *Agronomy Journal*. 2023. 15 (2), 1006–1014. <https://doi.org/10.1002/agj2.21236>.
22. Yield of winter wheat depending on the terms of sowing in conditions of global climate change / V. F. Petrychenko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No. 11 (3). P. 161–166.
10. Storchuus I. Nuances in No-till technology. Internet resource. Access mode: <https://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/395-niuansy-v-tekhnolohii-notill.htm>.
11. Tsyliuryk O. No-till: Advantages and disadvantages. Agribusiness today. Internet resource. Access mode: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/625-no-till-perevahy-inedoliky.html>.
12. Conservation tillage increases yield and precipitation use efficiency of wheat on the semi-arid Loess Plateau of China / Z. Peng et al. *Agricultural Water Management*. 2020. Vol. 231. 31 March 2020, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106024>.
13. Determination of optimal sowing dates and densities of winter wheat under Quebec growing conditions / F. Allard et al. *Can. J. Plant Sci.* 2019. Vol. 99. No. 2. P. 221–231. <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0165>
14. Effects of No-Tillage on Field Microclimate and Yield of Winter Wheat / Z. Dong et al. *Agronomy*. 2024. 14 (12). 3075. <https://doi.org/10.3390/agronomy14123075>.
15. Effects of tillage on winter wheat productivity and soil fertility: Results from 13 years of no-till in western Switzerland / L. Bragazza et al. *European Journal of Agronomy*. Vol. 170. September 2025, 127722. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.127722>.
16. Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming – a synthesis of 15 years / M. Krauss et al. *Scientific Reports*. March 2020. 10 (1). Article number: 4403. DOI: 10.1038/s41598-020-61320-8.
17. Hlisnikovský L., Menšík L., Kunzová E. Development and the Effect of Weather and Mineral Fertilization on Grain Yield and Stability of Winter Wheat following Alfalfa-Analysis of Long-Term Field Trial. *Plants*. 2023. 12 (6), 1392. <https://doi.org/10.3390/plants12061392>.
18. No tillage and stubble retention drive long-term productivity of forage-crop rotation system in the Loess Plateau by boosting soil nutrients / X. Dong et al. *Journal of Integrative Agriculture*. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2025.08.007>.
19. Radicetti E., Mancinelli R. Sustainable Weed Control in the Agro-Ecosystems. *Sustainability*. 2021. Vol. 1. P. 8639. <https://doi.org/10.3390/su13158639>.
20. Tillage as a driver of change in weed communities: A functional perspective / L. Armengot et al. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2016. Vol. 222. P. 276–285. DOI: 10.1016/j.agee.2016.02.021.
21. Winter wheat grain yield stability under different tillage practices / L. Aula et al. *Agronomy Journal*. 2023. 15 (2), 1006–1014. <https://doi.org/10.1002/agj2.21236>.
22. Yield of winter wheat depending on the terms of sowing in conditions of global climate change / V. F. Petrychenko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No. 11 (3). P. 161–166.

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.85:631.526.3:632.931.2

**ЗАЛЕЖНІСТЬ РОЗВИТКУ РІПАКУ ОЗИМОГО ВІД ПОГОДНИХ УМОВ
З УРАХУВАННЯМ СОРТОВИХ І ГІБРИДНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ****І. С. Волощук, М. Є. Штанько**

Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине
Львівського р-ну Львівської обл.,
81115

Про авторів:

Ігор ВОЛОЩУК,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-2944-8656

Микола ШТАНЬКО,
аспірант
ORCID: 0009-0000-1358-7742

Для листування:
Ігор ВОЛОЩУК
e-mail: volochuk.i@ukr.net

Інформація про фінансування:
Національна академія аграрних
наук України

Отримано:
2 січня 2026 р.
Погоджено до друку:
3 березня 2026 р.
Опубліковано:
31 березня 2026 р.

На сучасному етапі інтенсивного виробництва олійних культур в Україні активно вирощують значну кількість гібридів ріпаку озимого, переважно європейської селекції, які демонструють високий потенціал урожайності. Водночас керівники господарств та агрономи все частіше звертають увагу і на вітчизняні сорти, кожен з яких має свої переваги й хиби, зумовлені біологічними та адаптаційними особливостями. Оптимальний вибір сорту або гібриду, що відповідає екологічним умовам регіону та агротехнічним вимогам, є ключовим чинником для забезпечення стабільно високих урожаїв, а також для мінімізації ризиків під час вирощування цієї культури. Літературні джерела подають суперечливу інформацію щодо цього питання, що підкреслює актуальність подальших досліджень і потребу поглибленого вивчення теми. Представлено результати комплексного наукового дослідження метеорологічних умов осіннього періоду вегетації ріпаку озимого, що охоплює етапи від сівби до входження рослин у стан перезимівлі, впродовж 2023–2025 рр. Проведено детальний аналіз основних погодних чинників, зокрема температурного режиму повітря та ґрунту, кількості, інтенсивності й сезонного розподілу атмосферних опадів, а також їхньої варіабельності за роками досліджень. Встановлено та науково обґрунтовано характер їхнього впливу на формування польової схожості насіння, рівномірність та інтенсивність появи сходів, перебіг ранніх етапів органогенезу, наростання вегетативної маси, розвиток морфологічних структур рослин та накопичення цукрів у кореневій шийці рослини. Особливу увагу приділено оцінці адаптаційної реакції ріпаку озимого на зміну погодних умов у початковий період розвитку, що має вирішальне значення для успішної перезимівлі, формування продуктивного стеблостою та реалізації потенціалу врожайності культури в подальші фази вегетації.

Ключові слова: сорт, гібрид, погодні фактори, польова схожість насіння, розвиток рослин, вміст цукрів.

Dependence of winter rape development on weather conditions taking into account varieties and hybrid features

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5, Obroshyne village, Lviv district, Lviv region, 81115

About authors:

Ihor VOLOSHCHUK
ORCID: 0000-0002-2944-8656

Mykola SHTANKO
ORCID: 0009-0000-1358-7742

For corresponding:

Ihor VOLOSHCHUK
e-mail: volochuk.i@ukr.net

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

January 2, 2026

Accepted:

March 3, 2026

Published:

March 31, 2026

At the current stage of intensive oilseed production in Ukraine, a significant number of winter rapeseed hybrids are actively grown, mainly of European selection, which demonstrate high yield potential. At the same time, farm managers and agronomists are increasingly paying attention to domestic varieties, each of which has its own advantages and disadvantages, due to biological and adaptation features. The optimal choice of a variety or hybrid that meets the environmental conditions of the region, agrotechnical requirements and biological features is a key factor in ensuring consistently high yields, as well as minimizing risks when growing this crop. Literary sources provide contradictory information on this issue, which emphasizes the relevance of further research and the need for in-depth study of the topic. The article presents the results of a comprehensive scientific study of the meteorological conditions of the autumn vegetation period of winter rapeseed, covering the stages from sowing to the entry of plants into the overwintering state, during 2023–2025. A detailed analysis of the main weather factors was carried out, in particular the temperature regime of air and soil, the amount, intensity and seasonal distribution of precipitation, as well as their variability over the years of research. The nature of their influence on the formation of field seed germination, the uniformity and intensity of the emergence of seedlings, the course of the early stages of organogenesis, the accumulation of vegetative mass, the development of morphological structures of plants and the accumulation of sugars in the root neck of the plant was established and scientifically substantiated. Particular attention is paid to assessing the adaptive response of winter rapeseed to changes in weather conditions in the initial period of development, which is of decisive importance for successful overwintering, the formation of a productive stem and the realization of the crop's yield potential in subsequent phases of vegetation.

Keywords: variety, hybrid, weather factors, field seed germination, plant development, sugar content.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Дослідження процесів росту і розвитку рослин, які дозволяють глибше розкрити механізми формування ефективних технологій вирощування ріпаку озимого, залишаються одним із провідних напрямів сучасної фізіології рослин та агрономії [16, 22, 24].

Вивчення закономірностей онтогенезу цієї культури дає змогу встановити взаємозв'язок між біологічними особливостями рослин і впливом зовнішніх чинників, зокрема ґрунтово-кліматичних умов, забезпеченості елементами живлення, водного режиму та рівня агротехнічних заходів. Саме комплексний підхід до аналізу цих

факторів є основою для оптимізації технологій вирощування та підвищення продуктивності посівів [1, 13, 21].

Протягом усього вегетаційного періоду ріпак озимий проходить низку послідовних фаз розвитку, кожна з яких супроводжується формуванням нових органів і функціональних систем рослини. Інтенсивність ростових процесів та їх спрямованість істотно змінюються залежно від умов вирощування, що впливає на зимостійкість, стійкість до стресових факторів і рівень реалізації продуктивного потенціалу культури. Тому детальне вивчення особливостей росту і розвитку рослин у різні фази вегетації є важливою

науковою основою для розроблення науково обґрунтованих і ресурсощадних технологій вирощування ріпаку озимого [3, 15, 18, 23, 25].

Формування високої та стабільної врожайності ріпаку озимого значною мірою зумовлюється рівнем польової схожості висіяного насіння, оскільки саме цей показник визначає початкову густоту стояння рослин у посівах і є базою для подальшого росту та розвитку культури. Висока польова схожість свідчить не лише про якість насіннєвого матеріалу, а й про сприятливі умови проростання, зокрема оптимальну вологість ґрунту, його температуру, структурний стан та правильність проведення посівних робіт. Саме на початкових етапах онтогенезу закладається потенціал продуктивності рослин, який значною мірою залежить від рівномірності та дружності сходів [4, 11, 27].

Оптимальна густота рослин, сформована на ранніх етапах розвитку, створює передумови для раціонального використання світлових, водних і поживних ресурсів агроценозу, сприяє формуванню добре розвиненої листової поверхні та потужної кореневої системи. За таких умов посіви ріпаку озимого краще протистоять негативному впливу абіотичних і біотичних чинників, зокрема бур'янів, хвороб і шкідників, що забезпечує більш сприятливий фітосанітарний стан та підвищує ефективність застосування агротехнічних заходів [19, 26].

Водночас відхилення фактичної густоти рослин від оптимальної, зумовлене низькою польовою схожістю або нерівномірністю сходів, призводить до порушення структури посіву. Загущення посівів спричиняє посилення внутрішньовидової конкуренції за світло, вологу та елементи мінерального живлення, що обмежує ріст і розвиток окремих рослин. Натомість зріджені посіви не забезпечують повного використання ресурсів поля, сприяють активнішому розвитку бур'янів і зниженню загальної продуктивності. У підсумку такі негативні

чинники істотно впливають на морфологічні показники рослин, формування генеративних органів і, як наслідок, на рівень реалізації генетичного потенціалу врожайності ріпаку озимого. У зв'язку з цим польову схожість насіння та подальший розвиток ріпаку озимого слід розглядати як результат взаємодії біологічних особливостей культури, якості насіннєвого матеріалу та мінливих умов зовнішнього середовища, що підтверджується даними наукових досліджень [2, 7].

Моніторинг стану рослин у осінній період має ключове значення для оцінки їх потенційної зимостійкості та подальшої врожайності, оскільки дозволяє визначити рівень морфологічного розвитку на критичних етапах формування рослин. Осінній розвиток ріпаку озимого істотно впливає на закладку структурних компонентів, які забезпечують стійкість до несприятливих абіотичних факторів, таких як відлиги, різкі коливання температур та нестійке зволоження, що можуть призводити до механічного і фізіологічного пошкодження тканин, а в окремих випадках – до часткового або повного вимерзання рослин [8, 14].

Науковий аналіз цих даних дозволяє встановити прямий взаємозв'язок між морфометричними характеристиками рослин і їх зимостійкістю. Зокрема оптимальна висота та інтенсивне наростання листової маси сприяють накопиченню фотосинтетично активної біомаси, що підвищує потенціал рослини і забезпечує кращу підготовку до зимового періоду. Занадто високі або надмірно розвинені рослини можуть бути більш уразливими до вимерзання через втрату механічної стійкості під час відлиг. Довжина та маса кореневої системи визначають здатність рослини ефективно використовувати запаси вологи та мінеральних речовин ґрунту [6, 17].

Добре розвинена коренева система забезпечує більш стійкий водно-поживний баланс і підвищує здатність рослини до відновлення після часткового

пошкодження внаслідок зимових відлиг. Повітряно-суха маса рослини та кореневої системи є інтегральними ознаками загальної енергії рослини та її ресурсу для зимівлі. Рослини з більшою біомасою мають вищий запас пластичних речовин, що дозволяє їм переживати періоди низьких температур і абіотичних стресів без суттєвих пошкоджень [20]. Розташування кореневої шийки на оптимальному рівні над поверхнею ґрунту (2,5–3,0 см) є критичним для зимостійкості: надмірно заглиблена коренева шийка може збільшувати загнивання, тоді як занадто висока – підвищує ризик механічних пошкоджень та підмерзання [5].

Оцінка морфометричних параметрів рослин у поєднанні з моніторингом погодних умов дозволяє прогнозувати зимостійкість та потенційний рівень урожайності. Гібридні форми, які зафіксовані як більш розвинені за морфологічними ознаками, демонструють підвищену здатність до виживання та відновлення після зимового періоду, що робить їх перспективними для використання у виробництві з урахуванням змін кліматичних умов [12].

Матеріали і методи.

Експериментальні дослідження було проведено впродовж 2023–2025 рр. на базі відділу насінництва та насіннезнавства Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН.

Дослідні посіви закладали на сірих лісових поверхнево оглеєних легкосуглинкових ґрунтах, які характеризуються такими агрохімічними показниками: вміст гумусу, визначений за методом Тюріна, становив 1,8 %, сума увібраних основ – 13,7 мг-екв на 100 г ґрунту; вміст легкогідролізного азоту (за Корнфілдом) – 89,6 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору та обмінного калію (за методом Кірсанова) – відповідно 69,5 та 68,0 мг/кг ґрунту. Згідно з прийнятою градацією забезпеченості поживними елементами, досліджуваний ґрунт характеризується дуже низьким рівнем забезпечення азотом і калієм та середнім – фосфором. Реакція

ґрунтового розчину є слабокислою, про що свідчить значення рН_{сол.}, яке становить 5,4.

Загальна площа дослідної ділянки – 55 м², з яких 50 м² відводили під облікову. Розміщення варіантів здійснювали за систематичною схемою з триразовою повторністю.

Технологія вирощування ріпаку озимого відповідала загальноприйнятим для умов регіону агротехнічним вимогам. Система основного та передпосівного обробітку ґрунту передбачала лущення стерні на глибину 10–12 см, оранку на 20–22 см, культивуацію та передпосівну культивуацію агрегатом РВК. Попередником культури були озимі зернові. Сівбу проводили в оптимальні агротехнічні строки – у другій декаді серпня. Норма висіву становила 0,8 млн схожих насінин на гектар для сортів та 0,4 млн схожих насінин на гектар для гібридів. Мінеральне удобрення вносили в дозі N₄₀P₁₀₀K₁₆₀. Сівбу здійснювали звичайним рядковим способом з міжряддям 30 см. Для передпосівної обробки насіння застосовували протруйник Круїзер 350 FS у нормі 15,0 л/т.

Дослідження виконували з використанням загальноприйнятих методичних підходів, зокрема «Методики проведення експертизи сортів рослин груп декоративних, лікарських, ефіроолійних та лісових культур на придатність до поширення в Україні» [10]. Польову схожість насіння визначали шляхом встановлення співвідношення кількості пророслих рослин до загальної кількості висіяного насіння. Вміст загальних цукрів у кореневій шийці рослин визначали колориметричним методом із застосуванням фотоелектроколориметра.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу за методикою В. О. Ушкаренка та співавторів [9] з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel.

Результати та обговорення.

Результати досліджень свідчать про

визначальну роль агрометеорологічних чинників, зокрема волого-теплового режиму ґрунту та повітря, у формуванні початкових етапів росту й розвитку ріпаку озимого, що набуває особливої актуальності в умовах кліматичних змін і нерівномірного розподілу опадів упродовж вегетаційного періоду. Встановлено, що у 2023 р. за сівби ріпаку озимого в оптимальні строки (20 серпня) склалися загалом сприятливі агрометеорологічні умови для проростання насіння та формування сходів. Середньодобова температура повітря в післяпосівний період становила 22 °С, що забезпечувало інтенсифікацію фізіолого-біохімічних процесів у насінні. Упродовж першої декади після сівби кількість опадів досягала 46,5 мм, що сприяло належному зволоженню верхнього (0–10 см) шару ґрунту. У другій декаді опади були мінімальними (0,3 мм), однак на момент сівби запаси продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту становили 11,4 мм, чого було достатньо для забезпечення проростання насіння як сортів, так і гібридів ріпаку озимого (табл. 1). Сума ефективних температур за досліджуваній період становила 132 °С, що зумовило інтенсивний розвиток проростків. Поява повних сходів на шосту добу після сівби підтверджує наявність оптимальних умов для проходження початкових етапів органогенезу рослин. На відміну від попереднього року, у 2024 р. агрометеорологічні умови другої декади

серпня характеризувалися істотно меншою сприятливістю. Відсутність атмосферних опадів у цей критичний післяпосівний період у поєднанні з підвищеним температурним режимом повітря (середньодобова температура становила 21,9 °С за середньобагаторічного показника 16,8 °С) зумовила інтенсивне висушування верхнього посівного шару ґрунту. Попри значну кількість опадів у першій декаді серпня (72,4 мм за кліматичної норми 29 мм), запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту на момент сівби становили лише 6,7 мм, що відповідає мінімально допустимому рівню для проростання насіння. За таких умов відзначено певне уповільнення появи сходів: повні сходи ріпаку озимого було зафіксовано на сьому добу після сівби.

У межах оптимальних строків сівби ріпаку озимого в 2025 р. агрометеорологічні умови відзначалися підвищеним температурним фоном: середньодобова температура повітря перевищувала середньобагаторічні показники на 5,0 °С, атмосферні опади в зазначений період були відсутні. Водночас завдяки значній кількості опадів, що випали у першій декаді серпня (72,4 мм за середньобагаторічної норми 29 мм), у посівному шарі ґрунту збереглися достатні запаси продуктивної вологи на рівні 12 мм, що створило сприятливі умови для проростання насіння. Рівномірні та дружні сходи культури було відзначено вже на п'яту добу після сівби.

1. Метеорологічні показники періоду сівба – сходи ріпаку озимого (2023–2025 рр.)

Показник	Рік			Середнє
	2023	2024	2025	
Середньодобова температура повітря, °С	22,0	21,9	21,8	21,9
Сума температур, °С	132	153	109	131
Температура ґрунту на глибині 5 см, °С	23,1	22,6	23,7	23,1
Кількість опадів, мм	0,3	0	0	0,1
Запаси вологи в посівному шарі ґрунту 0–10 см, мм	11,4	6,7	12,0	10,0
Тривалість періоду сівба – сходи, діб	6	7	5	6,3

За даними досліджень 2023 р. встановлено, що рівень польової схожості насіння сортів ріпаку озимого коливався в

межах 97,3–97,7 %, тоді як у гібридних форм цей показник був дещо вищим і становив 98,0–98,5 % (табл. 2). Різниця між

сортами та гібридами знаходилася в межах 0,7–0,8 %, однак вона не досягала рівня статистичної значущості, що

підтверджується величиною найменшої істотної різниці ($HP_{0,05} = 1,0$ %).

2. Польова схожість ріпаку озимого залежно від посівних якостей висіяного насіння (2023–2025 рр.), %

Сорт, гібрид	Рік			Середнє	± до контролю
	2023	2024	2025		
Сорт					
Чорний велитень (контроль)	97,3	88,6	95,3	93,7	-
Монополіст	97,7	88,9	95,2	93,3	-0,4
Дарунок	97,4	89,0	95,4	93,9	0,2
Дамір	97,0	88,4	95,7	93,7	0,0
Повінь	97,2	89,2	95,3	93,9	0,2
Каньйон	97,6	89,6	95,1	94,1	0,4
Атлант	97,4	88,8	95,3	93,8	0,1
Параллак	98,0	89,5	96,2	94,6	0,9
Гібрид					
ДК Експіро	98,3	89,3	96,4	94,7	1,0
ДК Сіквел	98,5	89,1	96,1	94,6	0,9
РТ 303	98,2	89,6	96,3	94,7	1,0
РХ 131	98,0	89,7	96,7	94,8	1,1
Анністон	98,4	89,9	96,8	95,0	1,3
Конрад Кл	98,5	89,8	96,5	94,9	1,2
$HP_{0,05}$	0,5	0,4	0,6		

У 2024 р. порівняно з попереднім періодом агрометеорологічні умови були істотно гіршими, що насамперед пов'язано з дефіцитом продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту внаслідок тривалої посухи. За таких умов зафіксовано помітне зниження показників польової схожості як у сортів, так і у гібридів ріпаку озимого. Зокрема, у сортів вона становила 88,8 % (Атлант) та 89,6 % (Каньйон), тоді як у гібридів – 89,1 % (ДК Сіквел) і 89,9 % (Анністон). Різниця між сортовими та гібридними формами у 2024 р. була незначною і становила лише 0,3 %, проте на відміну від попереднього року вона виявилася статистично достовірною, що підтверджується значенням $HP_{0,05} = 0,4$ %.

У 2025 р. агрометеорологічні умови початкового етапу вегетації ріпаку озимого загалом відповідали біологічним вимогам культури та забезпечили сприятливі передумови для проростання насіння і формування повноцінних сходів. За

результатами експериментальних досліджень встановлено, що польова схожість насіння сортів становила 95,1–95,7 %, тоді як у гібридних форм цей показник був дещо вищим і коливався в межах 96,1–96,8 %. Попри високі абсолютні значення польової схожості в обох групах генотипів, різниця між сортами та гібридами виявилася статистично значущою, що підтверджується величиною найменшої істотної різниці ($HP_{0,05} = 0,6$ %).

Отримані результати свідчать про вищу здатність гібридів ріпаку озимого до проростання та збереження рослин у польових умовах у 2025 р., що, ймовірно, зумовлено їх підвищеною біологічною стійкістю, більш вираженим потенціалом проростків та кращою адаптивністю до змінних умов зовнішнього середовища. Сортові форми, забезпечивши загалом високий рівень польової схожості, все ж дещо поступалися гібридам, що

узгоджується з результатами, отриманими в попередні роки досліджень. За умов достатнього зволоження (2023 р.) гібриди лише незначно переважали сорти за показниками польової схожості без статистично достовірних відмінностей, тоді як у посушливих умовах (2024 р.) вони характеризувалися більшою стабільністю цього показника, що підтверджується результатами статистичного аналізу. У середньому за роки досліджень рівень польової схожості насіння у сортових форм ріпаку озимого становив 93,3–94,1 %, тоді як у гібридів цей показник був вищим і коливався в межах 94,6–95,0 %. Порівняно з контрольним сортом Чорний велитень перевищення показників польової схожості у гібридів становило 0,1–0,4 %, тоді як між

сортовими формами різниця досягала 0,9–1,3 %.

Осінній період 2023 р. характеризувався аномально теплими агрометеорологічними умовами, що істотно відрізнялися від середньобагаторічних показників (табл. 3). Зокрема, сума ефективних температур у проміжку від третьої декади серпня до другої декади листопада досягла 1244,7 °С, тоді як середньобагаторічне значення для цього періоду становить 871,1 °С, що перевищує норму на 373,6 °С. Такий підвищений тепловий ресурс сприяв подовженню періоду активної вегетації ріпаку озимого та інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах.

3. Метеорологічні показники періоду сходи – припинення осінньої вегетації рослин ріпаку озимого (2023 р.)

Показник	Місяць, декада					Всього
	серпень	вересень	жовтень	листопад		
	III			I	II	
Середньодобова температура повітря, °С	21,2	17,7	11,7	9,1	4,2	-
Сума температур, °С	212	548,7	351,0	91	42	1244,7
Середньобагаторічні дані, °С	15,8	13,1	8,0	4,6	2,1	-
Сума середньобагаторічних температур, °С	158	406,1	240,0	46	21	871,1
Температура ґрунту на глибині 5 см, °С	23,4	19,5	13,7	11,1	5,9	-
Опади, мм	27,9	68,2	75,1	7,5	49,5	228,2
Середньобагаторічні дані, мм	24	55	57	17	16	169,0
Запаси вологи в орному шарі ґрунту 0–10 см, мм	16,9	40,3	45,6	6,2	31,8	-
Тривалість періоду сходи – закінчення осінньої вегетації, діб						92

Кількість атмосферних опадів за зазначений період становила 228,2 мм, що на 59,2 мм перевищує середньобагаторічну норму (169,0 мм). Поєднання підвищеного температурного режиму з достатнім і відносно рівномірним зволоженням забезпечило формування сприятливого водно-теплого режиму ґрунту. Запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту залишалися на рівні, достатньому для нормального росту та розвитку рослин, активного наростання листкової поверхні, формування кореневої системи та

накопичення пластичних речовин перед вхідженням у стан зимового спокою.

Припинення осінньої вегетації ріпаку озимого було зафіксовано з настанням стійкого переходу середньодобових температур повітря через 0 °С у третій декаді листопада. Загальна тривалість періоду від появи сходів до припинення осінньої вегетації становила 92 доби, що перевищує середньобагаторічні показники. Така тривалість осіннього розвитку створила сприятливі передумови для формування добре розвинених рослин, здатних ефективно перезимувувати, проте

водночас потребує врахування ризику переростання посівів за надлишкового теплового забезпечення, що набуває особливої актуальності в умовах сучасних кліматичних змін.

У 2024 р. осінній період також характеризувався підвищеним температурним режимом. Сума ефективних температур від сходів до припинення осінньої вегетації становила 1086,5 °С, що перевищувало багаторічний середній показник (871,1 °С) на 215,4 °С (табл. 4). Такий тепловий режим сприяв активному росту і розвитку рослин ріпаку озимого, інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів у насінні та сходах, а також формуванню листкової поверхні та

кореневої системи на ранніх фазах розвитку. Кількість атмосферних опадів за осінній період становила 197,7 мм за багаторічної норми 153,0 мм, перевищуючи її на 44,7 мм. Водно-теплові умови сприяли формуванню достатніх запасів продуктивної вологи у верхньому шарі ґрунту (0–10 см), що забезпечувало нормальний ріст і розвиток рослин, підтримку їх водного балансу та підвищувало стійкість до початкових абіотичних стресів. Зниження середньодобових температур у першій декаді листопада спричинило припинення осінньої вегетації рослин ріпаку озимого на 75-ту добу від повних сходів.

4. Метеорологічні показники періоду сходи – припинення осінньої вегетації рослин ріпаку озимого (2024 р.)

Показник	Місяць, декада					Всього
	серпень	вересень	жовтень	листопад		
	III			I	II	
Середньодобова температура повітря, °С	21,9	17,5	9,7	3,4	-	-
Сума температур, °С	219	542,5	291,0	34	-	1086,5
Середньобагаторічні дані, °С	15,8	13,1	8,0	4,6	-	-
Сума середньобагаторічних температур, °С	158	406,1	240,0	46	21	871,1
Температура ґрунту на глибині 5 см, °С	22,3	18,7	10,6	5,2	-	-
Опади, мм	5,1	96,9	53,9	1,8	-	197,7
Середньобагаторічні дані, мм	24	55	57	17	-	153,0
Запаси вологи в орному шарі ґрунту 0–10 см, мм	4,6	55,4	36,7	1,2	-	-
Тривалість періоду сходи – закінчення осінньої вегетації, діб						75

У 2025 р. також спостерігали значне теплове перевищення порівняно з багаторічною нормою: сума ефективних температур перевищувала середньобагаторічне значення на 159,9 °С (табл. 5). Водночас загальна кількість атмосферних опадів за осінній період була нижчою від норми на 24,1 мм, що створювало певний дефіцит води в посівному шарі ґрунту. За таких умов рослини ріпаку озимого вегетували протягом 91 доби, що свідчить про подовження періоду активного росту та

розвитку. Підвищений тепловий режим сприяв інтенсивному наростанню вегетативної маси, формуванню листкової поверхні та кореневої системи, що є критично важливим для закладки генеративних органів та підвищення зимостійкості. Однак зменшена кількість опадів могла обмежувати водний баланс рослин, що підкреслює значущість взаємодії температурного та водного режимів ґрунту для забезпечення оптимальної фізіологічної активності рослин у період осінньої вегетації.

Подовжена тривалість вегетаційного періоду в поєднанні з недостатнім зволоженням потребує врахування під час

вибору сортів і гібридів з підвищеною адаптивністю до змін кліматичних умов.

5. Метеорологічні показники періоду сходи – припинення осінньої вегетації рослин ріпаку озимого (2025 р.)

Показник	Місяць, декада					Всього
	серпень	вересень	жовтень	листопад		
	III			I	II	
Середньодобова температура повітря, °С	16,8	16,0	7,9	7,7	5,3	-
Сума температур, °С	168	496	237	77	53	1031
Середньобагаторічні дані, °С	15,8	13,1	8,0	4,6	2,1	-
Сума середньобагаторічних температур, °С	158	406,1	240,0	46	21	871,1
Температура ґрунту на глибині 5 см, °С	20,1	17,6	8,6	8,2	6,4	-
Опади, мм	62,8	76,2	34,3	5,1	14,7	193,1
Середньобагаторічні дані, мм	24	55	57	17	16	169,0
Запаси вологи в орному шарі ґрунту 0–10 см, мм	32,5	40,1	20,3	4,2	8,9	-
Тривалість періоду сходи – закінчення осінньої вегетації, діб	91					

Погодні умови 2023 р. періоду сходи – припинення осінньої вегетації ріпаку озимого були сприятливими за температурним режимом і кількістю опадів, що забезпечувало оптимальний ріст і розвиток рослин. Середні показники висоти рослин сортів становили 25,3 см, довжини кореневої системи – 13,1 см, кількість

листіків на рослині – 8,7 шт., довжина листкової пластинки – 7,8 см з її діаметром 11 мм (табл. 6). Повітряно-суха маса рослини становила 25,3 г, кореневої системи – 11,2 г. Коренева шийка була розміщена над рівнем ґрунту на висоті 2,8 см. Гібриди переважали сорти за кращим розвитком рослин.

6. Структура рослин ріпаку озимого на час припинення осінньої вегетації залежно від біологічних особливостей сорту та гібриду (2023 р.)

Сорт, гібрид	Висота рослин, см	Довжина кореневої системи, см	Кількість листків на одній рослині, шт.	Довжина листкової пластинки, см	Діаметр кореневої шийки, см	Повітряно-суха маса рослини, г	Повітряно-суха маса кореневої системи, г	Висота кореневої шийки над рівнем ґрунту, см
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сорт								
Чорний велитень (контроль)	27,2	13,0	9,0	7,7	1,0	24,0	11,2	3,0
Монополіст	27,0	13,1	8,9	7,8	1,1	24,2	11,3	3,0
Дарунок	26,2	12,9	8,5	7,5	1,1	23,7	11,1	2,9
Дамір	24,6	12,8	8,6	7,6	1,0	24,0	11,4	2,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Повінь	25,2	13,4	8,4	7,3	1,2	23,2	11,3	2,9
Каньйон	23,1	13,2	8,1	7,0	1,3	23,0	11,5	2,7
Атлант	24,0	12,7	8,2	7,3	0,9	22,8	10,8	2,6
Параллакс	23,6	12,8	8,5	7,5	1,0	23,0	11,0	2,8
Гібрид								
ДК Експіро	28,4	15,2	9,7	9,0	1,5	31,8	13,3	2,6
ДК Сіквел	28,7	15,6	10,0	9,2	1,6	32,0	13,5	2,7
РТ 303	27,9	14,7	9,6	8,8	1,4	30,8	12,7	2,5
РХ 131	27,8	15,0	9,8	8,5	1,5	31,0	12,6	2,6
Анністон	29,1	16,0	10,5	9,6	1,7	31,9	14,1	2,8
Конрад Кл	29,0	16,3	10,6	9,5	1,6	32,0	14,0	2,8
НР _{0,05}	1,0	0,2	0,3	0,2	0,1	0,9	0,4	0,1

У 2024 р. осінній період відзначався зменшеною кількістю опадів та нижчими середньодобовими температурами порівняно з попередніми роками, що безпосередньо вплинуло на морфологічний розвиток ріпаку озимого. За таких умов висота рослин сортів коливалася в межах 22,2–23,1 см, тоді як у гібридів вона становила 24,7–26,4 см (табл. 7), що свідчить про більш виражене наростання вегетативної маси гібридного матеріалу навіть за обмеженого водозабезпечення. Довжина кореневої системи рослин варіювала від 10,3 до 13,4 см, що вказує на

збереження здатності до ефективного використання ґрунтової вологи та мінеральних ресурсів. Кількість листків на рослині коливалася від 7,0 до 8,5 шт., довжина листкової пластинки – 6,0–7,5 см, що свідчить про часткове зменшення фотосинтетичної поверхні в сортів порівняно з гібридами. Повітряно-суха маса рослин також демонструвала значні відмінності: у сортів, наприклад, Параллакс, вона становила 19,5 г, тоді як у гібриду Анністон – 26,5 г, що підкреслює вищий потенціал накопичення біомаси у гібридів.

7. Структура рослин ріпаку озимого на час припинення осінньої вегетації залежно від біологічних особливостей сорту та гібриду (2024 р.)

Сорт, гібрид	Висота рослин, см	Довжина кореневої системи, см	Кількість листків на одній рослині, шт.	Довжина листкової пластинки, см	Діаметр кореневої шийки, см	Повітряно-суха маса рослини, г	Повітряно-суха маса кореневої системи, г	Висота кореневої шийки над рівнем ґрунту, см
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сорт								
Чорний велитень (контроль)	24,3	11,1	8,1	6,6	0,95	20,2	9,5	2,7
Монополіст	24,5	11,3	7,7	6,7	0,94	20,1	9,3	2,7
Дарунок	23,1	10,5	7,6	6,4	0,98	20,0	9,3	2,8
Дамір	23,7	10,3	7,3	6,5	0,96	20,3	9,2	2,7
Повінь	23,7	11,2	7,7	6,2	1,0	19,8	9,4	2,8
Каньйон	21,9	11,0	7,0	5,9	1,0	20,2	9,5	2,6
Атлант	22,0	10,5	7,1	6,0	0,99	19,6	9,7	2,6
Параллакс	22,2	10,3	7,4	6,3	0,96	19,5	9,9	2,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гібрид								
ДК Експіро	25,3	12,6	8,2	7,2	1,0	25,6	10,4	2,5
ДК Сіквел	25,0	12,3	8,5	7,0	1,1	26,0	10,5	2,6
РТ 303	24,7	12,0	8,2	7,3	1,1	25,9	10,8	2,6
РХ 131	25,0	12,5	8,0	7,4	1,1	26,1	10,7	2,5
Анністон	26,3	13,0	8,1	7,5	1,2	26,5	11,4	2,7
Конрад Кл	26,4	13,4	9,0	7,7	1,2	26,3	11,3	2,7
HP _{0,05}	0,8	0,3	0,2	0,1	0,2	0,8	0,3	0,2

У 2025 р. середні показники висоти рослин різних сортів і гібридів ріпаку озимого коливалися в межах 22,0–28,0 см, довжина кореневої системи – 11,6–14,9 см, а кількість листків на одній рослині – 7,0–9,5 шт. Довжина листкової пластинки

варіювала від 6,0 до 8,5 см, а її діаметр – від 0,9 до 14,0 см (табл. 8). Повітряно-суха маса рослини становила 22,0–28,6 г, а маса кореневої системи – 10,1–13,1 г. Коренева шийка розташовувалася над рівнем ґрунту на висоті 2,4–2,9 см.

8. Структура рослин ріпаку озимого на час припинення осінньої вегетації залежно від біологічних особливостей сорту та гібриду (2025 р.)

Сорт, гібрид	Висота рослин, см	Довжина кореневої системи, см	Кількість листків на одній рослині, шт.	Довжина листкової пластинки, см	Діаметр кореневої шийки, см	Повітряно-суха маса рослини, г	Повітряно-суха маса кореневої системи, г	Висота кореневої шийки над рівнем ґрунту, см
Сорт								
Чорний велитень (контроль)	26,1	12,2	8,0	6,6	1,1	23,1	10,5	2,6
Монополіст	25,9	12,3	7,8	6,7	1,0	23,0	10,6	2,6
Дарунок	25,1	11,8	7,4	6,4	1,0	22,6	10,2	2,5
Дамір	23,5	11,7	7,5	6,5	1,1	22,9	10,3	2,5
Повінь	24,1	12,3	7,3	6,2	1,1	22,1	10,4	2,5
Каньйон	22,0	12,1	7,0	6,0	1,2	22,0	10,3	2,6
Атлант	22,9	11,6	7,1	6,1	0,9	21,6	10,1	2,4
Параллак	22,5	11,7	7,4	6,4	1,1	22,0	10,8	2,5
Гібрид								
ДК Експіро	27,3	14,1	8,6	6,9	1,2	26,9	12,2	2,7
ДК Сіквел	26,6	14,5	8,9	7,5	1,3	27,0	12,5	2,7
РТ 303	26,8	13,6	8,5	7,7	1,3	28,0	12,8	2,8
РХ 131	26,7	14,1	8,7	7,4	1,3	27,8	12,9	2,8
Анністон	28,0	14,9	9,4	8,5	1,4	28,4	13,0	2,9
Конрад Кл	27,9	15,2	9,5	8,4	1,4	28,6	13,1	2,9
HP _{0,05}	0,9	0,2	0,1	0,2	0,1	0,7	0,2	0,1

Вміст цукрів у кореневій шийці ріпаку озимого є одним із ключових чинників успішної перезимівлі рослин. Цукри виконують захисну функцію,

знижуючи температуру замерзання клітинного соку та запобігаючи пошкодженню клітинних структур за дії низьких температур. Високий рівень їх

накопичення сприяє підвищенню морозостійкості, кращому збереженню рослин узимку та забезпечує енергетичні ресурси для інтенсивного відновлення росту навесні. Накопичення цукрів залежить від агротехнічних і погодних умов, зокрема строків сівби, температури та вологозабезпечення, що слід враховувати при доборі сортів і гібридів для конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

У наших дослідках за сприятливих погодних умов та довшого періоду осінньої вегетації ріпаку озимого у 2023 р. (92 доби) рослини накопичили достатню кількість цукрів у кореневій шийці (24,9–28,6 %) (табл. 9). Найвищий показник забезпечив

сорт Дамір (25,7 %) і гібрид Анністон (28,6 %). У 2024 р. період осінньої вегетації був коротшим (75 діб), погодні умови складніші порівняно з попереднім роком. Вміст цукрів у кореневій шийці рослин варіював від 22,1 % (сорт Дарунок) до 23,3 % (гібрид Анністон). Порівняно з попереднім роком він був нижчим на 5,5 %. Довга вегетація рослин у 2025 р. та сприятливі погодні умови забезпечили оптимальну кількість цукрів у кореневій шийці рослин сортів і гібридів ріпаку озимого (25,6–29,3 %). За середніми даними цього показника, у гібридів їх вміст був вищим порівняно з сортами.

9. Вміст цукрів у кореневій шийці ріпаку озимого залежно біологічних особливостей сорту та гібриду (2023–2025 рр.), %

Сорт, гібрид	Рік			Середнє	± до контролю
	2023	2024	2025		
Сорт					
Чорний велитень (контроль)	24,8	22,2	25,6	24,2	-
Монополіст	25,0	22,5	26,0	24,5	0,3
Дарунок	25,3	22,1	25,7	24,4	0,2
Дамір	25,7	22,6	25,9	24,7	0,5
Повінь	26,2	22,8	26,6	25,2	1,0
Каньйон	26,3	22,7	26,8	25,3	1,1
Атлант	24,9	22,4	24,6	24,0	-0,2
Параллак	25,6	22,9	26,0	24,8	0,6
Гібрид					
ДК Експіро	29,0	23,4	28,8	27,1	2,9
ДК Сіквел	28,9	23,5	29,3	27,2	3,0
РТ 303	27,7	23,0	28,7	26,5	2,3
РХ 131	28,3	23,1	29,0	26,8	2,6
Анністон	28,6	23,3	29,3	27,1	2,9
Конрад Кл	28,5	23,0	29,5	27,0	2,8
HP _{0,05}	0,1	0,2	0,4		

Висновки

1. Агротехнологічні умови післяпосівного періоду мали визначальний вплив на інтенсивність проростання насіння та процес формування сходів ріпаку озимого. Поєднання температурного режиму й вологозабезпечення ґрунту, що спостерігалось у 2023 та 2025 рр., сприяло швидкому та рівномірному проростанню

насіння і появи дружних сходів на 5–6-ту добу після сівби. Натомість у 2024 р. дефіцит продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту за підвищеного температурного фону зумовив сповільнення процесів проростання та зсув термінів появи повних сходів до 7-ї доби після сівби.

2. Осінній період відзначався підвищеним температурним режимом, що сприяло подовженню вегетації та активному росту ріпаку озимого. У 2023–2024 рр. достатнє зволоження ґрунту забезпечило формування добре розвинених і зимостійких рослин, тоді як у 2025 р. дефіцит опадів частково обмежував водний баланс, але не перешкодив росту за умов підвищеного теплового фону. Найкращий морфологічний розвиток відзначено у 2023 р., тоді як у 2024 р. зниження опадів і температури стримувало ріст сортів. У 2025 р. висота рослин становила 22–28 см, довжина кореневої системи – 11,6–14,9 см, кількість листків – 7,0–9,5 шт. Загалом гібриди стабільно переважали сорти за більшістю показників росту й розвитку.

3. Накопичення цукрів у кореневій шийці ріпаку озимого визначалося тривалістю осіннього вегетаційного

періоду та характером агрометеорологічних умов. За подовженої вегетації 2023 р. (92 доби) та сприятливого температурно-вологісного режиму вміст цукрів становив 24,9–28,6 %, при цьому максимальні значення зафіксовано у сорту Дамір (25,7 %) та гібриду Анністон (28,6 %). У 2024 р. скорочення періоду осінньої вегетації до 75 діб у поєднанні з менш сприятливими погодними умовами призвело до зниження цього показника до 22,1–23,3 %, що на 5,5 % менше порівняно з попереднім роком. Натомість у 2025 р. подовжена вегетація та погодні умови сприяли формуванню оптимального вмісту цукрів (у межах 25,6–29,3 %), причому гібридні форми стабільно характеризувалися вищою здатністю до накопичення асимілятів, що є важливою передумовою підвищеної зимостійкості рослин.

Список використаної літератури

1. Агротехнологічні основи вирощування насіння ріпаку озимого в умовах Західного Лісостепу України : монографія / І. С. Волощук та ін. Львів : СПОЛОМ, 2017. 212 с.

2. Бондарчук І. Л. Сортова реакція параметрів перезимівлі рослин ріпаку озимого за застосування рістрегуляції в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Сумського НАУ. Серія «Агрономія і біологія»*. 2018. Вип. 3 (35). С. 68–71.

3. Бугайов В. Д., Вишневецький С. П. Вплив рівня розвитку розетки у гібридів ріпаку озимого восени на зимостійкість та урожайність. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 57–65. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202089-05.

4. Волощук О. П., Распутенко А. О. Особливості осіннього розвитку рослин ріпаку озимого залежно від строків, способів сівби та норм висіву насіння. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 38–48. URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/wp-content/uploads/zbirnik/63ua/6.pdf> (дата звернення: 01.01.2026).

5. Забарний О. С., Забарна Т. А. Вплив погодних умов на перезимівлю озимого ріпаку залежно від факторів інтенсифікації. *Корми і кормовиробництво*. 2023. Вип. 95. С. 97–107. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-08>.

6. Короткова І. В., Дробітько А. М. Врожайність та якість насіння ріпаку озимого залежно від густоти посівів в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 139, ч. 1. С. 92–99. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.1.13>.

References

1. Agrotechnological basics of growing winter rapeseed in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine : monohrafiia / I. S. Voloshchuk et al. Lviv : SPOLOM, 2017. 212 p.

2. Bondarchuk I. L. Varietal response of winter rapeseed plant overwintering parameters when using growth regulation in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Sumskoho NAU. Seriiia «Ahronomiia i biolohiia»*. 2018. Issue 3 (35). P. 68–71.

3. Buhaiov V. D., Vyshnevskyi S. P. The influence of the level of rosette development in winter rapeseed hybrids in autumn on winter hardiness and yield. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2020. Issue 89. P. 57–65. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202089-05.

4. Voloshchuk O. P., Rasputenko A. O. Features of autumn development of winter rapeseed plants depending on the timing, sowing methods and seed sowing rates. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2018. Issue 63. P. 38–48. URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/wp-content/uploads/zbirnik/63ua/6.pdf> (last accessed: 01.01.2026).

5. Zabaranyi O. S., Zabarina T. A. The influence of weather conditions on the overwintering of winter rapeseed depending on intensification factors. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2023. Issue 95. P. 97–107. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-08>.

6. Korotkova I. V., Drobitko A. M. Yield and quality of winter rapeseed seeds depending on the crops density in Ukrainian Forest-Steppe conditions. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2024. No. 139, part 1. P.

7. Мацера О. О. Біометричні параметри перезимівлі рослин озимого ріпаку за різних строків посіву та рівнів основного удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 15–23. URL: <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/11595.PDF> (дата звернення: 02.01.2026).
8. Мельник А. В., Бондарчук І. Л. Формування продуктивності сучасних сортів і гібридів ріпаку озимого в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодощовивництво і зберігання*. 2017. Вип. 2. С. 73–78.
9. Методика польового досліду (зрошуване землеробство) : навч. посіб. / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Гринь Д. С., 2014. 448 с.
10. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні / за ред. Ткачик С. О. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 129 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e660408703.pdf> (дата звернення: 11.12.2025).
11. Поляков О. І., Вахненко С. В., Нікітенко О. В. Особливості росту, розвитку й формування врожайності ріпаку озимого сорту Стілуца в залежності від системи удобрення. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. № 23. С. 143–148. URL: https://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2016/23/Poliakov1_23.pdf (дата звернення: 01.01.2026).
12. Сендецький В. М., Мельничук Т. В., Сендецький І. В. Продуктивність ріпаку озимого за удосконалення технології вирощування в умовах Лісостепу Західного. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 188–195. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.24>.
13. 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>.
14. Юрчук С. С. Урожайність та якість насіння ріпаку озимого залежно від способу посіву та норми висіву в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 102–111. DOI: [10.31073/kormovyrobnytstvo202089-10](https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-10).
15. Development of genome-wide SSR markers in rapeseed by next generation sequencing / J. Zhu et al. *Gene*. 2021. Vol. 798. 5 p. DOI: [10.1016/j.gene.2021.145798](https://doi.org/10.1016/j.gene.2021.145798).
16. Effective genomic selection in a narrow-genepool crop with low-density markers: Asian rapeseed as an example / C. R. Werner et al. *Plant Genome*. 2018. Vol. 11, no. 2. 12 p. DOI: <https://doi.org/10.3835/plantgenome2017.09.0084>.
17. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters / J. Běreš et al. 92–99. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.1.13>.
7. Matsera O. O. Biometric parameters of winter rapeseed overwintering at different sowing dates and levels of basic fertilizer. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2016. No. 3. P. 15–23. URL: <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/11595.PDF> (last accessed: 02.01.2026).
8. Melnyk A. V., Bondarchuk I. L. Formation of productivity of modern varieties and hybrids of winter rapeseed in the conditions of the northeastern Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu imeni V. V. Dokuchaieva. Seriya: Roslynnnytstvo, selektsiia i nasynnytstvo, plodoovochivnytstvo i zberihannia*. 2017. No. 2. P. 73–78. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/3e700a67-471f-4d81-b09d-60099c823e19/content> (last accessed: 02.01.2026).
9. Field experiment technique (irrigated agriculture) : navch. posib. / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Hrin D. S., 2014. 448 p.
10. Methodology for conducting an examination of varieties of ornamental, medicinal, essential oil and forest plants for suitability for distribution in Ukraine / za red. Tkachyk S. O. 2-he vyd., vypr. i dop. Vinnytsia : FOP Korzun D. Yu., 2017. 129 p. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e660408703.pdf> (last accessed: 11.12.2025).
11. Poliakov O. I., Vakhnenko S. V., Nikitenko O. V. Peculiarities of growth, development and yield formation of winter rapeseed variety Stiluca depending on the fertilization system. *Naukovo-tekhnichnyi biuletyn Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2016. No. 23. P. 143–148. URL: https://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2016/23/Poliakov1_23.pdf (last accessed: 01.01.2026).
12. Sendetskyi V. M., Melnychuk T. V., Sendetskyi I. V. Productivity of winter rapeseed with improved growing technology in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. 2023. No. 131. P. 188–195. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.24>.
13. Tkachuk O. P., Razanov S. F., Banul S. O. Scientific principles of selection of winter rapeseed varieties and hybrids. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnych nauk*. 2024. No. 7. P. 175–181. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19>.
14. Yurchuk S. S. Yield and quality of winter rapeseed seeds depending on the sowing method and sowing rate in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2020. Issue 89. P. 102–111. DOI: [10.31073/kormovyrobnytstvo202089-10](https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-10).
15. Development of genome-wide SSR markers in rapeseed by next generation sequencing / J. Zhu et al. *Gene*. 2021. Vol. 798. 5 p. DOI: [10.1016/j.gene.2021.145798](https://doi.org/10.1016/j.gene.2021.145798).
16. Effective genomic selection in a narrow-genepool crop with low-density markers: Asian

Plant, Soil and Environment. 2019. No. 65. P. 435–441. DOI: <https://doi.org/10.17221/444/2019-PSE>.

18. Genetic relationships and fingerprinting of rapeseed cultivars by AFLP: Consequences for varietal registration / V. Lombard et al. *Crop Science*. 2000. Vol. 40. P. 1417–1425. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.4051417x>.

19. Integrated crop and pest management of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) / C. Nilsson et al. *Zemdirbystė-Agriculture*. 2015. Vol. 102, no. 3. P. 325–334. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.042>.

20. Jankowski K. J., Sokólski M., Szatkowski A. The Effect of Autumn Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Winter Oilseed Rape Seeds. *Agronomy*. 2019. No. 9. P. 849. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120849>.

21. Klatt B. K., de La Vega B., Smith H. G. Altered winter conditions impair plant development and yield in oilseed rape. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2021. Vol. 5. 5 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100160>.

22. Metabolomic insights into the multiple stress responses of metabolites in major oilseed crops / H. Kefale et al. *Physiologia Plantarum*. 2024. Vol. 176, issue 6. 5 p. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.14596>.

23. Schwabe S., Gruber S., Claupein W. Oilseed Rape Yield Performance in the Clearfield® System under Varying Management Intensities. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. 10 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11122551>.

24. Sustainability on different Canola (*Brassica napus* L.) cultivars by GGE biplot graphical technique in multi-environment / S. H. Shojaei et al. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, issue 11. 14 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15118945>.

25. The development of multiplex simple sequence repeat (SSR) markers to complement distinctness, uniformity and stability testing of rape (*Brassica napus* L.) varieties / L. Tommasini et al. *Theor Appl Genet*. 2003. Vol. 106. P. 1091–1101. DOI: 10.1007/s00122-002-1125-8.

26. The optimisation of rapeseed yield and growth duration through adaptive crop management in climate change: evidence from China / X. Li et al. *Italian Journal of Agronomy*. 2022. Vol. 17, issue 4. 5 p. DOI: <https://doi.org/10.4081/ija.2022.2104>.

27. Tovpyha M. Features of growing winter rapeseed in abnormally warm winters. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2025. Vol. 29, no. 2. P. 94–106. DOI: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2025.94>.

rapeseed as an example / C. R. Werner et al. *Plant Genome*. 2018. Vol. 11, no. 2. 12 p. DOI: <https://doi.org/10.3835/plantgenome2017.09.0084>.

17. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters / J. Béréš et al. *Plant, Soil and Environment*. 2019. No. 65. P. 435–441. DOI: <https://doi.org/10.17221/444/2019-PSE>.

18. Genetic relationships and fingerprinting of rapeseed cultivars by AFLP: Consequences for varietal registration / V. Lombard et al. *Crop Science*. 2000. Vol. 40. P. 1417–1425. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.4051417x>.

19. Integrated crop and pest management of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) / C. Nilsson et al. *Zemdirbystė-Agriculture*. 2015. Vol. 102, no. 3. P. 325–334. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.042>.

20. Jankowski K. J., Sokólski M., Szatkowski A. The Effect of Autumn Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Winter Oilseed Rape Seeds. *Agronomy*. 2019. No. 9. P. 849. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120849>.

21. Klatt B. K., de La Vega B., Smith H. G. Altered winter conditions impair plant development and yield in oilseed rape. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2021. Vol. 5. 5 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100160>.

22. Metabolomic insights into the multiple stress responses of metabolites in major oilseed crops / H. Kefale et al. *Physiologia Plantarum*. 2024. Vol. 176, issue 6. 5 p. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.14596>.

23. Schwabe S., Gruber S., Claupein W. Oilseed Rape Yield Performance in the Clearfield® System under Varying Management Intensities. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. 10 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11122551>.

24. Sustainability on different Canola (*Brassica napus* L.) cultivars by GGE biplot graphical technique in multi-environment / S. H. Shojaei et al. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, issue 11. 14 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15118945>.

25. The development of multiplex simple sequence repeat (SSR) markers to complement distinctness, uniformity and stability testing of rape (*Brassica napus* L.) varieties / L. Tommasini et al. *Theor Appl Genet*. 2003. Vol. 106. P. 1091–1101. DOI: 10.1007/s00122-002-1125-8.

26. The optimisation of rapeseed yield and growth duration through adaptive crop management in climate change: evidence from China / X. Li et al. *Italian Journal of Agronomy*. 2022. Vol. 17, issue 4. 5 p. DOI: <https://doi.org/10.4081/ija.2022.2104>.

27. Tovpyha M. Features of growing winter rapeseed in abnormally warm winters. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2025. Vol. 29, no. 2. P. 94–106. DOI: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2025.94>.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-6

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.14:631.526.3

**РОЛЬ СОРТОВОЇ БІОЛОГІЧНОЇ СПЕЦИФІКИ
В ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ ЖИТА ПОСІВНОГО (ОЗИМОГО)****О. П. Волощук, С. В. Островий**

Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине
Львівського р-ну Львівської обл.,
81115

Про авторів:

Олександра ВОЛОЩУК,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-2509-9452

Сергій ОСТРОВИЙ,
аспірант
ORCID: 0009-0008-8136-9104

Для листування:

Олександра ВОЛОЩУК
e-mail:
olexandravoloschuk53@gmail.com

Інформація про фінансування:
Національна академія аграрних
наук України

Отримано:
7 січня 2026 р.
Погоджено до друку:
13 лютого 2026 р.
Опубліковано:
31 березня 2026 р.

Роль сортової біологічної специфіки є ключовою у формуванні врожайності жита озимого, адже саме генетичний потенціал сорту визначає його реакцію на умови вирощування та здатність протистояти стресовим чинникам. Правильний вибір сорту є важливим управлінським рішенням, що суттєво впливає на результат господарювання, оскільки біологічні особливості проявляються через сукупність кількісних і якісних ознак, які взаємодіють із факторами зовнішнього середовища. Проведено науковий аналіз метеорологічних умов періоду сівба – перезимівля жита озимого у 2023–2025 рр. та оцінено їхній вплив на польову схожість насіння і подальший розвиток рослин. Встановлено, що завдяки високим посівним якостям добазового насіння посіви формували вирівняні сходи з польовою схожістю 95,0–98,4 %, без статистично достовірних відмінностей між сортами, що забезпечило рослинам сприятливі стартові умови росту. У 2023 р. осінній період вегетації жита озимого відзначався підвищеною сумою середньодобових температур, яка становила 499,7 °С та перевищувала середньобогаторічне значення на 189,7 °С, а також надмірною кількістю опадів (153,5 мм за кліматичної норми 90 мм). Такі гідротермічні умови спричинили перезволоження ґрунту, проте негативного впливу на ріст і розвиток рослин не виявлено. Тривалість осінньої вегетації становила 51 добу. Високий вміст цукрів у вузлах кущення жита озимого у 2023 р. (25,4–26,3 %) підтвердив задовільний фізіологічний стан рослин на момент входження у зимовий період. Така концентрація вуглеводів характеризує досліджувані сорти як морозостійкі та здатні до ефективної адаптації до стресових умов зимового періоду, включаючи низькі температури та можливі відлиги.

Ключові слова: жито посівне (озиме), метеорологічні показники, польова схожість насіння, морфологічна структура рослин, вміст цукрів, перезимівля сортів.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Волощук О. П., Островий С. В., 2026

The role of varietal biological specificity in the formation of productivity of sown (winter) rye

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5, Obroshyne village, Lviv district, Lviv region, 81115

About authors:

Oleksandra VOLOSHCHUK
ORCID: 0000-0002-2509-9452

Serhii OSTROVYI
ORCID: 0009-0008-8136-9104

For corresponding:

Oleksandra VOLOSHCHUK
e-mail:
olexandravoloschuk53@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

January 7, 2026

Accepted:

February 13, 2026

Published:

March 31, 2026

The role of varietal biological specificity is key in shaping the yield of winter rye, because it is the genetic potential of the variety that determines its reaction to growing conditions and the ability to withstand stress factors. The correct choice of variety is an important management decision that significantly affects the result of management, since biological features are manifested through a set of quantitative and qualitative characteristics that interact with environmental factors. A scientific analysis of the meteorological conditions of the «sowing – overwintering» period of winter rye in 2023–2025 was conducted and their impact on the field germination of seeds and further plant development was assessed. It was established that due to the high sowing qualities of the pre-basic seeds, the crops formed aligned shoots with field germination of 95.0–98.4 %, without statistically significant differences between varieties, which provided the plants with favorable starting growth conditions. In 2023, the autumn vegetation period of winter rye was marked by an increased sum of average daily temperatures, which amounted to 499.7 °C and exceeded the long-term average value by 189.7 °C, as well as excessive precipitation (153.5 mm against a climatic norm of 90 mm). Such hydrothermal conditions caused waterlogging of the soil, but no negative impact on plant growth and development was detected. The duration of the autumn vegetation was 51 days. The high content of sugars in the tillering nodes of winter rye in 2023 (25.4–26.3 %) confirmed the satisfactory physiological state of the plants at the time of entering the winter period. Such a concentration of carbohydrates characterizes the studied varieties as frost-resistant and capable of effective adaptation to the stressful conditions of the winter period, including low temperatures and possible thaws.

Keywords: sown (winter) rye, meteorological indicators, field seed germination, morphological structure of plants, sugar content, overwintering of varieties.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Жито посівне (озиме) (*Secale cereale* L.) належить до важливих зернових культур, які відіграють істотну роль у забезпеченні продовольчої безпеки, що зумовлено його високою харчовою цінністю та значним екологічним потенціалом. У контексті сучасного українського землеробства підвищення ефективності вирощування цієї культури потребує комплексного підходу. Зокрема, доцільним є формування цілісної світоглядної концепції житосіяння, орієнтованої на розширення можливостей еколого-економічної оптимізації виробництва; удосконалення взаємодії між виробничими та управлінськими структурами як державного, так і

недержавного секторів; інтенсивний розвиток селекційно-насінницької роботи; а також підвищення рівня культури землекористування. Реалізація цих напрямів передбачає активізацію просвітницької діяльності серед товаровиробників і споживачів, насамперед вітчизняних [11].

Ця культура вирізняється високою адаптивністю до стресових умов вирощування, характеризується невибагливістю до родючості ґрунтів, підвищеною посухо- та холодостійкістю, а також відносно низькою уражуваністю основними збудниками хвороб і шкідниками. Завдяки цим властивостям жито є перспективною культурою для

виращування в умовах нестабільного клімату та обмеженого ресурсного забезпечення. Згідно з міжнародною класифікацією, жито належить до групи культур із найнижчим рівнем агроекологічного ризику, що підвищує його значення у формуванні стійких агросистем [9, 15].

У ґрунтово-кліматичних умовах Полісся України жито посівне (озиме) (*Secale cereale* L.) є однією з найпродуктивніших серед колосових зернових культур, демонструючи стабільно високі врожаї навіть на ґрунтах із низьким рівнем родючості. Завдяки його біологічним особливостям, зокрема здатності ефективно засвоювати елементи живлення з важкодоступних форм, а також високій толерантності до кислотності ґрунтів жито успішно культивують в умовах, які є менш сприятливими для пшениці озимої. У межах зони Полісся, де переважають дерново-підзолисті піщані або супіщані малогумусні ґрунти, жито посівне забезпечує не лише кращу екологічну адаптованість, а й економічну доцільність вирощування, формуючи врожайність на рівні 4,0–6,5 т/га, що суттєво перевищує середні показники інших озимих зернових культур на цих землях. Це зумовлює його домінування у структурі посівних площ, що становить близько 60 % серед усіх озимих зернових у регіоні [6, 14].

Натомість у Лісостеповій зоні, яка характеризується більш родючими чорноземними ґрунтами та помірнішими кліматичними умовами, конкуренція між зерновими культурами є значно вищою. Тут основну частку в посівах традиційно займає пшениця озима завдяки своїм вищим якісним характеристикам зерна. Відповідно частка жита озимого у структурі посівів у Лісостепу суттєво нижча й становить у середньому близько 15 %, однак і в цій зоні його вирощування може бути доцільним – особливо на ґрунтах із підвищеною кислотністю, схильних до переущільнення або недостатнього водозабезпечення [2, 5].

З огляду на зазначене вище, жито озиме розглядають як важливий резерв підвищення зернової самозабезпеченості та як культуру, що має значний потенціал для адаптації до умов ризикованого землеробства. Його вирощування сприяє розширенню сівозмін, збереженню ґрунтової родючості та стабілізації виробничих показників у господарствах різних організаційно-правових форм, особливо в умовах кліматичних коливань і економічних обмежень [7, 8, 10, 19].

Значна частина занесених до Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні форм представлена вітчизняними селекційними розробками, що свідчить про активну роботу науково-дослідних установ НААН та вітчизняних аграрних підприємств у напрямі створення конкурентоспроможного посівного матеріалу. Разом з тим у реєстрі представлено і зарубіжні сорти та гібриди, адаптовані до умов України, що дозволяє розширити генетичну базу культури та використовувати кращі світові досягнення селекції. Включення такої кількості сортів та гібридів до офіційного реєстру свідчить про зростаючий інтерес до жита озимого як стратегічної зернової культури, яка має високу біологічну, агрономічну та економічну цінність. Це відкриває широкі можливості для оптимізації сортового складу, адаптації технологій вирощування до конкретних умов регіонів, а також для формування ефективної системи насінництва жита в Україні [3, 17, 18, 20].

Біологічні особливості розвитку жита посівного (озимого) характеризуються відносно помірною потребою до теплових ресурсів, що зумовлює широку екологічну пластичність культури та її здатність до вирощування в різних кліматичних зонах. Успішна перезимівля сортів визначається фізіолого-біохімічною стійкістю рослин до дії низьких температур, яка формується ще в осінній період вегетації. Одним із ключових факторів зимостійкості є достатнє накопичення поживних речовин, насамперед вуглеводів, у вузлах кушіння, які слугують джерелом енергії для

підтримання життєвих процесів під час зимового спокою [1, 4, 16].

Матеріали і методи. Дослідження проведено у відділі насінництва та насіннезнавства Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (2024–2025 рр.).

Середньозважені агрохімічні показники сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту були такими: вміст гумусу (визначений за методом Тюріна) становить 2,3 %, що вказує на помірний рівень органічної речовини та сприятливі умови для розвитку мікрофлори й забезпечення рослин енергією; сума вбирних основ – 13,7 мг-екв на 100 г ґрунту, що свідчить про помірну ємність катіонного обміну та відносно обмежену буферну здатність ґрунту; вміст легкогідролізного азоту (визначений за методом Корнфілда) – 89,6 мг/кг ґрунту, що за класифікаційною шкалою відповідає дуже низькому рівню азотного забезпечення; вміст рухомого фосфору – 69,5 мг/кг, а обмінного калію – 68,0 мг/кг (обидва показники визначено за методом Кірсанова). Згідно з чинними градаціями, це свідчить про середній рівень забезпеченості фосфором та низький – калієм; реакція ґрунтового розчину (рН у сольовій витяжці) дорівнює 5,4, що вказує на слабкокисло середовище.

Загальна площа дослідної ділянки становила 60 м², з яких 50 м² відведено під облікову частину. Схема розміщення варіантів дослідів – систематична, із триразовим повторенням кожного варіанта.

Агротехнічні заходи з вирощування жита озимого в умовах проведення польових досліджень відповідали загальноприйнятим рекомендаціям для цієї культури у згаданій ґрунтово-кліматичній зоні. Підготовка ґрунту включала декілька етапів. Після збирання попередника (ріпаку озимого) було проведено лушення стерні на глибину 10–12 см для подрібнення та часткового загортання рослинних решток, а також стимулювання проростання падалиці та бур'янів. Наступним етапом була культивування для розпушування верхнього

шару ґрунту та знищення пророслих бур'янів. Безпосередньо перед сівбою виконано передпосівну культивування з використанням агрегату РВК, що забезпечило вирівнювання поверхні поля та створення сприятливого посівного ложа для насіння. У ґрунт було внесено мінеральні добрива у розрахунковій нормі N₆₀P₁₀₀K₁₅₀ (в кг діючої речовини на гектар), що відповідає потребам культури за планової врожайності 6,0 т/га. Сівбу жита озимого проводили в третій декаді вересня, що вважають оптимальним строком для регіону, норма висіву становила 4,5 млн схожих насінин на гектар. Сівбу здійснювали звичайним рядковим способом з міжряддями 15 см, глибина загортання насіння – 3,0–4,0 см, залежно від стану та вологості ґрунту.

Дослідження проводили із застосуванням загальноприйнятих та апробованих наукових методик, які забезпечують об'єктивність та достовірність отриманих результатів. Основою для організації польових дослідів слугувала Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні [13].

Польову схожість насіння та перезимівлю рослин визначали шляхом обліку на визначених площадках, вміст цукрів у вузлах куціння рослин жита посівного озимого – на рідинному хроматографі (ВЕРХ, HPLC), статистичну обробку отриманих результатів виконували за допомогою дисперсійного аналізу, керуючись методичними рекомендаціями В. О. Ушкаренка та ін. [12].

Результати та обговорення. У 2023 р. за оптимальних строків сівби жита озимого (25 вересня) (табл. 1) середньодобова температура повітря в період сівби – сходи становила 18,2 °С, а сума ефективних температур за цей період досягала 182 °С. Незважаючи на те, що у другій декаді вересня випало лише 10,6 мм опадів при середньобогаторічному показнику 20 мм, запаси вологи в посівному шарі ґрунту (0–10 см) були

поповнені за рахунок опадів попередньої декади (26,2 мм) і становили загалом 28,4 мм. Тривалість періоду від сівби до сходів жита озимого – 12 діб. У 2024 р. середньодобова температура повітря була на 2,3 °С нижчою порівняно з попереднім роком і становила 16,8 °С на глибині 5–10 см у ґрунті. Сума температур за відповідний період сягнула 174,9 °С. Значна кількість опадів (52,1 мм), що випала у цей період, забезпечила підвищені запаси вологи у посівному шарі – 36,4 мм. Внаслідок цих умов повні сходи було зафіксовано на 10-ту добу після сівби, що на 2 доби раніше, ніж у 2023 р. У 2025 р. температурний режим другої декади вересня був помірно зниженим (12,0 °С),

що разом із значною кількістю опадів (62,8 мм) створило оптимальні умови для проростання насіння. Загальна сума ефективних температур за період від сівби до сходів становила 97,6 °С, тоді як запаси продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту (0–10 см) залишалися на рівні 30,7 мм. Така комбінація температурних і гідротермічних показників сприяла прискореному розвитку проростків, що зумовило появу сходів вже на восьму добу після сівби. Вказані фактори є важливими для забезпечення своєчасного початку вегетації жита озимого, що у свою чергу позитивно впливає на подальший розвиток рослин та їх продуктивність.

1. Метеорологічні показники за період сівба – сходи жита посівного озимого (2023–2025 рр.)

Показник	Рік		
	2023	2024	2025
Середньодобова температура повітря, °С	18,2	15,9	12,2
Сума температур, °С	182,0	174,9	97,6
Температура ґрунту на глибині 5–10 см, °С	19,4	16,8	13,4
Кількість опадів, мм	10,6	52,1	35,2
Запаси вологи в посівному шарі ґрунту 0–10 см, мм	28,4	36,4	30,7
Тривалість періоду сівба – сходи, діб	12	10	8

У польових умовах на інтенсивність проростання насіння одночасно діє комплекс факторів, які можуть сприяти його підвищенню або зниженню. Після посівних якостей насіння польова схожість є одним із важливих факторів формування продуктивності посіву.

У наших дослідях отримання дружних сходів жита посівного озимого було обумовлено в першу чергу високою

посівною якістю висіяного добазового насіння, що забезпечило польову схожість у 2023 р. на рівні 96,7–97,1 %, в 2024 р. – 95,0–95,6 %, а в 2025 р. – 97,3–98,4 % (табл. 2). Середній показник за роки досліджень варіював від 96,5 % у сорту Левітан (контроль) до 96,9 % у Айвенго з недостовірною різницею 0,2–0,4 % ($HP_{0,05} = 0,1–0,3$ %).

2. Польова схожість насіння сортів жита посівного озимого (2023–2025 рр.), %

Сорт	Рік						Середнє	± до контролю
	2023		2024		2025			
Левітан – контроль	96,7	-	95,6	-	97,3	-	96,5	-
Верша	97,0	0,3	95,0	-0,6	98,0	0,5	96,7	0,2
Вальс	97,1	0,4	95,5	-0,1	97,8	0,7	96,8	0,3
Айвенго	96,9	0,2	95,3	-0,3	98,4	0,2	96,9	0,4
$HP_{0,05}$	0,2		0,1		0,3			

На процес росту та розвитку рослин у осінній період суттєвий вплив мають погодні умови, які безпосередньо визначають перебіг фізіологічних процесів та формування продуктивності культури.

У 2023 р. температурний режим в осінній період характеризувався такими значеннями: у третій декаді вересня середня температура становила 17,5 °С, у жовтні – 11,7 °С, а в першій і другій декадах листопада – відповідно 9,1 та 4,2 °С (табл. 3). Загальна сума денних ефективних температур за цей період досягала 671 °С, що значно перевищувало середньобогаторічний показник, який становив 446 °С. Одночасно кількість опадів була також вищою за середньобогаторічну норму, досягнувши 163,5 мм порівняно із 145 мм. Завдяки таким сприятливим гідротермічним умовам запаси продуктивної вологи у посівному шарі ґрунту були достатніми для забезпечення нормального росту й розвитку жита озимого. Вегетаційний розвиток культур припинився з настанням стійких мінусових температур у третій декаді листопада, що позначило кінець осінньої фази росту. За оптимальних агротехнічних строків сівби (18 вересня) і появи повних сходів (30 вересня)

тривалість осінньої вегетації жита озимого становила 51 добу. Таким чином, аналіз свідчить про сприятливі погодні умови осіннього періоду 2023 р. для активного розвитку рослин, що мало позитивний вплив на формування їхньої продуктивності в подальшому. Особливо важливим є той факт, що підвищені температурні показники і достатнє зволоження ґрунту сприяли тривалому періоду вегетації, що є критично важливим для закладки врожаю озимих зернових культур. Ріст і розвиток рослин в осінній період залежав від погодних факторів, під впливом яких проходили фізіологічні перетворення та формувалася продуктивність рослин. Зокрема, у 2023 р. температурні показники жовтня становили 11,7 °С, першої та другої декад листопада – 9,1 і 4,2 °С. Сума денних температур за цей період досягала 499,7 °С за середньобогаторічної 310 °С. За цей період випало 153,5 мм опадів за багаторічних даних 88,0 мм. Запаси продуктивної вологи ґрунту були достатніми для нормального росту й розвитку рослин жита озимого. Припинення осінньої вегетації рослин відзначили на 51-шу добу від повних сходів.

3. Метеорологічні показники за період осінньої вегетації рослин жита посівного озимого (2023–2025 рр.)

Показник	Рік		
	2023	2024	2025
Сума середньодобових температур повітря, °С	499,7	358,7	374,9
Середньобогаторічний показник, °С	310,0		
Температура ґрунту на глибині 5 см, °С	12,6–5,6	10,3–3,1	8,9–6,4
Кількість опадів, мм	153,5	66,4	54,7
Середньобогаторічні дані, мм	90,0		
Запаси вологи в орному шарі ґрунту 0–20 см, мм	46,7–25,6	43,2–8,1	31,1–11,3
Тривалість вегетаційного періоду, діб	51	45	49

У 2024 р. сума середньодобових температур за осінній період становила 358,7 °С і була вищою за середньобогаторічний показник (315,0 °С), проте на 141 °С меншою порівняно з 2023 р. Кількість опадів за цей період становила 66,4 мм, що менше від норми на

23,6 мм. Такі погодні умови впливали на фізіологічний стан і розвиток рослин сортів жита посівного (озимого). Осіння вегетація рослин завершилася в першій декаді листопада (3 листопада), що на 12 діб раніше від науково обґрунтованих термінів (15 листопада) для згаданої ґрунтово-

кліматичної зони. Через це загальна тривалість осінньої вегетації становила лише 45 діб, що значно менше порівняно з попередніми роками.

Вища на 64,9 °С сума температур (374,9 за 310 °С) за осінній період 2025 р. з меншою на 35,3 мм кількістю опадів забезпечили осінню вегетацію 49 діб. Абсолютно суха маса рослин сортів у 2023 р. варіювала від 3,26 г (сорт Айвенго) до

3,67 г (Левітан), кореневої системи – 0,42–0,51 г (табл. 4). За осінній період сорти добре розкущилися, кількість пагонів на рослині становила 5,0–5,5 шт., листків – 10,1–10,9 шт., висота рослин – 22,6–24,9 см. Достатня тривалість осінньої вегетації (51 добу) сприяла високому відсотку накопичення в вузлах кущіння цукрів – 25,4–26,3 %.

4. Порівняльна характеристика рослин жита озимого за сортовою ознакою на момент завершення осінньої вегетації у 2023 р.

Показник	Сорт				Середнє
	Левітан	Верша	Вальс	Айвенго	
Абсолютно суха маса рослини, г	3,67	3,55	3,60	3,26	3,52
Абсолютно суха маса кореневої системи, г	0,51	0,46	0,49	0,42	0,47
Кількість пагонів на одній рослині, шт.	5,5	5,4	5,3	5,0	5,3
Кількість листків на одній рослині, шт.	10,9	10,1	10,5	10,7	10,6
Висота рослин, см	24,9	22,6	23,4	24,6	23,9
Вміст цукрів у вузлах кущіння, %	25,8	26,3	26,0	25,4	25,9

У 2024 р. тривалість осінньої вегетації жита озимого була суттєво коротшою, що зумовлено зниженим температурним режимом та раннім завершенням вегетаційних процесів – уже в першій

декаді листопада. Такі погодні умови негативно позначилися на інтенсивності росту рослин, зокрема в зниженні морфометричних показників надземної та підземної частини (табл. 5).

5. Порівняльна характеристика рослин жита озимого за сортовою ознакою на момент завершення осінньої вегетації у 2024 р.

Показник	Сорт				Середнє
	Левітан	Верша	Вальс	Айвенго	
Абсолютно суха маса рослини, г	2,89	2,84	2,86	2,88	2,87
Абсолютно суха маса кореневої системи, г	0,48	0,46	0,44	0,45	0,46
Кількість пагонів на одній рослині, шт.	3,1	3,3	3,4	3,2	3,3
Кількість листків на одній рослині, шт.	7,4	7,6	7,7	7,5	7,6
Висота рослин, см	20,1	19,8	20,3	20,5	20,2
Вміст цукрів у вузлах кущіння, %	21,7	22,0	22,4	22,6	22,2

Абсолютно суха маса надземної частини коливалася від 2,86 г у сорту Вальс до 2,89 г у сорту Левітан. Суха маса кореневої системи становила 0,44–0,48 г, різниця між сортами була недостовірною (0,03–0,04 г), що вказує на однакову реакцію генотипів на стресові умови осені 2024 р. Крім того, в середньому на одній

рослині сформувалося 3,3 пагона та 7,6 листка, що свідчить про помірне кущіння та зменшену площу фотосинтетично активної поверхні. Висота рослин у цей період була нижчою на 3,7 см порівняно з аналогічним показником попереднього року. Особливо важливим стало зниження вмісту цукрів у вузлах

кущіння, яке становило лише 22,2 %, що нижче порівняно з попереднім роком. Отже, скорочення осінньої вегетації внаслідок несприятливих погодних умов 2024 р. призвело до недостатнього розвитку рослин жита.

Станом на завершення осінньої вегетації в 2025 р. рослини жита озимого демонстрували добрі морфофізіологічні показники, що є свідченням сприятливих умов вирощування у передзимовий період. Згідно з даними табл. 6, абсолютно суха маса надземної частини однієї рослини становила в межах 3,10–3,25 г, що вказує на інтенсивне накопичення біомаси впродовж осіннього періоду росту.

Коренева система як основа забезпечення рослини водою і поживними речовинами також була добре сформована – її абсолютно суха маса досягала 4,0–4,5 г, що свідчить про ефективний розвиток підземної частини рослини та створення запасу ресурсів для подальшого весняного відновлення вегетації. На момент

припинення ростових процесів у середньому на одній рослині формувалося 4,0–4,5 пагонів, що є показником активного кущіння, а також 8,0–9,0 листків, які відіграють ключову роль у процесі фотосинтезу та акумуляції органічних речовин. Середня висота рослин у цей період варіювала від 21,3 до 22,7 см, що характерно для повноцінно сформованих рослин перед входженням у зимовий період спокою. Особливо важливою з точки зору зимостійкості є концентрація цукрів у вузлах кущіння, яка у 2025 р. досягала 22,7–23,5 %. Такий рівень вуглеводів є ознакою високої морозостійкості та здатності рослин ефективно переносити низькі температури впродовж зимового періоду. Таким чином, за результатами обліків, жито озиме у 2025 р. увійшло в зиму в добре розвиненому фізіологічному стані, що забезпечило потенціал для високого рівня перезимівлі та подальшої продуктивності навесні.

6. Порівняльна характеристика рослин жита озимого за сортовою ознакою на момент завершення осінньої вегетації у 2025 р.

Показник	Сорт				Середнє
	Левітан	Верша	Вальс	Айвенго	
Абсолютно суха маса рослини, г	3,12	3,25	3,22	3,10	3,17
Абсолютно суха маса кореневої системи, г	0,41	0,43	0,42	0,40	0,42
Кількість пагонів на одній рослині, шт.	4,0	4,5	4,3	4,0	4,2
Кількість листків на одній рослині, шт.	8,1	9,0	9,7	8,0	8,7
Висота рослин, см	21,3	22,2	22,7	21,9	22,0
Вміст цукрів у вузлах кущіння, %	22,7	23,1	23,5	22,9	23,1

Розвиток рослин жита озимого в осінній період значною мірою залежав від агрокліматичних умов сезону, зокрема температурного режиму, кількості атмосферних опадів та тривалості осінньої вегетації. Як свідчать дані табл. 7, у 2023 р. зафіксовано найсприятливіші умови для росту і розвитку посівів, що знайшло своє відображення у вищих морфометричних показниках рослин. Ключовим фактором, який забезпечив посилений розвиток рослин у цей період, була підвищена сумарна температура повітря за період

осінньої вегетації, яка становила на 225 °С більше порівняно з іншими роками спостережень. Це сприяло активнішому перебігу фізіолого-біохімічних процесів, зокрема фотосинтезу, накопиченню пластичних речовин та закладенню вузлів кущіння. Збільшена кількість опадів (на 18,5 мм понад багаторічну норму) забезпечила оптимальний рівень зволоження ґрунту та поліпшила умови для формування кореневої системи. Довша тривалість осіннього вегетаційного періоду (51 добу) дала змогу рослинам пройти всі

потрібні фази розвитку до настання зимового спокою. Таке поєднання помірно теплої, вологозабезпеченої та тривалої осені створило оптимальні умови для формування добре розвинених рослин із

потужною кореневою системою та достатнім запасом вуглеводів у вузлах кушіння, що у свою чергу стало запорукою високої перезимівлі та подальшої продуктивності.

7. Середні морфологічні показники сортів жита посівного (озимого) за період сходи – припинення осінньої вегетації (I декада вересня – II листопада 2023–2025 рр.)

Показник	Рік			Середнє
	2023	2024	2025	
Абсолютно суха маса рослини, г	3,52	2,87	3,17	3,19
Абсолютно суха маса кореневої системи, г	0,47	0,45	0,42	0,45
Кількість пагонів на одній рослині, шт.	5,3	3,3	4,2	4,3
Кількість листків на одній рослині, шт.	10,6	7,6	8,7	9,0
Висота рослин, см	23,9	20,2	22,0	22,0
Вміст цукрів у вузлах кушіння, %	25,9	22,2	23,1	23,7

Висновки. Дружні і рівномірні сходи жита озимого у дослідах забезпечувалися високою посівною якістю дозозового насіння. Польова схожість була високою – від 95,0 до 98,4 %, зі стабільними показниками в сортів (96,5–96,9 %) та недостовірною різницею між ними. Це свідчить про надійність посівного матеріалу і його здатність забезпечувати успішний старт росту культури, особливо в умовах змінного клімату.

У 2023 р. осінній період для жита озимого характеризувався підвищеною сумою середньодобових температур (499,7 °С), що більше за середньобагаторічний показник на

189,7 °С, та надлишком опадів (153,5 мм за норми 90 мм), що спричинило перезволоження ґрунту, однак негативного впливу на ріст і розвиток рослин не спостерігали. Тривалість осінньої вегетації становила 51 добу.

Висока концентрація цукрів (25,4–26,3 %) у вузлах кушіння жита озимого у 2023 р. є свідченням доброго фізіологічного стану рослин на момент входження в зиму. Такий рівень вуглеводів характеризує сорти як морозостійкі та здатні ефективно адаптуватися до стресових умов зимового періоду, включаючи низькі температури та можливі відлиги.

Список використаної літератури

- Білявська Л. Г., Білявський Ю. В. Сучасний стан насінництва жита озимого в Україні. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 67–73. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2021/02/visnyk2021-2.pdf> (дата звернення: 12.12.2025).
- Білявський Ю. В., Білявська Л. Г., Сокирко М. П. Сортозміна в досліді «Беззмінне вирощування жита озимого». *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 100–106. DOI: 10.31210/visnyk2022.02.11.
- Боровик С. О. Наукові основи технології вирощування жита озимого. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 22–28. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.3>.
- Волошчук О. П., Дитцо О. В. Польова схожість насіння жита озимого залежно від агрометеорологічних чинників в умовах Західного

References

- Biliavska L. H., Biliavskiy Yu. V. Current status of winter rye seed production in Ukraine. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2021. No. 2. P. 67–73. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2021/02/visnyk2021-2.pdf> (last accessed: 12.12.2025).
- Biliavskiy Yu. V., Biliavska L. H., Sokyрко M. P. Varietal change in the experiment «Constant cultivation of winter rye». *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2022. No. 2. P. 100–106. DOI: 10.31210/visnyk2022.02.11.
- Borovyk S. O. Scientific foundations of winter rye growing technology. *Ahrarni innovatsii*. 2023. No. 21. P. 22–28. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.3>.
- Voloshchuk O. P., Dytso O. V. Field germination of winter rye seeds depending on agrometeorological factors in the conditions of the Western Forest-Steppe.

Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (II). С. 36–41. URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/wp-content/uploads/zbirnik/58-2ua/7.pdf> (дата звернення: 12.12.2025).

5. Волощук О. П., Дицьо О. В. Формування урожайності жита озимого у Західному Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2014. Вип. 56 (I). С. 22–26.

6. Гриценко О. Ю. Урожайність сортів жита озимого за органічного виробництва в Поліссі України. *Наукові горизонти*. 2020. № 02 (87). С. 38–42. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-87-02-38-42.

7. Ефективність вирощування жита озимого на осушуваних ґрунтах Полісся в умовах змін клімату / С. М. Рижук та ін. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8 (821). С. 73–78. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2021_08_09.pdf (дата звернення: 10.12.2025).

8. Захарчук О. В. Теоретико-методологічні та практичні основи функціонування ринку сортів рослин. Київ : АЛЕФА, 2009. 430 с.

9. Комплексна оцінка сортів жита озимого за вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України / І. С. Волощук та ін. Львів : Сполом, 2017. 228 с.

10. Мазур З. О. Особливості реакції потенціалу продуктивності гібридів жита озимого (*Secale cereale* L.) на агрокліматичні умови Центрального Лісостепу України. *Зернові культури*. 2022. Т. 6, № 1. С. 48–56. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0206>.

11. Марченко О. М., Оробчук М. Г. Вирощування жита в контексті продовольчої та екологічної безпеки України. *Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ. Серія економічна*. 2022. № 1. С. 20–29. DOI: <https://doi.org/10.32782/2311-844X/2022-1-3>.

12. Методика польового дослідження (зрошене землеробство) : навч. посіб. / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Грін Д. С., 2014. 448 с.

13. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні / за ред. Ткачик С. О. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 129 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e660408703.pdf> (дата звернення: 10.12.2025).

14. Оптимізація елементів технології вирощування гібридного жита в умовах Полісся / В. В. Мойсієнко та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 3. С. 66–73. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.08>.

15. Островий С. В. Жито посівне (озиме) – недооцінена у виробництві культура. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75 (2). С. 112–123. DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-10.

16. Польовий А. М., Барсукова О. А. Вплив змін клімату на ріст озимого жита в осінній період в Житомирській області. *Інноваційні розробки в*

Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo. 2015. Issue 58 (II). P. 36–41. URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/wp-content/uploads/zbirnik/58-2ua/7.pdf> (last accessed: 12.12.2025).

5. Voloshchuk O. P., Dytso O. V. Formation of winter rye yield in the Western Forest-Steppe. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*. 2014. Issue 56 (I). P. 22–26.

6. Hrytsenko O. Yu. Yield of winter rye varieties under organic production in Polissya, Ukraine. *Naukovi horizonty*. 2020. No. 02 (87). P. 38–42. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-87-02-38-42.

7. Efficiency of growing winter rye on drained soils of Polissya under climate change conditions / S. M. Ryzhuk et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2021. No. 8 (821). P. 73–78. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2021_08_09.pdf (last accessed: 10.12.2025).

8. Zakharchuk O. V. Theoretical, methodological and practical foundations of the functioning of the plant variety market. Kyiv : Alefa, 2009. 430 p.

9. Comprehensive assessment of winter rye varieties for cultivation in soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine / I. S. Voloshchuk et al. Lviv : Spolom, 2017. 228 p.

10. Mazur Z. O. Peculiarities of the response of the productivity potential of winter rye hybrids (*Secale cereale* L.) to the agroclimatic conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Zernovi kultury*. 2022. Vol. 6, no. 1. P. 48–56. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0206>.

11. Marchenko O. M., Orobchuk M. H. Rye cultivation in the context of food and environmental security of Ukraine. *Naukovyi visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu vnutrishnikh sprav. Seriya ekonomichna*. 2022. No. 1. P. 20–29. DOI: <https://doi.org/10.32782/2311-844X/2022-1-3>.

12. Field experiment methodology (irrigated agriculture) : navch. posib. / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Hrin D. S., 2014. 448 p.

13. Methodology for conducting an examination of plant varieties of the ornamental, medicinal, essential oil, and forest groups for suitability for distribution in Ukraine / za red. Tkachyk S. O. 2-he vyd., vypr. i dop. Vinnytsia : FOP Korzun D. Yu., 2017. 129 p. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e660408703.pdf> (last accessed: 10.12.2025).

14. Optimization of elements of hybrid rye growing technology in the conditions of Polissya / V. V. Moisiienko et al. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2021. No. 3. P. 66–73. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.08>.

15. Ostroviy S. V. Rye seed (winter) – an undervalued crop in production. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*. 2024. Issue 75 (2). P. 112–123. DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-10.

16. Poliovyi A. M., Barsukova O. A. The impact of climate change on the growth of winter rye in the autumn period in the Zhytomyr region. *Innovatsiini rozrobky v tekhnolohiiakh vyroshchuvannia*

технологіях вирощування сільськогосподарських культур : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі (м. Біла Церква, 27 берез. 2025 р.). Біла Церква : БНАУ, 2025. С. 195–198.

17. Ринок сортів і насіння : навч. посіб. / О. В. Захарчук та ін. Київ : НУБіП України, 2024. 271 с.

18. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Визначення температурного режиму для формування активної колекції вихідного селекційного матеріалу жита озимого. *Агробіологія*. 2017. № 1. С. 68–73. URL: https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visiony/agrobiologiya/ruabovol_1_2017.pdf (дата звернення: 10.12.2025).

19. Brasetto hybrid winter rye / P. Wilde et al. *Canadian Journal of Plant Science*. 2018. Vol. 98. P. 195–198. DOI: 10.1139/cjps-2016-0382.

20. Effectiveness of time of sowing and cultivar choice for managing climate change: wheat crop phenology and water use efficiency / Q. Luo et al. *International journal of biometeorology*. 2018. Vol. 62, issue 6. P. 1049–1061. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1508-4>.

silskohospodarskykh kultur : materialy VI Mizhnar. nauk.-prakt. konf., prysviach. vydatnym vchenym Vasylykivskomu S. P. i Molotskomu M. Ya. – zasnovnykam naukovoї shkoly z selektsii ta nasinnytstva pshenytsi i kartopli (m. Bila Tserkva, 27 berez. 2025 r.). Bila Tserkva : BNAU, 2025. P. 195–198.

17. Varieties and seeds market : a study guide / O. V. Zakharchuk et al. Kyiv : NUBiP Ukrainy, 2024. 271 p.

18. Riabovol Ya. S., Riabovol L. O. Determination of the temperature regime for the formation of an active collection of winter rye breeding material. *Ahrobiologia*. 2017. No. 1. P. 68–73. URL: https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visiony/agrobiologiya/ruabovol_1_2017.pdf (last accessed: 10.12.2025).

19. Brasetto hybrid winter rye / P. Wilde et al. *Canadian Journal of Plant Science*. 2018. Vol. 98. P. 195–198. DOI: 10.1139/cjps-2016-0382.

20. Effectiveness of time of sowing and cultivar choice for managing climate change: wheat crop phenology and water use efficiency / Q. Luo et al. *International journal of biometeorology*. 2018. Vol. 62, issue 6. P. 1049–1061. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1508-4>.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-7

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.854.78:631.5:631.8

ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЗАБУР'ЯНЕНOSTІ ДЛЯ МАКСИМІЗАЦІЇ ВМІСТУ ОЛІЇ У СОНЯШНИКУ***М. В. Кривулько**

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН
пр. Юності, 16, м. Вінниця,
21100

Про авторів:

Михайло КРИВУЛЬКО,
аспірант
ORCID: 0000-0002-0339-0441

Для листування:

Михайло КРИВУЛЬКО
e-mail: Kryvulko96@ukr.net

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних наук України

Отримано:

16 лютого 2026 р.

Погоджено до друку:

16 березня 2026 р.

Опубліковано:

31 березня 2026 р.

Мета – комплексна оцінка впливу ключових технологічних елементів вирощування, зокрема різних систем захисту від бур'янів, на формування врожайності та рівня олійності насіння гібридів соняшнику в умовах Правобережного Лісостепу. Дослідження виконано у двофакторному польовому експерименті з комплексними обліками. У статті представлено результати наукових досліджень щодо ефективності виробничих систем вирощування соняшнику протягом 2020–2022 рр. У цій роботі досліджено вплив ключових елементів технології вирощування, зокрема системи захисту від бур'янів, на продуктивність та якісні показники використання гібридів соняшнику в умовах Лісостепу Правобережного. Встановлено, що ефективний контроль бур'янів у гербокритичний період (40–50 днів від сходів) є визначальним фактором для реалізації генетичного потенціалу гібридів соняшнику щодо формування врожайності та накопичення олії в насінні. Наведено експериментальні дані про вплив кліматичних умов та організованих факторів на формування високої олійності насіння у гібридів соняшнику. Доведено, що комплексні системи, що включають захист як агротехнічні, так і хімічні заходи, забезпечують оптимальні умови для розвитку рослин, підвищуючи їхню фотосинтетичну активність, рівень урожайності на 25–35 % і вміст олії на 2–4 % порівняно з контрольними варіантами. Встановлено важливість оптимізації елементів технології вирощування для максимізації економічної ефективності вирощування соняшника та покращення якісних характеристик його продукції. Розробка оптимальної стратегії контролю бур'янів потребує врахування онтогенетичних характеристик гібридів соняшнику та гідротермічних ресурсів регіону. Встановлено, що генотип культури, система захисту від бур'янів та наявні гідротермічні умови є основними чинниками, які визначають рівень олійності насіння соняшнику.

Ключові слова: соняшник (*Helianthus annuus* L.), олійність насіння, системи контролю забур'яненості, гербіцидний захист, продуктивність, Правобережний Лісостеп.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

*Науковий керівник – доктор с.-г. наук, професор, академік НААН Василь Петриченко.

© Кривулько М. В., 2026

Effectiveness of various weediness control systems for maximizing oil content in sunflower

Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya NAAS
Yunosti Ave., 16, Vinnytsia village,
21100

About authors:

Mykhailo KRYVULKO
ORCID: 0000-0002-0339-0441

For corresponding:

Mykhailo KRYVULKO
e-mail: Kryvulko96@ukr.net

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

February 16, 2026

Accepted:

March 16, 2026

Published:

March 31, 2026

The purpose of the scientific research is a comprehensive assessment of the impact of key cultivation elements, particularly weed protection systems, on yield formation and seed oil content of sunflower hybrids in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. A two-factor field experiment with systematic observations and comprehensive accounting was conducted during 2020–2022 to evaluate the influence of technological practices and environmental factors on crop productivity and quality indicators. The research established that effective weed control during the critical herbicide period (40–50 days after emergence) is decisive for realizing the genetic potential of sunflower hybrids. Proper management of weed competition significantly affects plant growth, yield formation, and oil accumulation in seeds. The study confirmed that hydrothermal conditions of the growing season substantially modify the efficiency of applied cultivation technologies. Integrated protection systems combining agrotechnical and chemical measures created favorable conditions for crop development, enhanced photosynthetic activity, improved nutrient uptake, and strengthened crop competitiveness. Compared with control treatments, these systems increased seed yield by 25–35 % and oil content by 2–4 %. The findings demonstrate the necessity of optimizing technological elements to improve economic returns and ensure stable production of high-quality sunflower seeds. The development of an optimal weed control strategy requires consideration of the biological characteristics of hybrids and regional hydrothermal resources. Crop genotype, weed protection system, and climatic conditions are the main factors determining sunflower productivity and seed oil content.

Keywords: sunflower (*Helianthus annuus* L.), seed oil content, weed control systems, herbicidal protection, productivity, Right-Bank Forest-Steppe.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Зростаюча потреба у високоякісній рослинній олії та необхідність підвищення ефективності виробництва соняшнику в умовах кліматичних змін і ресурсних обмежень зумовлюють важливість комплексного аналізу факторів, що визначають олійність насіння [7]. Вміст олії є ключовим показником якості й економічної цінності культури, а тому потребує наукового обґрунтування залежностей від елементів технології вирощування – вибору гібридів, строків сівби, густоти стояння, ширини міжрядь, удобрення та системи обробітку ґрунту [12]. Виробнича практика свідчить про суттєву варіабельність цього показника під впливом технологічних параметрів, що

потребує їх оптимізації з урахуванням регіональних агрокліматичних умов [9]. Комплексне дослідження дає змогу сформувати ефективні технологічні рішення, спрямовані на підвищення якісних характеристик насіння, стабільності врожайності та рентабельності виробництва, що є важливим чинником конкурентоспроможності олійного сектору аграрної економіки.

Сьогодні соняшник є стратегічною культурою для України, яка є однією з найбільших виробників та експортерів соняшникової олії. Висока рентабельність, адаптивність до різних кліматичних умов та широкий спектр використання як сировини (для олії, кондитерських виробів), так і

побічної продукції (шрот, лушпиння) забезпечують його стабільну позицію в структурі посівних площ [10, 13]. Соняшник є хорошим попередником для озимих та ярих зернових культур, зокрема пшениці, ячменю та кукурудзи, оскільки забезпечує сприятливу фітосанітарну обстановку й ефективне використання ґрунтової вологи [20].

На території України соняшник посідає домінантне положення серед олійних культур, охоплюючи приблизно 65 % їхньої структури, і характеризується високою економічною привабливістю. Протягом 2023/2024 маркетингового року обсяги переробки насіння соняшнику в Україні перевищили 15 млн т. У глобальному виробництві олійних культур соняшник становить 8 % або близько 27 млн га посівних площ, більша частина яких локалізована в Європі (60 %) та Азії (20 %). Найбільші посівні площі цієї культури відзначено в Україні (5,2 млн га), Аргентині (3,4 млн га), Індії (2,2 млн га) та США (1,4 млн га) [10, 19].

В умовах сучасних агротехнологічних систем України генетичний потенціал продуктивності гібридів соняшника сягає 5,5–6,0 т/га [8, 21]. Проте, рівень реалізації зазначеного потенціалу значною мірою детермінований комплексом чинників. До них належать погодні умови, дотримання сівозміни, оптимізоване мінеральне живлення та вплив шкочинних організмів, зокрема паразитичної рослини вовчок звичайний (*Orobanche cumana* Wallr). Літературні дані свідчать, що зниження врожайності насіння соняшнику, спричинене незбалансованістю агротехнічних факторів та впливом шкідників, може сягати 35 %. За несприятливих для розвитку культури обставин та сприятливих для поширення фітопатогенів умов, втрати врожаю від ураження білою (*Sclerotinia sclerotiorum*) та сірою (*Botrytis cinerea*) гнилями здатні перевищувати 70 % [26].

На цьому тлі особливої ваги набуває аналіз наукових джерел, що розкривають роль окремих елементів технології у

формуванні якісних характеристик продукції, зокрема олійності насіння. М. В. Минків [23] зауважує, що ефективність елементів технології вирощування – насамперед вибір попередника, система обробітку ґрунту та оптимізоване мінеральне живлення – безпосередньо визначають рівень продуктивності соняшника післязливних посівів, а отже, і вміст олії в його насінні.

Дослідження Г. Пінковського та С. Танчика засвідчило, що оптимізація строків сівби та густоти стояння рослин залежно від кліматичних умов і біологічних особливостей гібридів є ключовим фактором підвищення продуктивності соняшнику та поліпшення якісних показників насіння, зокрема вмісту олії [24]. Вони доводять, що урожайність і олійність насіння істотно варіюють під впливом густоти посіву, погодних умов і генетичних характеристик гібридів. На думку В. Мазура та О. Колісник [22] раціональне поєднання ширини міжрядь і густоти стояння рослин суттєво впливає на структурні показники урожаю соняшнику, які безпосередньо визначають його якість, зокрема вміст олії. Дослідники підкреслюють, що оптимальна густина 70 тис./га та ширина міжрядь 45–70 см забезпечують найбільш сприятливі умови для формування маси насіння і стабільного рівня його олійності.

Поряд з цим, науковці НААН України вважають, що бур'яни є головною перешкодою для реалізації генетичного потенціалу соняшника, особливо на початку вегетації, коли конкурентоспроможність рослин соняшника низька [2, 7].

Бур'яни є одним із найсерйозніших факторів, що обмежують продуктивність соняшника [25]. Вони конкурують з культурними рослинами за світло, вологу, поживні речовини та простір. Особливо відчутною є конкуренція на початкових етапах розвитку соняшника, коли він зростає повільніше, ніж великі бур'яни. Цей період, відомий як гербокритичний, триває 40–50 днів від появи повних сходів до фази

зірочки або початку утворення кошика [1, 2]. За умови високої забур'яненості втрати врожаю можуть сягати 30–70 % і більше. При цьому знижується не лише кількість урожаю, а й його якісні показники, оскільки рослини соняшника, які перебувають у стресовому стані через конкуренцію, не можуть повною мірою синтезувати та накопичувати жири. Вони віддають перевагу формуванню вегетативної маси або просто виснажуються [15, 16].

Оптимальне накопичення жиру в насінні є результатом взаємодії генетичного потенціалу гібрида з умовами середовища та елементами технології вирощування [11]. Таким чином, оптимізація всіх елементів технології вирощування є запорукою виробництва не тільки високого врожаю, а й високого вмісту жиру, що є основним критерієм при вирощуванні олійного соняшника.

Мета дослідження – порівняльна оцінка впливу ключових елементів технології вирощування, зокрема різних видів захисту соняшника від бур'янів, на формування врожайності та вмісту жиру в насінні гібридів соняшника в умовах Лісостепу Правобережного.

Матеріали і методи. Дослідження проводилися протягом 2020–2022 рр. в умовах ФГ «Кривулька В. С.», розташованого у Вінницькій області, що

належить до Лісостепової зони Правобережної України. Ґрунти дослідної ділянки – чорноземи типові малогумусні, легкосуглинкові. Агрохімічний аналіз ґрунту перед закладанням дослідження показав: вміст гумусу – 3,2–3,6 %, легкогідролізованого азоту – 120–140 мг/кг, рухомого фосфору – 150–180 мг/кг, обмінного калію – 180–200 мг/кг (за методом Чирікова). Вирощування соняшнику здійснювали на єдиному для всіх варіантів фоні мінерального живлення. Для забезпечення рослин поживними речовинами та створення оптимального агрофону під основний обробіток ґрунту вносили комплексні мінеральні добрива (нітроамофоску) у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Економічну ефективність застосовуваних систем вирощування розраховували за загальноприйнятими методиками на основі технологічних карт. При розрахунках враховували прямі витрати на насіннєвий матеріал, пестициди, добрива, виконання технологічних операцій, а також фактичну врожайність та актуальні закупівельні ціни на товарне насіння соняшника. Об'єктом дослідження були сучасні гібриди олійного соняшника НК Конді, НК Неома, Суміко HTS [19]. Особливості росту і розвитку гібридів соняшника досліджували у двофакторному польовому досліді (табл. 1).

1. Схема двофакторного польового досліді

Гібрид	Характеристика
Фактор А – гібриди соняшнику селекції компанії Сингента	
НК Конді	інтенсивний, середньостиглий гібрид, напрям вирощування класичний
НК Неома	інтенсивний, середньостиглий гібрид, напрям вирощування Clearfield
Суміко HTS	інтенсивний, середньоранній гібрид, напрям вирощування HTS (Express)
Фактор В – система захисту рослин від бур'янів	
Контроль	–
Традиційна	діюча речовина ацетохлор, 900 г/л
Євро-лайтінг	д.р. – ізамір 15 г/л, імазамокс 33 г/л для гібриду НК Неома
Експрес	д.р. трибенурол-метил, 750 г/кг) + Харума (д.р. хізалофон-П-етил, 125 г/л) для гібриду Суміко HTS
Нова синтетична	(Геліантекс (д.р. галауксифен-метил + Харума) для НК Конді
Екологічна	боронування + міжрядне рихлення

Площа дослідної ділянки становила 72,8 м², а облікової – 36,4 м². Польові досліді закладали за методом розщеплених ділянок з тричі повтореними варіантами. Упродовж вегетації соняшника здійснювали систематичні обліки та спостереження, зокрема:

– фенологічні спостереження: фіксували дати настання основних фаз розвитку рослин – від сходів до формування 2–4–6 пар справжніх листків, бутонізації, цвітіння та дозрівання насіння;

– облік забур'яненості: проводили двічі – на початку гербокритичного періоду (4–6 листків соняшнику) та перед збиранням урожаю. Враховували видовий склад бур'янів, їхню чисельність (шт./м²) та сиру масу (г/м²);

– біометричні показники: визначали висоту рослин, діаметр кошика, кількість насіння в кошику та масу 1000 насінин на етапах повного дозрівання;

– облік урожайності: здійснювався прямим комбайнуванням облікових ділянок з подальшим перерахунком на 100 % чистоту та стандартну вологість насіння (7–8 %);

– визначення вмісту олії в насінні: зразки насіння з кожного варіанту та повторності аналізували на вміст сирого жиру методом Сокслета у лабораторних умовах.

Отримані дані обробляли методом дисперсійного аналізу за Б. Доспеховим (1985) [6] з використанням ліцензійного програмного забезпечення Statistica. Визначили середнє значення, стандартні відхилення та мінімальну істотну різницю для оцінки достовірності відмінностей між варіантами [4].

Результати та обговорення.

Проведені дослідження переконливо засвідчили значний вплив систем управління забур'яненістю на продуктивність насіння соняшнику. Середньорічна урожайність культури становила $3,28 \pm 0,08$ т/га, проте спостерігалися суттєві флуктуації за роками: 2,30 т/га у 2020 р., 4,26 т/га у 2021 р. та 3,29 т/га у 2022 р. Всі апробовані

системи гербіцидного захисту посівів соняшнику продемонстрували статистично значуще перевищення показників порівняно з контрольним варіантом (без застосування гербіцидів). Зокрема, традиційна система ($3,64 \pm 0,68$ т/га для НК Конді), система Євро-лайтінг ($3,10 \pm 0,58$ т/га для НК Неома) та система Експрес ($3,56 \pm 0,62$ т/га для Суміко HTS) виявили вищий рівень продуктивності. Хоча екологічний підхід до контролю бур'янів також сприяв підвищенню урожайності насіння соняшнику порівняно з контролем, його ефективність була нижчою, ніж у досліджених інтенсивних виробничих систем. Ці результати підкреслюють першочергову важливість раціонального вибору гібридів у поєднанні з адекватними технологіями управління забур'яненістю для максимізації врожайності соняшнику [1, 16].

Крім того, дослідження акцентують увагу на необхідності адаптації системи захисту сільськогосподарських культур до актуальних метеорологічних умов. У випадку з гібридом НК Конді, інтенсивна програма захисту виявилася ефективною лише за сприятливих погодних обставин. Для гібриду НК Неома, система Євро-лайтінг продемонструвала меншу ефективність порівняно з традиційними та екологічними методами боротьби з бур'янами. Отримані дані є цінним джерелом інформації для формування оптимальної стратегії культивування соняшнику, враховуючи як індивідуальні генетичні особливості гібридів, так і потенційні кліматичні ризики конкретного агро регіону.

Однак, важливо отримати максимальну кількість сухої речовини. Адже вміст олії та інших цінних компонентів у насінні соняшнику є кількісними показниками, які підтверджують економічну цінність врожаю. Високий вміст олії у насінні забезпечує вищий прибуток при вирощуванні соняшнику [19].

Тому, для повної оцінки ефективності вирощування соняшнику, дослідження

необхідно включати комплексний аналіз не лише загального накопичення сухої речовини та урожайності, але й її компонентного складу, незалежно від

факторів інтенсифікації, таких як внесення добрив, застосування засобів захисту рослин чи використання певних технологій вирощування (табл. 2).

2. Уміст олії у насінні гібридів соняшнику за різних виробничих систем вирощування, %

Гібриди соняшнику	Система захисту рослин від бур'янів	Роки			Середнє (M ± m)
		2020	2021	2022	
НК Конді	контроль	48,4	50,1	50,1	49,5±0,6
	традиційна	50,9	54,1	51,9	52,3±1,0
	нова синтетична	50,5	52,3	51,1	51,3±0,5
	екологічна	50,2	53,4	51,4	51,7±0,9
НК Неома	контроль	48,5	50,1	49,9	49,5±0,5
	традиційна	49,9	52,3	50,7	51,0±0,7
	Євро-лайтінг	49,8	53,5	50,1	51,1±1,2
	екологічна	50,1	53,7	51,1	51,6±1,1
Суміко HTS	контроль	49,1	50,4	50,1	49,8±0,4
	традиційна	50,2	54,6	52,1	52,3±1,3
	Експрес	51,1	55,5	52,5	53,1±1,3
	екологічна	50,3	54,1	51,8	52,0±1,1
Середнє, M ± m		49,9 ± 0,2	52,8 ± 0,5	52,8 ± 0,3	51,1 ± 0,3
НІР		0,8	1,6	0,8	1,0

Такий комплексний підхід дозволить виявити найбільш ефективні методи підвищення не лише обсягу врожаю, але й його якісних характеристик, забезпечуючи максимальну економічну вигоду. Фактори інтенсифікації можуть впливати на різні аспекти накопичення сухої речовини, і аналіз компонентного складу допоможе зрозуміти ці впливи та оптимізувати технологію вирощування для досягнення найкращих результатів.

Дослідження, проведені протягом 2020–2022 рр., виявили помітні коливання у вмісті олії в досліджуваному насінні. Зокрема, у 2021 та 2022 рр. було зафіксовано високий вміст олії, який становив $52,8 \pm 0,2$ %. Варто зазначити, що у 2020 р. цей показник був суттєво нижчим.

Для більш глибокого аналізу, ми розраховали середні показники вмісту олії в насінні за три роки спостережень. Результати показали, що ділянки, на яких застосовувалася Експрес система захисту рослин від бур'янів, демонстрували найвищий вміст олії. На варіантах з традиційною або екологічною системою

захисту, вміст жиру був практично однаковим і знаходився в межах 51,8 %. Деяко нижчі показники спостерігалися на ділянках, де використовувалася Нова синтетична система – вміст олії не перевищував 51,3 %. Найнижчий вміст олії, 49,6 %, був зафіксований на контрольних ділянках, де не застосовувалися системи захисту рослин (рис. 1).

Отримані результати підкреслюють багатогранність процесу вирощування соняшника та потребують комплексного підходу до управління ефективними факторами. Вплив гібриду, хоч і значний (31 %), однак не є домінуючим. Це означає, що навіть при виборі високоврожайного гібриду його потенціал може бути реалізований не повністю, якщо не оптимізовані інші агротехнічні заходи. Генетичний потенціал гібриду – це лише фундамент для отримання високого врожаю. Вкрай важливо забезпечити специфіку регіону, тип ґрунту, а також наявність доступних ресурсів при виборі конкретного гібриду для вирощування.

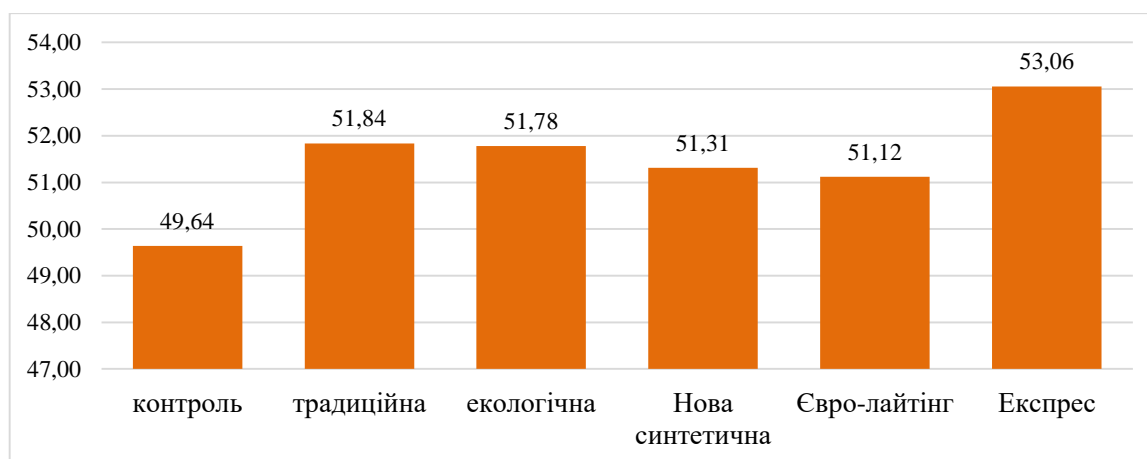


Рис. 1. Гістограма вмісту олії в насінні соняшника залежно від виробничої системи його вирощування, %

Більш вагомим фактором, згідно з результатами наших досліджень, є система захисту рослин від бур'янів (38 %). Бур'яни є серйозними конкурентами соняшнику за ресурси, такі як вода, поживні речовини та сонячне світло. Вони можуть не тільки зменшити врожайність, але й погіршувати якість олії [1]. Тому застосування гербіцидів, вибір яких обґрунтовується видовим складом бур'янів та фазою розвитку соняшника, є важливою умовою та рекомендацією для виробників.

Значний вплив гідротермічних умов (21 %) підкреслює залежність соняшника від кліматичних факторів. Соняшник – культура теплолюбна та посухостійка, але для формування високого врожаю потребує достатньої кількості вологи, особливо в період цвітіння та наливу [14]. Нерівномірний розподіл опадів під час вегетаційного періоду, тривалі періоди посухи або, навпаки, сильна вологість, може суттєво впливати на врожайність та олійність. В умовах зміни клімату, прогнозування та управління ризиками, пов'язаними з погодними умовами, стає особливо актуальним.

Висновки. Отже, оптимізація системи захисту від бур'янів, вибір відповідного гібриду, врахування

гідротермічних умов року, забезпечення рослин необхідними поживними речовинами дозволяє максимально реалізувати потенціал культури та підвищити рентабельність виробництва для досягнення високих показників врожайності та олійності соняшнику. Найбільш ефективною для підвищення якісних показників насіння соняшника виявилась система Експрес (на гібриді Суміко НТС), що забезпечувала максимальний вміст олії – $53,1 \pm 1,3$ %.

Системи захисту, такі як Традиційна та Екологічна, продемонстрували порівнянно високий вплив на вміст олії (51,8–52,3 %), підтверджуючи ефективний контроль бур'янів та покращуючи умови для ліпідного обміну рослин соняшнику.

Подальші дослідження із соняшником можуть бути спрямовані на розширення уявлення щодо взаємодії між організованими факторами, а також на розробку інноваційних технологій його вирощування, адаптованих до конкретних гідротермічних умов Лісостепу України. Це, у свою чергу, сприятиме зміцненню продовольчої безпеки України та підвищенню конкурентоспроможності вітчизняного аграрного виробництва в умовах воєнного стану.

Список використаної літератури

1. Біологічна врожайність високо олійного соняшнику залежно від ґрунтового та позакореневого удобрення / Р. А. Гутянський та ін. *Вісник аграрної науки*. 2025. № 7 (868). С. 39–47. DOI:

References

1. Biological yield of high-oleic sunflower depending on soil and foliar fertilization / R. A. Hutianskyi et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2025. No. 7 (868). P. 39–47. DOI:

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202507>.

2. Войтовик М. В. Забур'яненість агроценозів соняшнику в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (1). С. 8–21. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(74\)-1-1](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-1-1).

3. Економічні засади виробництва нішевих сільськогосподарських культур : монографія / С. М. Рогач та ін. К. : «ЦП «КОМПРИНТ»», 2021. 657 с.

4. Лапач С. М., Губенко А. В., Бабіч П. М. Статистичні методи в медико-біологічних дослідженнях із застосуванням Excel. 2-е вид., перероб. і доп. Київ : MORION, 2001. 408 с.

5. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106. Ч. 1. С. 126–133. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-126-133>.

6. Методика наукових досліджень в агрономії : навчальний посібник / Е. Р. Ермантраут та ін. ; Харк. нац. аграрн. ун-т ім. С. В. Докучаєва. Х., 2008. 64 с.

7. Олійні культури в Україні: навчальний посібник / М. М. Гаврилюк та ін. ; за ред. В. Н. Салатенко. 2-ге вид. перероб. і допов. К. : Основа, 2008. 420 с.

8. Паламарчук В., Кричковський В. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від позакоренових підживлень. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 78 (1). С. 98–111. [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-1-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-1-9).

9. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. Львів, 2020. 806 с.

10. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>.

11. Результати вивчення показників продуктивності трилінійних гібридів соняшника та їхніх батьківських форм під впливом погодних умов / Н. М. Кутіщева та ін. *Зернові культури*. 2022. Том 6. № 2. С. 77–84. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0235>.

12. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. для студ. вищ. аграр. закл. освіти I–IV рівнів акредитації, що вивчають дисципліни «Рослинництво» / В. В. Лихочвор та ін. ; за ред. В. В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка. 4-те вид., доп. Львів : НВФ «Укр. технології», 2014. 806 с.

13. Соняшник за площами посівів у 2024 році перевершив кукурудзу на понад 1 млн га. URL: <https://superagronom.com/news/19027-sonyashnik-zaploschami-posiviv-u-2024-rotsi-perevershiv-kukurudzu-na-ponad-1-mln-ga>.

14. Тимчишин О. Ф., Рудавська Н. М. Соняшник: сучасний стан виробництва та вимоги до умов вирощування. *Агронаука і практика*. 2022.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202507>.

2. Voitovyk M. V. Weediness of sunflower agrocenoses in short-rotation crop rotations. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2023. Issue 74 (1). P. 8–21. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(74\)-1-1](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-1-1).

3. Economic principles of niche crop production: monograph / S. M. Rohach et al. K. : «TsP «KOMPRYNТ»», 2021. 657 p.

4. Lapach S. M., Hubenko A. V., Babich P. M. Statistical methods in biomedical research using Excel. 2-e vyd., pererob. i dop. Kyiv : MORION, 2001. 408 p.

5. Liubych V. V., Stotskyi O. V. Formation of oil content and yield from sunflower seeds under various technological measures. *Zbirnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu*. 2025. Issue 106. Ch. 1. P. 126–133. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-126-133>.

6. Methods of scientific research in agronomy: a textbook / E. R. Ermantraut et al. ; Khark. nats. ahrarn. un-t im. S. V. Dokuchaieva. X., 2008. 64 p.

7. Oilseed crops in Ukraine : a textbook / M. M. Havryliuk et al. ; za red. V. N. Salatenko. 2-he vyd. pererob. i dopov. K. : Osнова, 2008. 420 p.

8. Palamarchuk V., Krychkovskiy V. Productivity of sunflower hybrids depending on foliar fertilization. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2025. Issue 78 (1). P. 98–111. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-1-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-1-9).

9. Petrychenko V. F., Lykhochvor V. V. Crop production. New technologies for growing field crops : textbook. Lviv, 2020. 806 p.

10. Areas, gross yields and yields of agricultural crops by species and by region. State Statistics Service of Ukraine. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>.

11. Results of studying the productivity indicators of trilinear sunflower hybrids and their parental forms under the influence of weather conditions / N. M. Kutishcheva et al. *Zernovi kultury*. 2022. Vol. 6. No. 2. P. 77–84. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0235>.

12. Crop production. Technologies of growing agricultural crops: a teaching aid for students of higher agricultural education of I–IV levels of accreditation studying the disciplines "Crop production" / V. V. Lykhochvor et al. ; za red. V. V. Lykhochvora, V. F. Petrychenka. 4-te vyd., dop. Lviv : NVF «Ukr. tekhnolohii», 2014. 806 p.

13. Sunflowers surpassed corn in terms of planted area in 2024 by over 1 million hectares. URL: <https://superagronom.com/news/19027-sonyashnik-zaploschami-posiviv-u-2024-rotsi-perevershiv-kukurudzu-na-ponad-1-mln-ga>.

14. Tymchyshyn O. F., Rudavska N. M. Sunflower: current state of production and requirements for growing conditions. *Ahronauka i praktyka*. 2022. Issue 1. Ch. 2. P. 14–18. DOI: <https://doi.org/10.32636/agroscience.2022-1-2-2>.

15. Tkalych Yu. I. The influence of micro-fertilizers and plant growth stimulants on sunflower productivity

Вип. 1. Ч. 2. С. 14–18. DOI: <https://doi.org/10.32636/agrosience.2022-1-2-2>.

15. Ткаліч Ю. І. Вплив мікробобрив і стимуляторів росту рослин на продуктивність соняшнику у Північному Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. 23. С. 169–177.

16. Ткачук О. П., Бондарук Н. В. Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. *Аграрні інновації*. 2023. 18. С. 120–127. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.17>.

17. Шейко В. М., Кушнарєнко Н. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності : підручник. 3-тє вид., стер. Київ : Знання-Прес, 2003. 295 с.

18. Adeleke B. S., Babalola O. O. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Science & Nutrition*. 2020. Vol. 8. Issue 9. P. 4666–4684. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>.

19. Assessment of ecological plasticity and stability of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) in Ukrainian Steppe / O. A. Yeremenko et al. *Ukr. J. Ecol.* 8 (1), 289–296.

20. Formation of sunflower hybrid productivity by resource saving cultivation technologies in southern Ukraine / A. Drobitko et al. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2024. Vol. 28, no. 3. P. 9–18. DOI: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2024.09>.

21. Impact of mulch tillage and fertilization on growth and development of winter wheat plants in clean fallow in Northern Steppe of Ukraine / A. I. Tsyliuryk et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 7 (4). P. 511–516. DOI: 10.15421/2017_153.

22. Mazur V., Kolisnyk O. Influence of technological approaches of growing on sunflower seed productivity. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 5–15. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-4-1.

23. Mynkin M. V. Influence of the elements of sunflower cultivation technology on yield in post-harvest crops under irrigation in the South of Ukraine. *Таврійський науковий вісник*. № 136 (2). С. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.5>.

24. Pinkovskyi H., Tanchyk S. Productivity of sunflower hybrids depending on elements of technology of cultivation in the conditions of the right-bank steppe of Ukraine. *Relevant Trends of Scientific Research in the Countries of Central and Eastern Europe*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-002-5-48>.

25. The influence of basic tillage and fertilizer on weediness of sunflower crops / R. Gutyansky et al. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2021. Vol. 109, no. 1. P. 60–68. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092x/2021-1\(109\)-8](https://doi.org/10.31521/2313-092x/2021-1(109)-8).

26. The Study of the impact of Complex Fertilization on the Yield and Quality of flower Seeds (*Helianthus annuus* L.) by Component Analysis / F. Crista et al. *Agronomy*. 2023. 13 (8). P. 2059–2074. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082074>.

in the Northern Steppe of Ukraine. *Naukovo-tekhnichnyi biuletyn Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2016. 23. P. 169–177.

16. Tkachuk O. P., Bondaruk N. V. Factors of intensification and ecologization of sunflower cultivation. *Ahrarni innovatsii*. 2023. 18. P. 120–127. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.17>.

17. Sheiko V. M., Kushnarenko N. M. Organization and methodology of scientific research activities : textbook. 3-tie vyd., ster. Kyiv : Znannia-Pres, 2003. 295 p.

18. Adeleke B. S., Babalola O. O. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Science & Nutrition*. 2020. Vol. 8. Issue 9. P. 4666–4684. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>.

19. Assessment of ecological plasticity and stability of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) in Ukrainian Steppe / O. A. Yeremenko et al. *Ukr. J. Ecol.* 8 (1), 289–296.

20. Formation of sunflower hybrid productivity by resource saving cultivation technologies in southern Ukraine / A. Drobitko et al. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2024. Vol. 28, no. 3. P. 9–18. DOI: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2024.09>.

21. Impact of mulch tillage and fertilization on growth and development of winter wheat plants in clean fallow in Northern Steppe of Ukraine / A. I. Tsyliuryk et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 7 (4). P. 511–516. DOI: 10.15421/2017_153.

22. Mazur V., Kolisnyk O. Influence of technological approaches of growing on sunflower seed productivity. *Silke gospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2021. No. 4 (23). P. 5–15. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-4-1.

23. Mynkin M. V. Influence of the elements of sunflower cultivation technology on yield in post-harvest crops under irrigation in the South of Ukraine. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. No. 136 (2). P. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.5>.

24. Pinkovskyi H., Tanchyk S. Productivity of sunflower hybrids depending on elements of technology of cultivation in the conditions of the right-bank steppe of Ukraine. *Relevant Trends of Scientific Research in the Countries of Central and Eastern Europe*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-002-5-48>.

25. The influence of basic tillage and fertilizer on weediness of sunflower crops / R. Gutyansky et al. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2021. Vol. 109, no. 1. P. 60–68. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092x/2021-1\(109\)-8](https://doi.org/10.31521/2313-092x/2021-1(109)-8).

26. The Study of the impact of Complex Fertilization on the Yield and Quality of flower Seeds (*Helianthus annuus* L.) by Component Analysis / F. Crista et al. *Agronomy*. 2023. 13 (8). P. 2059–2074. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082074>.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-8

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.34:631.53.04:631.8:631.95:581.132

**СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ ТА АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ
ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОЇ****І. В. Лабунський, М. Б. Грабовський**

Білоцерківський національний
аграрний університет
пл. Соборна, 8/1, м. Біла Церква,
Київська обл., 09117

Про авторів:

Ігор ЛАБУНСЬКИЙ,
аспірант
ORCID: 0009-0009-3201-4064

Микола ГРАБОВСЬКИЙ,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-8494-7896

Для листування:

Микола ГРАБОВСЬКИЙ
e-mail: nikgr1977@gmail.com

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

23 січня 2026 р.

Погоджено до друку:

13 березня 2026 р.

Опубліковано:

31 березня 2026 р.

Наведено результати досліджень з вивчення впливу агротехнологічних заходів на зміну фотосинтетичних показників посівів сої. Встановлено, що серед досліджуваних сортів, вищі показники площі листової поверхні, індексу листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу формував сорт сої РЖТ Сайдіна, що свідчить про його вищий генетичний потенціал порівняно з сортом РЖТ Сальса. Передпосівна обробка насіння фунгіцидами та інокулянтами позитивно впливала на всі досліджувані фотосинтетичні показники. Найефективнішим для обох сортів виявився варіант досліду, де було застосовано фунгіциди «Максім XL» (1,0 л/т) + «Апрон XL» (0,5 л/т) + інокулянт «БіоМАГ Соя» (3 кг/т) для передпосівної обробки насіння у поєднанні з дворазовим позакореневим внесенням фунгіциду «Колосаль Про» (0,5 л/га) та мікродобрива «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) і «Квантум Бор Актив» (1,0 л/га) у фазах бутонізації та цвітіння. Площа листової поверхні у сортів РЖТ Сальса і РЖТ Сайдіна становила 23,1 і 24,6 тис. м²/га у фазу бутонізації, 32,5 і 35,3 тис. м²/га у фазу цвітіння та 28,7 і 32,7 тис. м²/га у фазу наливу бобів, а індекс листової поверхні – 2,29 і 2,44; 3,22 і 3,50 та 2,84 і 3,24 м²/м². Це свідчить про високу ефективність інтегрованої системи, яка поєднує хімічний захист насіння, інокуляцію, дворазове позакореневе живлення, а також захист у критичні фази розвитку рослин сої. Позакореневе застосування фунгіцидів і мікродобрив у фазах бутонізації та цвітіння забезпечувало не лише максимальне наростання листової поверхні, а й повільніше її зменшення у фазу наливу бобів, що вказує на подовження періоду активної роботи асиміляційного апарату. Подвійне внесення препаратів у фази бутонізації та цвітіння було ефективнішим за одноразове для обох сортів.

Ключові слова: соя, сорт, фунгіцид, інокулянт, мікродобриво, площа листової поверхні, індекс листової поверхні, фотосинтетичний потенціал.

Specific features of varieties and agrotechnological measures for the formation of photosynthetic indicators in soybeans

Bila Tserkva National Agrarian University
Soborna Square, 8/1, Bila Tserkva, Kyiv region, 09117

About authors:

Igor LABUNSKYI
ORCID: 0009-0009-3201-4064

Mykola GRABOVSKYI
ORCID: 0000-0002-8494-7896

For corresponding:
Mykola GRABOVSKYI
e-mail: nikgr1977@gmail.com

Funding information:
Ministry of Education and Science of Ukraine

Received:
January 23, 2026
Accepted:
March 13, 2026
Published:
March 31, 2026

The results of research of the influence of agrotechnological measures on changes in the photosynthetic indicators of soybean crops are presented. It was established that among the studied varieties, the RGT Saidina variety formed higher values of leaf area, leaf area index, and photosynthetic potential, indicating its superior genetic potential compared to the RGT Salsa variety. Pre-sowing seed treatment with fungicides and inoculants had a positive effect on all studied photosynthetic parameters. For both varieties, the most effective experimental treatment involved the application of the fungicides «Maxim XL» (1.0 l/t) + «Apron XL» (0.5 l/t) + «BioMAG Soya» inoculant (3 kg/t) for pre-sowing seed treatment, combined with a double foliar application of the fungicide «Colossal Pro» (0.5 l/ha) and microfertilisers «Intermag Molybden» (1.0 l/ha) and «Quantum Bor Actyv» (1.0 l/ha) during the budding and flowering phases. The leaf area for RGT Salsa and RGT Saidina reached 23.1 and 24.6 thousand m²/ha during the budding phase, 32.5 and 35.3 thousand m²/ha during the flowering phase, and 28.7 and 32.7 thousand m²/ha during the pod-filling phase, respectively. Correspondingly, the leaf area index values were 2.29 and 2.44, 3.22 and 3.50, 2.84 and 3.24 m²/m². This demonstrates the high efficiency of an integrated system that combines chemical seed protection, inoculation, and double foliar nutrition and protection during critical growth stages of soybean plants. The foliar application of fungicides and microfertilisers during the budding and flowering phases ensured not only the maximum increase in leaf area but also a slower reduction during the pod-filling phase, indicating an extension of the period of active assimilation. For both varieties, the double application of treatments during the budding and flowering phases proved to be more effective than a single application.

Keywords: soybean, variety, fungicide, inoculant, microfertiliser, leaf area, leaf area index, photosynthetic potential.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Соя (*Glycine max* L. Merr.) – одна з провідних білково-олійних культур у світовому сільському господарстві, яка характеризується високим вмістом протеїну та олії у насінні й широко використовується в харчовій і кормовій галузях. Вона відома своєю високою продуктивністю, прибутковістю та різноманітним використанням [33, 38]. Високі врожаї сої можливі лише за умови ефективного формування та функціонування фотосинтетичного апарату рослин, що забезпечує інтенсивне нагромадження органічної речовини. Передпосівна обробка насіння фунгіцидами та інокулянтами є важливим

агротехнологічним заходом, який, з одного боку, захищає проростки від хвороб, а з іншого боку стимулює азотофіксацію та покращує азотне живлення рослин, створюючи основу для формування ефективного фотосинтетичного апарату [4]. Ще одним важливим агротехнологічним заходом є позакореневе внесення мікроелементів та фунгіцидів у критичні фази розвитку сої, що забезпечує рослини додатковими елементами живлення, захищає листковий апарат від хвороб та сприяє підтриманню високої фотосинтетичної активності. Комплексне застосування цих агротехнологічних заходів оптимізує фотосинтетичні

показники посівів сої та сприяє підвищенню врожайності культури [7, 19].

Оптимальне забезпечення рослин сої макро- та мікроелементами є важливим, оскільки забезпечує досягнення рослиною вищої продуктивності, якості та прибутковості. Ґрунтове внесення макро- та мікроелементів призводить до підвищення врожайності насіння сої, але також можливі антагоністичні та синергетичні ефекти між поживними речовинами в ґрунті та рослинах [9, 25, 36]. Інтенсивне вирощування сільськогосподарських культур, надмірне використання мінеральних добрив без додавання органічних добрив спричиняють стрес від їх використання, що призводить до економічних втрат та втоми ґрунту [5]. Крім того, виробники сої зазвичай ігнорують використання мікроелементів та досить часто застосовують лише макроелементи (N, P та K) [20, 35]. Внесення сірки (S), бору (B) та молібдену (Mo) також є не менш важливим для виробництва високоякісного зерна сої [14]. Крім підвищення врожайності, внесення мікроелементів підвищує стійкість рослин до стресових факторів навколишнього середовища [37].

Позакореневе внесення необхідних поживних речовин підтримує живлення листків та затримує механізм їхнього «саморуїнування», що продовжує процес фотосинтезу. Позакореневе внесення необхідних поживних речовин задовольняє потребу рослин в поживних речовинах, якщо його застосовувати на відповідних фазах росту. Передача цих поживних речовин від кореня через стебло, листок і стінки боба до насіння, що розвивається, сильно залежить від ґрунтових та кліматичних умов, а також від вмісту поживних речовин у різних частинах рослини [22].

Потреба сої в поживних речовинах зростає під час цвітіння та наливу зерна. Позакореневе внесення мікроелементів у цей період допомагає доповнити запаси поживних речовин у ґрунті. Крім того, більшість мікроелементів можна змішувати

з гербіцидами та іншими пестицидами. Позакореневе внесення цинку для підвищення його концентрації у різних культурах було більш економічно вигідним, ніж внесення в ґрунт [40]. Позакореневе внесення марганцю було найефективнішим у сої при внесенні на початку цвітіння або зав'язування бобів [32].

Позакореневе обприскування поживними речовинами протягом критичного періоду сої підтримувало баланс поживних речовин у листках, покращувало швидкість фотосинтезу та збільшувало урожайність біомаси [26, 30]. Крім того, позакореневе внесення мікроелементів покращує врожайність сої в ґрунтах з дефіцитом основних поживних речовин [17, 27].

Проведені дослідженнями в Лісостепу України встановлено, що інокуляція насіння біопрепаратом на основі *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003 забезпечила приріст площі листової поверхні відносно не інокульованих варіантів на 2,92 тис. м²/га. Агрозаходи з бактеризації насіння та позакореневої обробки посівів гуматами ефективно впливали на зміну фотосинтетичного потенціалу сої. Варіанти досліду, в яких вирощувались рослини сої без бактеризації насіння, мали в середньому фотосинтетичний потенціал в 1,10 млн м²/га, тоді як застосування для обробки біопрепарату на основі *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003 виявилось ефективнішим і отримано ФП сої в 1,22 млн м²/га [8].

В умовах Польщі було виявлено, що на фізіологічні параметри рослин сої найбільш сприятливо вплинуло підживлення молібденом для сорту Аннушка та міддю для сорту Помпеї. Всі досліджувані мікроелементи позитивно впливають на вміст хлорофілу [23].

За даними експериментів Я. В. Грицюка [2] доведено позитивний вплив систем удобрення, передпосівного оброблення насіння мікоризоутворюючим препаратом, як окремо, так і в поєднанні з

протруювачем та підживлення рослин у критичні фази розвитку мікродобривом на наростання площі листової поверхні, фотосинтетичний потенціал посіву та показники чистої продуктивності фотосинтезу посіву сої упродовж періоду вегетації. Найкращі умови для наростання площі листової поверхні рослин сої сорту Муза, яка у фазі наливу бобів досягала максимального значення 1707,5 см²/рослину, формувалися з передпосівною обробкою насіння мікоризоутворюючим препаратом і протруювачем та підживленням рослин у період цвітіння на фоні внесення N₄₅P₄₅K₆₀, що перевищувало абсолютний контроль на 16 %.

Позакореневе внесення 0,5 % цинку та бору, карбаміду, макродобрив азоту, фосфору та калію у концентрації 2 %, разом із ґрунтовим внесенням добрив є вигідним варіантом управління поживним режимом для виробництва сої в напівпосушливих регіонах [21].

Вченими В. Т. Саблук і М. П. Байда [6] було досліджено, що площа листової поверхні сорту сої Аратта за позакореневого підживлення мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазу бутонізації (0,25 л/га), у поєднанні з регуляторами росту Біосил та Радостим, була 24,9 та 24,5 тис. м²/га, а застосування мікродобрив двічі у поєднанні з вищезазначеними регуляторами росту сприяло збільшенню площі листя до рівня 31,6 та 36,6 тис. м²/га відповідно на час повного цвітіння. Аналогічно, у сорту сої Кордоба кращим варіантом виявилось застосування Yara Vita Моно Молітрак у фазу бутонізації (0,25 л/га) + у фазу цвітіння (0,25 л/га) в комбінації з регулятором росту Радостим, що сприяло збільшенню площі листя до рівня 36,9 тис. м²/га та для сорту Феєрія – 37,0 тис. м²/га.

За даними бразильських вчених, не було виявлено антагоністичного або синергетичного ефекту при застосуванні марганцю разом з фунгіцидом на фізіологічні характеристики рослин сої. Тому у виробництві рекомендується

змішувати марганцеві добрива і фунгіцид з метою зниження операційних витрат без шкоди для втрат врожаю. Застосування марганцю, незалежно від фунгіциду, сприяло збільшенню врожайності сої [13].

Деякі фунгіциди рекомендуються застосовувати для збільшення врожайності, навіть за відсутності хвороб, що було доведено деякими вченими, хоча цей вплив був непостійним [10, 11, 28]. Збільшення врожайності можна пояснити явищем, яке називається «ефектом озеленення». Воно описується як подовження тривалості функціонування зеленої листової поверхні, підтримка фотосинтетичної ефективності та забезпечення продовження накопичення сухої речовини [3, 29, 39].

За результатами досліджень позакорневих застосувань фунгіцидів на посівах сої, проведених у штаті Мінас-Жерайс (Бразилія), доведено, що збільшення кількості позакорневих фунгіцидних обробок забезпечує збільшення врожайності зерна, маси 1000 насінин, добового приросту, сухої маси, а також забезпечує зміни в циклі вегетації, вмісті хлорофілу та індексі листової поверхні [16].

Застосування піраклостробіну сприяло утворенню корневих бульбочок, посиленню фіксації азоту, покращувало ріст, а врожайність сої була вищою [15, 24]. Фізіологічні ефекти, пов'язані із застосуванням фунгіциду, що інгібує зовнішній вплив хінону, зумовлені збільшенням чистого фотосинтезу. Крім того, застосування піраклостробіну затримує старіння, впливаючи на гормональний рівень рослин [31, 34]. Застосування фунгіцидів може збільшити вміст хлорофілу та уповільнити старіння листків [12]. Група листових фунгіцидів QoI підвищує активність антиоксидантних ферментів у рослинах, зменшуючи пошкодження від активних форм кисню, а також може уповільнити втрату хлорофілу та рослинних білків [18].

Отже, актуальність наших досліджень обумовлена необхідністю удосконалення технології вирощування сої шляхом

оптимального поєднання сортових особливостей, передпосівної обробки насіння фунгіцидами та інокулянтами, позакореневого застосування мікроелементів і фунгіцидів для забезпечення високої фотосинтетичної активності та стабільної продуктивності культури.

Метою досліджень було визначення впливу агротехнологічних заходів на зміну фотосинтетичних показників посівів сої.

Матеріал і методи. Дослідження проводилися у 2024–2025 рр. на базі Навчально-виробничого центру (НВЦ) Білоцерківського національного аграрного університету. Схема досліду:

Фактор А. Сорти: РЖТ Сальса і РЖТ Сайдіна.

Фактор В. Передпосівна обробка насіння фунгіцидами та інокулянтами.

1. Контроль. Без застосування.

2. Фунгіцид «Максім XL» (1,0 л/т) + «Апрон XL» (0,5 л/т) + інокулянт «РизоСтарт» (2 кг/т).

3. Фунгіцид «Максім XL» (1,0 л/т) + «Апрон XL» (0,5 л/т) + інокулянт «БіоМАГ Соє» (3 кг/т).

4. Інокулянт «РизоСтарт» (2 кг/т) + біофунгіцид «Екостерн Триходерма, КС» (1,5 л/т).

5. Інокулянт «БіоМАГ Соє» (3 кг/т) + біофунгіцид «Екостерн Триходерма, КС» (1,5 л/т).

Фактор С. Фунгіциди та мікродобрива по вегетації.

1. Контроль. Без застосування.

2. Фунгіцид «Колосаль Про» (0,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59).

3. Фунгіцид «Колосаль Про» (0,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59) і у фазу цвітіння (ВВСН 60-69).

4. Біофунгіцид «Фітоспорин-М Соє» (1,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор

Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59).

5. Біофунгіцид «Фітоспорин-М Соє» (1,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59) і у фазу цвітіння (ВВСН 60-69).

Передпосівне оброблення насіння препаратами «Максім XL» (1,0 л/т) і «Апрон XL» (0,5 л/т) проводили заздалегідь за 5–7 діб, а інокулянтами «РизоСтарт» (2 кг/т) і «БіоМАГ Соє» (3 кг/т) у день сівби, згідно з рекомендаціями виробників щодо застосування препаратів. Насіння і посіви сої у контрольних варіантах обробляли водою.

Площу листової поверхні визначали методом “висічок”, який враховує визначення площі і маси 20–50 висічок, а також маси листової поверхні всієї проби. Метод полягає у встановленні співвідношення між масою і площею еталонної вибірки та екстраполяції цього співвідношення на загальну масу всього листя з проби. З різних листків верхнього, середнього та нижнього ярусів рослини роблять від 20 до 50 висічок. Висічки відбирали з центральної частини листових пластинок, уникаючи товстих головних жилок та країв, оскільки їх питома маса суттєво відрізняється від маси основної тканини листка, що може внести похибку. Отримані 20–50 висічок збирають у тарований бюкс і негайно зважують на аналітичних вагах, щоб уникнути втрати маси через транспірацію. Знаючи площу висічок та їхню масу, обчислюють загальну площу листової поверхні рослини за формулою:

$$S = \frac{P \times S_1 \times n}{P_1} \quad (1)$$

де, S – площа листків однієї рослини (см²);

S₁ – площа однієї висічки (см²);

P – маса листя однієї рослини (г);

P₁ – маса висічки (г);

n – число висічок (шт.);

Фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) визначали за формулою:

$$\Phi\Pi = \frac{Л_1 + Л_2}{2 \times 1000} \times T \quad (2)$$

де, $\Phi\Pi$ – фотосинтетичний потенціал посіву, млн. $\text{м}^2/\text{дїб}/\text{га}$;

$Л_1, Л_2$ – зміна площі листової поверхні в часі, тис. $\text{м}^2/\text{га}$;

T – тривалість періоду, дїб.

Індекс листової поверхні (ІЛП) визначається як відношення сумарної площі листя до площі ґрунту, на якій ростуть рослини сої ($\text{м}^2/\text{м}^2$).

Регіон проведення досліджень належить до зони помірно-континентального клімату, що вирізняється достатньою кількістю теплових ресурсів та опадів. Ґрунтовий покрив експериментальних ділянок представлений чорноземом типовим вилугуваним середньоглибоким, малогумусним, грубопилувато-легкосуглинковим, сформованим на карбонатному лесі. За багаторічними спостереженнями Білоцерківської метеостанції, середньорічна температура повітря становить близько $+8\text{ }^\circ\text{C}$, із коливаннями в межах $4\text{--}7\text{ }^\circ\text{C}$. У літній період максимальні значення сягають $+36\text{--}38\text{ }^\circ\text{C}$, тоді як узимку мінімальні показники знижуються до $-24\text{ }^\circ\text{C}$. Сума активних температур вище $+10\text{ }^\circ\text{C}$ коливається в діапазоні $2650\text{--}2660\text{ }^\circ\text{C}$. Середньорічна відносна

вологість повітря становить $75\text{--}77\%$. У літні місяці вона знижується до $48\text{--}50\%$, тоді як у зимовий період підвищується до $80\text{--}85\%$, що відображає сезонну динаміку гідротермічного режиму.

Розміщення варіантів у дослідах – систематичне послідовне. Загальна площа дослідної ділянки 70 м^2 , облікової – 56 м^2 . Повторність – триразова. Агротехніка вирощування сої, окрім факторів, що поставлені на вивчення, загальноприйнята для Правобережного Лісостепу України. Внесення фунгіцидів і мікродобрив по вегетації проводили ранцевим оприскувачем, відповідно до рекомендованих виробниками норм витрат препарату та робочої рідини. Дослідження проводили за “Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур” [1].

Результати та обговорення. Аналіз даних щодо зміни площі листової поверхні для сорту РЖТ Сальса засвідчує, що цей показник залежав від застосованих агротехнологічних заходів. У контрольному варіанті (без передпосівної обробки насіння та позакореневих обробок по вегетації) показники були найнижчими на всіх етапах розвитку рослин сої: від $22,2$ тис. $\text{м}^2/\text{га}$ у фазі бутонізації до $29,1$ тис. $\text{м}^2/\text{га}$ у фазі цвітіння (табл. 1).

1. Динаміка зміни площі листової поверхні посівів сорту сої РЖТ Сальса залежно від проведення агротехнологічних заходів (середнє за 2024–2025 рр.), тис. $\text{м}^2/\text{га}$

Передпосівна обробка насіння фунгіцидами і інокулянтами	Фунгіциди і мікродобрива*	У фазі бутонізації (ВВСН 51–59)	У фазі цвітіння (ВВСН 60-69)	У фазі наливу бобів (ВВСН 89)
1	2	3	4	5
Контроль	1	22,2	29,1	24,4
	2	22,4	29,8	26,5
	3	22,1	29,3	27,6
	4	22,4	29,8	26,3
	5	22,3	29,9	27,3
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	22,7	31,2	25,7
	2	23,0	31,9	27,2
	3	23,1	32,1	28,1
	4	23,0	32,0	27,3
	5	22,9	32,0	28,0

1	2	3	4	5
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	22,9	32,0	26,0
	2	23,1	32,4	27,5
	3	23,1	32,5	28,7
	4	23,3	32,1	28,0
	5	23,0	32,4	29,0
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	22,4	30,8	25,9
	2	22,7	31,5	27,0
	3	22,9	32,0	28,0
	4	22,6	31,8	27,1
	5	22,8	31,8	27,8
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	22,8	31,5	26,2
	2	23,0	31,9	27,7
	3	23,1	32,3	28,5
	4	22,8	32,0	28,0
	5	22,9	32,2	28,6

Примітка. *Тут і далі в таблицях. 1. Контроль. Без застосування. 2. Фунгіцид «Колосаль Про» (0,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59). 3. Фунгіцид «Колосаль Про» (0,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59) і у фазу цвітіння (ВВСН 60-69). 4. Біофунгіцид «Фітоспорин-М Соя» (1,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59). 5. Біофунгіцид «Фітоспорин-М Соя» (1,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59) і у фазу цвітіння (ВВСН 60-69).

Застосування обробки насіння фунгіцидами та інокулянтами, а також позакоренових обробок фунгіцидами і мікродобривами, призводило до підвищення значень площі листової поверхні на 3,2–18,9 %, залежно від періоду обліків. Найбільш ефективним виявився варіант досліду, що включав передпосівну обробку насіння фунгіцидами «Максім XL» та «Апрон XL» й інокулянтом «БіоМАГ Соя», а також наступне застосування по вегетації фунгіциду «Колосаль Про» з мікродобривами «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) і «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фази бутонізації та цвітіння. При цьому площа листової поверхні у фазу цвітіння становила 32,5 тис. м²/га, що перевищувало контроль на 3,4 тис. м²/га. Застосування для передпосівної обробки насіння біофунгіциду «Екостерн Триходерма» у поєднанні з інокулянтами «РизоСтарт» або «БіоМАГ Соя» зумовлювало незначне зменшення цього показника порівняно з варіантами, де використовували хімічні препарати.

Для сорту РЖТ Сайдіна спостерігалась аналогічна закономірність формування площі листової поверхні за етапами органогенезу, але значення були вищими на 4,5–17,3 %, ніж у сорту РЖТ Сальса (табл. 2).

На контрольному варіанті показник становив 23,5; 32,8 і 27,6 тис. м²/га відповідно у фазу бутонізації, цвітіння і наливу бобів. Максимальне значення площі листової поверхні у сорту РЖТ Сайдіна було зафіксовано у варіанті з передпосівною обробкою препаратами «Максім XL» + «Апрон XL» + «БіоМАГ Соя» та подвійним застосуванням «Колосаль Про» з мікродобривами «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) по вегетації: 24,6; 35,3 і 32,7 тис. м²/га відповідно до періодів обліків. Схеми досліду, що включали застосування біофунгіцидів «Триходерма, КС» і «Фітоспорин-М Соя» також впливали на зростання площі листової поверхні рослин сої, але їх ефектність була меншою.

2. Динаміка зміни площі листової поверхні посівів сорту сої РЖТ Сайдіна залежно від проведення агротехнологічних заходів (середнє за 2024–2025 рр.), тис. м²/га

Передпосівна обробка насіння фунгіцидами і інокулянтами	Фунгіциди і мікродобрива	У фазі бутонізації (ВВСН 51–59)	У фазі цвітіння (ВВСН 60–69)	У фазі наливу бобів (ВВСН 89)
Контроль	1	23,5	32,8	27,6
	2	23,4	33,1	28,7
	3	23,6	33,0	29,5
	4	23,5	33,2	29,0
	5	23,2	32,9	29,8
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	24,3	34,1	30,2
	2	24,6	34,6	31,5
	3	24,5	34,9	32,2
	4	24,7	34,5	31,1
	5	24,4	34,6	32,0
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	23,9	34,3	30,5
	2	24,3	35,1	31,9
	3	24,6	35,3	32,7
	4	24,7	35,0	32,0
	5	24,4	35,0	32,5
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	24,0	33,5	30,0
	2	24,2	33,9	31,2
	3	24,8	34,3	32,0
	4	24,6	34,5	30,8
	5	24,3	34,2	31,8
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	24,1	33,9	30,2
	2	24,5	34,5	31,6
	3	24,8	34,6	32,4
	4	24,6	34,3	31,8
	5	24,2	34,4	32,2

Динаміка зміни площі листової поверхні за фазами розвитку для обох сортів мала схожий характер: показники зростали від фази бутонізації до фази цвітіння, а потім дещо знижувалися у фазу наливу бобів, що відповідає фізіологічним процесам сої. Проте, у варіантах із застосуванням фунгіцидів і мікродобрив по вегетації, зниження показника в останній період обліків було менш вираженим, що може свідчити про продовження активного функціонування асиміляційного апарату цієї культури.

Порівняльний аналіз ефективності позакоренових внесень, як хімічних, так і

біологічних фунгіцидів у поєднанні з мікродобривами, підтверджує доцільність їх подвійного застосування у фази бутонізації та цвітіння порівняно з одноразовим обприскуванням у фазу ВВСН 51-59.

Як свідчать дані рисунку 1, площа листової поверхні сої закономірно зростає від фази бутонізації до фази цвітіння з подальшим зменшенням у фазу наливу бобів, що пов'язано з початком фізіологічного старіння листового апарату та перерозподілом асимілятив на формування генеративних органів.

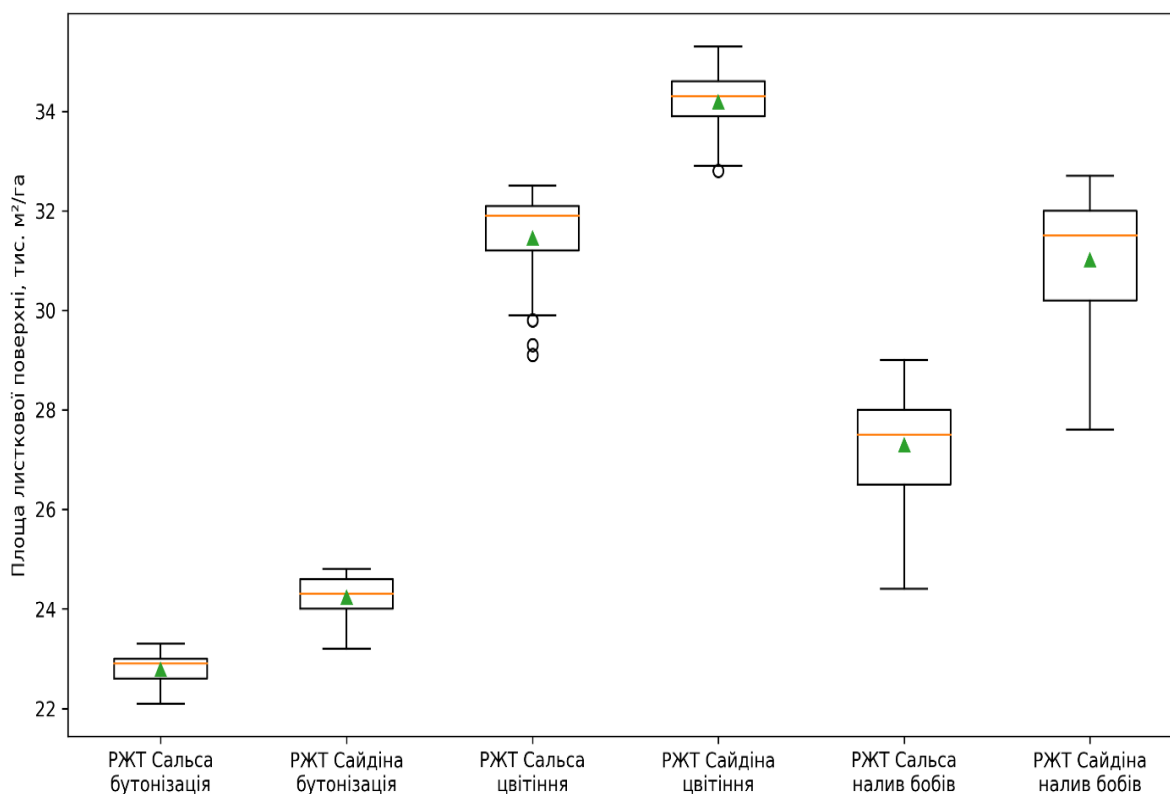


Рис. 1. Варіювання площі листкової поверхні сортів сої у фазу бутонізації, цвітіння та наливу бобів (середнє за 2024–2025 рр.)

У фазу бутонізації для сортів РЖТ Сальса і РЖТ Сайдіна характерною була відносна вирівняність показників площі листкової поверхні, що підтверджується вузьким інтерквартильним розмахом. Це свідчить про стабільний початковий розвиток фотосинтетичного апарату незалежно від варіантів передпосівної обробки насіння.

У фазу цвітіння відмічено істотне зростання площі листкової поверхні та збільшення варіювання ознаки, особливо у сорту РЖТ Сайдіна, що вказує на підвищену чутливість рослин сої до елементів агротехнології в цей критичний період.

У фазу наливу бобів спостерігалось зменшення середніх значень площі листкової поверхні та водночас розширення діапазону варіювання, що засвідчує різну ефективність застосованих фунгіцидів, інокулянтів і мікродобрив щодо збереження асиміляційного апарату рослин на пізніших етапах органогенезу.

Аналіз впливу факторів на

формування площі листкової поверхні сої свідчить про те, що найважливішими є сортові особливості рослин (37,6 %), що підкреслює визначальну роль вибору генетичного матеріалу на формування асиміляційного апарату (рис. 2).

Другим важливим фактором є позакореневе підживлення фунгіцидами та мікродобривами (29,7 %), що підтверджує їх вплив на формування оптимальних розмірів листкової поверхні. Передпосівна обробка насіння сої фунгіцидами і інокулянтами також має суттєвий вплив – 25,1 %. Сумарний вплив трьох досліджуваних факторів становить 92,4 %, тоді на частку неврахованих факторів припадає лише 7,6 %. Таким чином, для максимального розвитку листкової поверхні сої пріоритетним є вибір сорту та застосування агротехнічних заходів: передпосівної обробки насіння фунгіцидами і інокулянтами та своєчасне позакореневе внесення фунгіцидів і мікродобрив протягом вегетації.

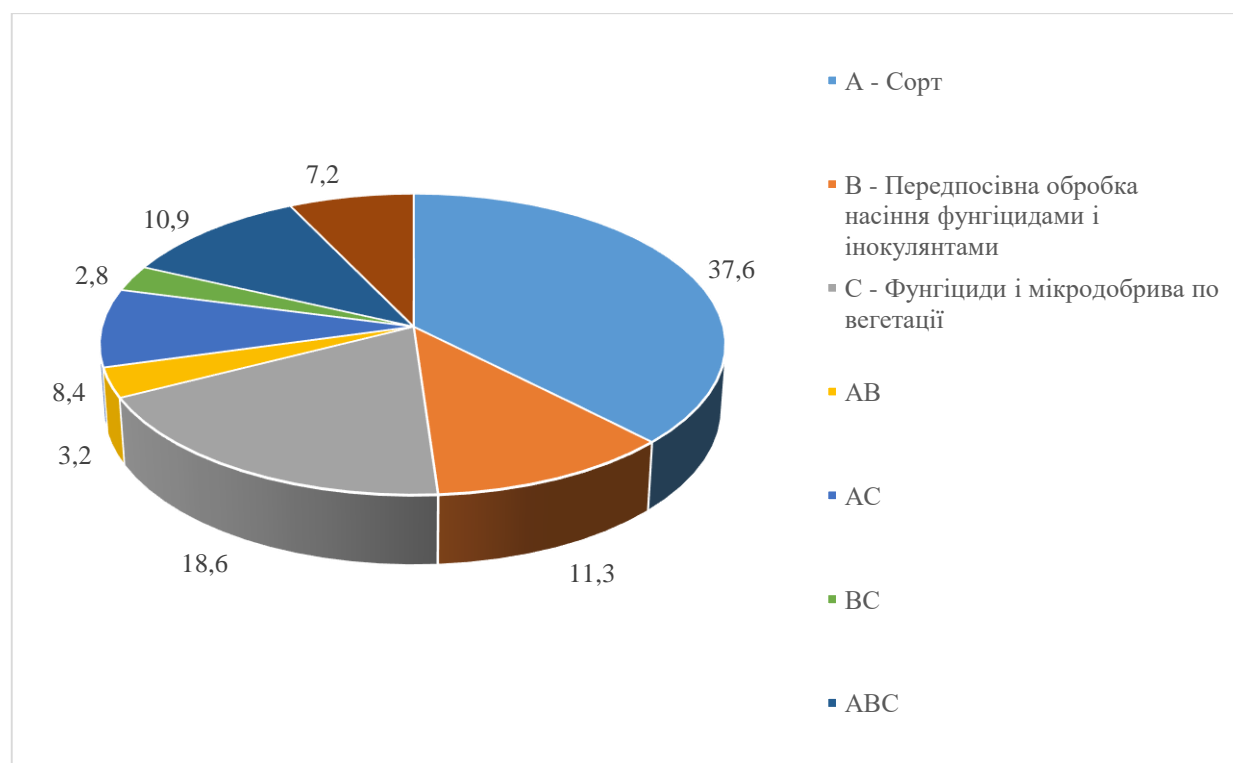


Рис. 2. Частка впливу факторів на формування площі листової поверхні рослин сої залежно від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння фунгіцидами та інокулянтами, а також позакореневого підживлення фунгіцидами і мікродобривами

Для сорту РЖТ Сальса найнижчі значення індексу листової поверхні спостерігалися в контрольному варіанті. У фазу бутонізації вони коливалися від

2,19 до 2,22 м²/м², у фазу цвітіння від 2,88 до 2,96 м²/м², а в фазу наливу бобів від 2,42 до 2,73 м²/м² (табл. 3).

3. Індекс листової поверхні (ІЛП) сорту сої РЖТ Сальса (середнє за 2024–2025 рр.), м²/м²

Передпосівна обробка насіння фунгіцидами і інокулянтами	Фунгіциди і мікродобрива	У фазі бутонізації (ВВСН 51–59)	У фазі цвітіння (ВВСН 60–69)	У фазі наливу бобів (ВВСН 89)
1	2	3	4	5
Контроль	1	2,20	2,88	2,42
	2	2,22	2,95	2,62
	3	2,19	2,90	2,73
	4	2,22	2,95	2,60
	5	2,21	2,96	2,70
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	2,25	3,09	2,54
	2	2,28	3,16	2,69
	3	2,29	3,18	2,78
	4	2,28	3,17	2,70
	5	2,27	3,17	2,77

1	2	3	4	5
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	2,27	3,17	2,57
	2	2,29	3,21	2,72
	3	2,29	3,22	2,84
	4	2,31	3,18	2,77
	5	2,28	3,21	2,87
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	2,22	3,05	2,56
	2	2,25	3,12	2,67
	3	2,27	3,17	2,77
	4	2,24	3,15	2,68
	5	2,26	3,15	2,75
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	2,26	3,12	2,59
	2	2,28	3,16	2,74
	3	2,29	3,20	2,82
	4	2,26	3,17	2,77
	5	2,27	3,19	2,83

Застосування передпосівної обробки насіння фунгіцидами та інокулянтами, а також позакореневих обробок фунгіцидами і мікродобривами, призвело до підвищення ІЛП на всіх етапах органогенезу сої. Найбільш ефективною передпосівною обробкою виявився варіант з хімічними фунгіцидами «Максім XL» та «Апрон XL» з інокулянтом «БіоМАГ Соя» для обробки насіння та подвійним застосуванням по вегетації фунгіциду «Колосаль Про» з мікродобривами «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) і «Квантум Бор Актив» (1 л/га). Значення ІЛП мали максимальні показники: 2,29 м²/м² у фазу бутонізації; 3,22 м²/м² у фазу цвітіння та

2,84 м²/м² у фазу наливу бобів. Варіанти з використанням біологічних продуктів, таких як «РизоСтарт» або «БіоМАГ Соя» у поєднанні з фунгіцидами «Екостерн Триходерма» (1,5 л/т) та «Фітоспорин-М Соя» (1,5 л/га) також показали позитивний результат, але їх ефективність була дещо нижчою.

Сорт РЖТ Сайдіна продемонстрував вищі значення індексу листової поверхні порівняно з РЖТ Сальса. У контрольних варіантах ІЛП цього сорту становив від 2,30 до 2,34 м²/м² у фазу бутонізації, від 3,25 до 3,29 м²/м² у фазу цвітіння та від 2,73 до 2,95 м²/м² у фазу наливу бобів (табл. 4).

4. Індекс листової поверхні (ІЛП) сорту сої РЖТ Сайдіна (середнє за 2024–2025 рр.), м²/м²

Передпосівна обробка насіння фунгіцидами і інокулянтами	Фунгіциди і мікродобрива по вегетації	У фазі бутонізації (ВВСН 51–59)	У фазі цвітіння (ВВСН 60-69)	У фазі наливу бобів (ВВСН 89)
1	2	3	4	5
Контроль	1	2,33	3,25	2,73
	2	2,32	3,28	2,84
	3	2,34	3,27	2,92
	4	2,33	3,29	2,87
	5	2,30	3,26	2,95

1	2	3	4	5
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	2,41	3,38	2,99
	2	2,44	3,43	3,12
	3	2,43	3,46	3,19
	4	2,45	3,42	3,08
	5	2,42	3,43	3,17
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	2,37	3,40	3,02
	2	2,41	3,48	3,16
	3	2,44	3,50	3,24
	4	2,45	3,47	3,17
	5	2,42	3,47	3,22
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	2,38	3,32	2,97
	2	2,40	3,36	3,09
	3	2,46	3,40	3,17
	4	2,44	3,42	3,05
	5	2,41	3,39	3,15
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	2,39	3,36	2,99
	2	2,43	3,42	3,13
	3	2,46	3,43	3,21
	4	2,44	3,40	3,15
	5	2,40	3,41	3,19

Найвищий показник ЛПІ у фазу цвітіння ($3,50 \text{ м}^2/\text{м}^2$) зафіксовано у варіанті з передпосівним застосуванням «Максім XL» + «Апрон XL» + «БіоМАГ Соя» та подвійним обприскуванням «Колосаль Про» з мікродобривами «Інтермаг Молібден» ($1,0 \text{ л/га}$) і «Квантум Бор Актив» (1 л/га) по вегетації.

Аналіз впливу обробки фунгіцидами та мікродобривами по вегетації вказує на перевагу подвійного застосування цих препаратів у фазі бутонізації та цвітіння, порівняно з одноразовим використанням.

Ця закономірність виявилася універсальною для обох сортів та для обох типів фунгіцидів – як хімічного («Колосаль Про»), так і біологічного («Фітоспорин-М Соя»). Різниця в ЛПІ між варіантами з одноразовим та подвійним застосуванням становила $0,06\text{--}0,10 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Фотосинтетичний потенціал є інтегральним показником, що характеризує сумарну продуктивність листового апарату за певні періоди вегетації сої і безпосередньо впливає на формування врожаю.

Середньоранній сорт РЖТ Сайдіна продемонстрував значно вищі значення фотосинтетичного потенціалу у всі періоди спостережень, порівняно з ранньостиглим сортом РЖТ Сальса. Наприклад, у контрольному варіанті фотосинтетичний потенціал за період бутонізація-налив бобів становив у першого сорту від 2,15 до 2,23 млн $\text{м}^2/\text{га} \times \text{діб}$, тоді як для другого – від 1,68 до 1,79 млн $\text{м}^2/\text{га} \times \text{діб}$ (табл. 5 і 6). У сортів РЖТ Сальса і РЖТ Сайдіна максимальний фотосинтетичний потенціал за період бутонізація-налив бобів було отримано при передпосівній обробці насіння комбінацією «Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя» та застосуванні фунгіциду «Колосаль Про» з мікродобривами «Інтермаг Молібден» ($1,0 \text{ л/га}$) і «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазі бутонізації та цвітіння – 1,87 і 2,41 млн $\text{м}^2/\text{га} \times \text{діб}$. Тому, найефективнішим варіантом для обох сортів є інтегрована система, що поєднує хімічний захист насіння, інокуляцію та подвійне позакореневе живлення і захист у критичні фази росту та розвитку рослин сої.

5. Фотосинтетичний потенціал посіву сорту сої РЖТ Сальса (середнє за 2024–2025 рр.), млн м²/га × діб

Передпосівна обробка насіння	Фунгіциди і мікродобрива	Бутонізація-цвітіння	Цвітіння-налив бобів	Бутонізація-налив бобів
Контроль	1	0,43	1,18	1,68
	2	0,44	1,24	1,76
	3	0,43	1,25	1,79
	4	0,44	1,23	1,75
	5	0,44	1,26	1,79
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	0,45	1,25	1,74
	2	0,46	1,30	1,81
	3	0,46	1,32	1,84
	4	0,46	1,30	1,81
	5	0,46	1,32	1,83
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	0,46	1,28	1,76
	2	0,46	1,32	1,82
	3	0,46	1,35	1,86
	4	0,46	1,32	1,85
	5	0,46	1,35	1,87
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	0,44	1,25	1,74
	2	0,45	1,29	1,79
	3	0,46	1,32	1,83
	4	0,45	1,30	1,79
	5	0,46	1,31	1,82
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	0,45	1,27	1,76
	2	0,46	1,31	1,83
	3	0,46	1,34	1,86
	4	0,46	1,32	1,83
	5	0,46	1,34	1,85

6. Фотосинтетичний потенціал посіву сорту сої РЖТ Сайдіна (середнє за 2024–2025 рр.), млн м²/га×діб

Передпосівна обробка насіння	Фунгіциди і мікродобрива	Бутонізація-цвітіння	Цвітіння-налив бобів	Бутонізація-налив бобів
1	2	3	4	5
Контроль	1	0,61	1,51	2,15
	2	0,61	1,55	2,19
	3	0,61	1,56	2,23
	4	0,61	1,56	2,21
	5	0,61	1,57	2,23
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	0,63	1,61	2,29
	2	0,64	1,65	2,36
	3	0,64	1,68	2,38
	4	0,64	1,64	2,34
	5	0,64	1,67	2,37

1	2	3	4	5
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	0,63	1,62	2,28
	2	0,64	1,68	2,36
	3	0,65	1,70	2,41
	4	0,65	1,68	2,38
	5	0,64	1,69	2,39
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	0,62	1,59	2,27
	2	0,63	1,63	2,33
	3	0,64	1,66	2,39
	4	0,64	1,63	2,33
	5	0,63	1,65	2,36
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	0,63	1,60	2,28
	2	0,64	1,65	2,36
	3	0,64	1,68	2,40
	4	0,64	1,65	2,37
	5	0,63	1,67	2,37

Аналізуючи внесок окремих періодів, можна відзначити, що для обох сортів період цвітіння-налив бобів був найбільш продуктивним, що підкреслює його критичну важливість для формування врожаю сої. У сорту РЖТ Сальса фотосинтетичний потенціал цього періоду становив 1,35 млн м²/га × діб, а для сорту Сайдіна – 1,70 млн м²/га × діб (3 варіант досліджу), що вище на 0,17 і 0,19 млн м²/га × діб, порівняно з контрольними варіантами.

Застосування біологічних препаратів в технології вирощування сої також мало позитивний вплив на фотосинтетичний потенціал, але дещо менший за хімічні. Так, для сорту РЖТ Сальса варіант з передпосівною обробкою насіння «БіоМАГ Соя + Екостерн Триходерма» та варіант 3 по вегетації забезпечив фотосинтетичний потенціал 1,86 млн м²/га × діб, що лише на 0,01 млн м²/га × діб менше від варіанту «Максім XL» + «Апрон XL» + «БіоМАГ Соя».

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено, що фотосинтетичні показники посівів сої істотно залежать від сортових особливостей і комплексу агротехнологічних заходів. Формування фотосинтетичних показників сої суттєво залежить від сортових особливостей: сорт РЖТ Сайдіна мав більшу площу та індекс

листяної поверхні (ЛПП), а також вищий фотосинтетичний потенціал порівняно із сортом РЖТ Сальса. Найвищу ефективність на обох сортах продемонструвала інтегрована система, що включає застосування фунгіцидів «Максім XL» (1,0 л/т) + «Апрон XL» (0,5 л/т) + інокулянт «БіоМАГ Соя» (3 кг/т) для передпосівної обробки насіння у поєднанні з дворазовим позакореневим внесенням фунгіциду «Колосаль Про» (0,5 л/га) та мікродобрив «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) і «Квантум Бор Актив» (1,0 л/га) у фазах бутонізації та цвітіння. Площа листяної поверхні у сортів РЖТ Сальса і РЖТ Сайдіна становила 23,1 і 24,6 тис. м²/га у фазу бутонізації, 32,5 і 35,3 тис. м²/га у фазу цвітіння та 28,7 і 32,7 тис. м²/га у фазу наливу бобів, а індекс листяної поверхні – 2,29 і 2,44; 3,22 і 3,50 та 2,84 і 3,24 м²/м². Дворазове позакореневе застосування фунгіцидів і мікродобрив виявилось ефективнішим за одноразове, оскільки воно не лише стимулює максимальне наростання листяної поверхні, а й подовжує життєдіяльність асиміляційного апарату, суттєво сповільнюючи відмирання листків.

Перспективами для подальших досліджень є вивчення взаємозв'язку фотосинтетичних показників з урожайністю та якісними показниками

насіння сої, а також оцінку ефективності біологічних фунгіцидів і інокулянтів у довгострокових дослідях у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Актуальним є також вивчення строків і норм позакореневого

Список використаної літератури

1. Волкодав В. В. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Випуск третій (олійні, технічні, прядильні та кормові культури). Київ : Алефа, 2001. 76 с.
2. Голодна А. В., Грицюк Я. В. Фотосинтетична продуктивність посіву сої за різних варіантів удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 2. С. 133–142.
3. Грабовський М. Б., Мостипан О. В. Економічна оцінка застосування фунгіцидного і гербіцидного захисту сортів сої різних груп стиглості. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 45–53. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/134_2023/7.pdf.
4. Дідур І. М., Голованюк А. Б. Стан та перспективи виробництва сої в Україні. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 193–196. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.27>.
5. Німенко С. С., Грабовський М. Б. Урожайність зерна сортів сої залежно від елементів органічної технології вирощування. *Зрошуване землеробство*. 2023. Вип. 79. С. 52–59.
6. Саблук В. Т., Байда М. П. Морфологічні особливості рослин сої залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту. *Новітні агротехнології*. 2025. 13 (1). <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.306989>.
7. Фітосанітарний стан посівів сої за різного фунгіцидного захисту / О. В. Мостипан та ін. *Агробіологія*. 2024. № 2. С. 96–107. https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/agrobiologiya/mostypan_2_2024.pdf.
8. Agrobiological assessment of productivity and nitrogen fixation of vegetable soybean (edamame) in the conditions of Forest-Steppe of Ukraine / V. Yatsenko et al. *Agronomy Research*. 2023. No. 21 (2). P. 1006–1026. <https://doi.org/10.15159/AR.23.097>.
9. Alloway B. J. Zinc in Soils and Crop Nutrition; International Fertilizer Industry Association and International Zinc Association: Brussels, Belgium; Paris, France, 2004, p. 135.
10. Analyses of yield and net economic response from foliar fungicide and insecticide applications to soybean in the North Central United States / Y. R. Kandel et al. *Plant Health Prog.* 2016. No. 17. P. 232–238. DOI: 10.1094/PHP-RS-16-0038.
11. Bradley K. W., Sweets L. E. Influence of glyphosate and fungicide coapplications on weed control, spray penetration, soybean response, and yield in glyphosate-resistant soybean. *Agron. J.* 2008. No. 100. P. 1360–1365.

внесення мікроелементів з метою оптимізації технологій вирощування сої та підвищення стабільності функціонування її фотосинтетичного апарату.

References

1. Volkodav V. V. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Third edition (oil, technical, spinning and fodder crops). Kyiv : Alefa, 2001. 76 p.
2. Holodna A. V., Hrytsiuk Ya. V. Photosynthetic productivity of soybean crops under different fertilization and pre-sowing seed treatment options. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2024. No. 2. P. 133–142.
3. Hrabovskyi M. B., Mostypan O. V. Economic evaluation of the use of fungicidal and herbicidal protection of soybean varieties of different maturity groups. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*. 2023. No. 134. P. 45–53. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/134_2023/7.pdf.
4. Didur I. M., Holovaniuk A. B. Status and prospects of soybean production in Ukraine. *Ahrarni innovatsii*. 2025. No. 30. P. 193–196. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.27>.
5. Nimenko S. S., Hrabovskyi M. B. Grain yield of soybean varieties depending on elements of organic growing technology. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2023. Vyp. 79. P. 52–59.
6. Sabluk V. T., Baida M. P. Morfolohichni osoblyvosti rosllyn soi zalezno vid zastosuvannia mikrodoobryv ta rehuliatoriv rostu. *Novitni ahrotekhnolohii*. 2025. 13 (1). <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.306989>.
7. Phytosanitary condition of soybean crops under different fungicide protection / O. V. Mostypan et al. *Ahrobiolohiia*. 2024. No. 2. P. 96–107. https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/agrobiologiya/mostypan_2_2024.pdf.
8. Agrobiological assessment of productivity and nitrogen fixation of vegetable soybean (edamame) in the conditions of Forest-Steppe of Ukraine / V. Yatsenko et al. *Agronomy Research*. 2023. No. 21 (2). P. 1006–1026. <https://doi.org/10.15159/AR.23.097>.
9. Alloway B. J. Zinc in Soils and Crop Nutrition; International Fertilizer Industry Association and International Zinc Association: Brussels, Belgium; Paris, France, 2004, p. 135.
10. Analyses of yield and net economic response from foliar fungicide and insecticide applications to soybean in the North Central United States / Y. R. Kandel et al. *Plant Health Prog.* 2016. No. 17. P. 232–238. DOI: 10.1094/PHP-RS-16-0038.
11. Bradley K. W., Sweets L. E. Influence of glyphosate and fungicide coapplications on weed control, spray penetration, soybean response, and yield in glyphosate-resistant soybean. *Agron. J.* 2008. No. 100. P. 1360–1365.

12. Bryson R. J., Leandro L., Jones D. R. The physiological effects of kresoxim-methyl on wheat leaf greenness and the implications for crop yield. In Proceedings of the BCPC Conf., Brighton, UK, 13–16 November 2000; British Crop Production Council: Hampshire, UK. P. 739–749.
13. Combining micronutrient (Mn) and fungicide applications in soy bean productive systems / L. D. L. D. Raimo et al. *Nativa Sinop*. 2018. V. 6. No. 1. P. 9–14.
14. Delfim J., Moreira A., Moraes L. A. Foliar application of molybdenum combined with cobalt affects leaf nitrogen concentration, grain yield, and yield components of soybean. *Agronomy Journal*. 2025. No. 117 (5). e70160.
15. Economic and energy efficiency of fungicides and herbicides in soybean crops / M. Grabovskiy et al. *Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and rural development"*. 2025. Vol. 25. Issue 1. P. 445–453.
16. Effects and management of foliar fungicide application on physiological and agronomical traits of soybean / E. V. Zambiazzi et al. *Australian Journal of Crop Science*. 2018. No. 12 (2). P. 265–273.
17. Effect of foliar application of nutrients on soybean / P. Kumari et al. *Journal of Plant Development Sciences*. 2017. No. 9 (3). P. 261–264.
18. Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole, and carbendazim on the physiological and biochemical indices and grain yield of winter wheat / Y.-J. Zhang et al. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2010. No. 98. P. 151–157.
19. European soybean to benefit people and the environment / J. L. Rotundo et al. *Scientific reports*. 2024. No. 14 (1). 7612. DOI: 10.1038/s41598-024-57522-z.
20. Fageria N. Soil fertility and plant nutrition research under field conditions: Basic principles and methodology. *J. Plant Nutr.* 2007. No. 30. P. 203–223.
21. Foliar application of macro-and micronutrients improves the productivity, economic returns, and resource-use efficiency of soybean in a semiarid climate / A. Dass et al. *Sustainability*. 2022. No. 14 (10). 5825.
22. Genotypic variation in common bean in response to zinc deficiency in calcareous soil / G. Hacısalihoglu et al. *Plant Soil*. 2004. No. 259. P. 71–83.
23. Jarecki W., Lachowski T., Migut D. The Influence of Applying Foliar Micronutrients at Nodulation and the Physiological Properties of Common Soybean Plants. *Agriculture*. 2024. No. 14 (1). 154.
24. Joshi J., Sharma S., Guruprasad K. N. Foliar application of pyraclostrobin fungicide enhances the growth, rhizobial-nodule formation and nitrogenase activity in soybean (var. JS-335). *Pestic. Biochem. Physiol.* 2014. No. 114 P. 61–66.
25. Keyser H. H., Li F. Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean. *Plant Soil*. 1992. No. 141. P. 119–135.
26. Khan W., Prithiviraj B., Smith D. L. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar
12. Bryson R. J., Leandro L., Jones D. R. The physiological effects of kresoxim-methyl on wheat leaf greenness and the implications for crop yield. In Proceedings of the BCPC Conf., Brighton, UK, 13–16 November 2000; British Crop Production Council: Hampshire, UK. P. 739–749.
13. Combining micronutrient (Mn) and fungicide applications in soy bean productive systems / L. D. L. D. Raimo et al. *Nativa Sinop*. 2018. V. 6. No. 1. P. 9–14.
14. Delfim J., Moreira A., Moraes L. A. Foliar application of molybdenum combined with cobalt affects leaf nitrogen concentration, grain yield, and yield components of soybean. *Agronomy Journal*. 2025. No. 117 (5). e70160.
15. Economic and energy efficiency of fungicides and herbicides in soybean crops / M. Grabovskiy et al. *Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and rural development"*. 2025. Vol. 25. Issue 1. P. 445–453.
16. Effects and management of foliar fungicide application on physiological and agronomical traits of soybean / E. V. Zambiazzi et al. *Australian Journal of Crop Science*. 2018. No. 12 (2). P. 265–273.
17. Effect of foliar application of nutrients on soybean / P. Kumari et al. *Journal of Plant Development Sciences*. 2017. No. 9 (3). P. 261–264.
18. Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole, and carbendazim on the physiological and biochemical indices and grain yield of winter wheat / Y.-J. Zhang et al. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2010. No. 98. P. 151–157.
19. European soybean to benefit people and the environment / J. L. Rotundo et al. *Scientific reports*. 2024. No. 14 (1). 7612. DOI: 10.1038/s41598-024-57522-z.
20. Fageria N. Soil fertility and plant nutrition research under field conditions: Basic principles and methodology. *J. Plant Nutr.* 2007. No. 30. P. 203–223.
21. Foliar application of macro-and micronutrients improves the productivity, economic returns, and resource-use efficiency of soybean in a semiarid climate / A. Dass et al. *Sustainability*. 2022. No. 14 (10). 5825.
22. Genotypic variation in common bean in response to zinc deficiency in calcareous soil / G. Hacısalihoglu et al. *Plant Soil*. 2004. No. 259. P. 71–83.
23. Jarecki W., Lachowski T., Migut D. The Influence of Applying Foliar Micronutrients at Nodulation and the Physiological Properties of Common Soybean Plants. *Agriculture*. 2024. No. 14 (1). 154.
24. Joshi J., Sharma S., Guruprasad K. N. Foliar application of pyraclostrobin fungicide enhances the growth, rhizobial-nodule formation and nitrogenase activity in soybean (var. JS-335). *Pestic. Biochem. Physiol.* 2014. No. 114 P. 61–66.

application of salicylates. *Journal of plant physiology*. 2003. No. 160 (5). P. 485–492.

27. Kobraee S., Shamsi K. Impact of micronutrients foliar application on soybean yield and its components under water deficit condition. *J. Biodivers. Environ. Sci.* 2013. No. 3. P. 39–45.

28. Kyveryga P. M., Blackmer T. M., Mueller D. S. When do foliar pyraclostrobin fungicide applications produce profitable soybean yield responses? *Online Plant Health Prog.* 2013. No. 14. 6.

29. Mechanisms involved in soybean rust-induced yield reduction / S. Kumudini et al. *Crop Sci.* 2008. No. 48. P. 2334–2342.

30. Patterson R. P., Raper C. D. Influence of duration and rate of seed fill on soybean growth and development. In World Soybean Research Conference. CRC Press. 2022. P. 875–883.

31. Physiological effects of strobilurin and carboxamides on plants: An overview / A. C. E. Amaro et al. *Acta Physiol. Plant* 2019. No. 42 (1). P. 4–10. DOI: 10.1007/s11738-019-2991-x.

32. Randall G. W., Schulte E. E., Corey R. B. Effect of soil and foliar-applied manganese on the micronutrient content and yield of soybeans. *Agron. J.* 1975. No. 67. P. 502–507.

33. Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production / B. Guo et al. *Theoretical and Applied Genetics*. 2022. No. 135 (11). P. 4095–4121.

34. Soybean leaf disease detection and classification using deep learning approach / A. K. Adimas et al. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2025. No. 14 (4). P. 2697–2704.

35. Soybean yield components and seed potassium concentration responses among nodes to potassium fertility / M. R. Parvej et al. *Agronomy Journal*. 2016. No. 108 (2). P. 854–863.

36. The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed / V. Ghasemian et al. *J. Phytol.* 2010. No. 2. P. 73–79.

37. The effect of molybdenum and boron in soil on the growth and photosynthesis of three soybean varieties / P. Liu et al. *Plant, Soil and Environment*. 2005. No. 51 (5). P. 197–205.

38. The importance of soybean (*Glycine max*) as a source of biologically valuable substances / G. Kamshybayeva et al. *International Journal of Biology and Chemistry*. 2017. No. 10 (2). P. 23–27.

39. The strobilurin fungicides / D. W. Bartlett et al. *Pest Manag. Sci.* 2002. No. 58. P. 649–662.

40. Zinc-enriched fertilisers as a potential public health intervention in Africa / E. Joy et al. *Plant Soil*. 2015. No. 389. P. 1–24.

25. Keyser H. H., Li, F. Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean. *Plant Soil*. 1992. No. 141. P. 119–135.

26. Khan W., Prithviraj B., Smith D. L. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of plant physiology*. 2003. No. 160 (5). P. 485–492.

27. Kobraee S., Shamsi K. Impact of micronutrients foliar application on soybean yield and its components under water deficit condition. *J. Biodivers. Environ. Sci.* 2013. No. 3. P. 39–45.

28. Kyveryga P. M., Blackmer T. M., Mueller D. S. When do foliar pyraclostrobin fungicide applications produce profitable soybean yield responses? *Online Plant Health Prog.* 2013. No. 14. 6.

29. Mechanisms involved in soybean rust-induced yield reduction / S. Kumudini et al. *Crop Sci.* 2008. No. 48. P. 2334–2342.

30. Patterson R. P., Raper C. D. Influence of duration and rate of seed fill on soybean growth and development. In World Soybean Research Conference. CRC Press. 2022. P. 875–883.

31. Physiological effects of strobilurin and carboxamides on plants: An overview / A. C. E. Amaro et al. *Acta Physiol. Plant* 2019. No. 42 (1). P. 4–10. DOI: 10.1007/s11738-019-2991-x.

32. Randall G. W., Schulte E. E., Corey R. B. Effect of soil and foliar-applied manganese on the micronutrient content and yield of soybeans. *Agron. J.* 1975. No. 67. P. 502–507.

33. Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production / B. Guo et al. *Theoretical and Applied Genetics*. 2022. No. 135 (11). P. 4095–4121.

34. Soybean leaf disease detection and classification using deep learning approach / A. K. Adimas et al. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2025. No. 14 (4). P. 2697–2704.

35. Soybean yield components and seed potassium concentration responses among nodes to potassium fertility / M. R. Parvej et al. *Agronomy Journal*. 2016. No. 108 (2). P. 854–863.

36. The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed / V. Ghasemian et al. *J. Phytol.* 2010. No. 2. P. 73–79.

37. The effect of molybdenum and boron in soil on the growth and photosynthesis of three soybean varieties / P. Liu et al. *Plant, Soil and Environment*. 2005. No. 51 (5). P. 197–205.

38. The importance of soybean (*Glycine max*) as a source of biologically valuable substances / G. Kamshybayeva et al. *International Journal of Biology and Chemistry*. 2017. No. 10 (2). P. 23–27.

39. The strobilurin fungicides / D. W. Bartlett et al. *Pest Manag. Sci.* 2002. No. 58. P. 649–662.

40. Zinc-enriched fertilisers as a potential public health intervention in Africa / E. Joy et al. *Plant Soil*. 2015. No. 389. P. 1–24.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-9

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.11“324”:631.816:631.559

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ПІД ВПЛИВОМ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА ЕЛЕМЕНТІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ**О. І. Присяжнюк¹, Н. О. Кононюк¹, Т. В. Шевченко²**¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України
вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110²Національна академія аграрних наук України
вул. Омеляновича-Павленко, 9,
м. Київ, 01010**Про авторів:**Олег ПРИСЯЖНЮК,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-4639-424XНадія КОНОНЮК,
кандидат сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-5313-4999Тамара ШЕВЧЕНКО,
кандидат сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0001-9488-0325**Для листування:**Олег ПРИСЯЖНЮК
e-mail: ollpris@gmail.com**Інформація про фінансування:**

Національна академія аграрних наук України

Отримано:

12 лютого 2026 р.

Погоджено до друку:

11 березня 2026 р.

Опубліковано:

31 березня 2026 р.

Представлено результати п'ятирічних досліджень (2020–2024 рр.) щодо впливу мінерального живлення, сортових особливостей, ретардантів та систем захисту рослин на формування елементів структури врожаю пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) в умовах Правобережного Лісостепу України. Повний факторіальний експеримент охоплював 36 варіантів – комбінації трьох сортів (Легенда білоцерківська, Манера одеська, Воздвиженка), трьох рівнів удобрення ($N_{60}P_{40}K_{40}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$, $N_{180}P_{90}K_{90}$ + мікроелементи), двох систем захисту (хімічна та біологічна на основі ТАЕГРО) та двох ретардантів (Квантум-Аквасил і МОДДУС 250 ЕС). Встановлено чітку ієрархію впливу факторів: найсильніший вплив справляє рівень удобрення (приріст 7–24 %), далі – сортові особливості (варіація 15–20 %), ретарданти (3–8 %) та система захисту (3–5 %). Підвищення рівня мінерального живлення забезпечило найбільший приріст продуктивного стеблостою (+23,9 %) та маси зерна з колоса (+17,0 %). МОДДУС 250 ЕС зменшив висоту рослин на 8 см з одночасним покращенням показників продуктивності. Оптимальна комбінація факторів забезпечила розрахункову біологічну урожайність 12,5 т/га.

Ключові слова: пшениця озима, структура врожаю, мінеральне удобрення, сортові особливості, ретарданти, система захисту рослин, продуктивний стеблостій, маса зерна з колоса.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Присяжнюк О. І., Кононюк Н. О., Шевченко Т. В., 2026

Patterns of winter wheat yield structure formation under the influence of mineral nutrition and biologization elements

¹Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS

Klinichna street, 25, Kyiv, 03110

²National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Omelyanovycha-Pavlenko St., 9 Kyiv, 01010

About authors:

Oleh PRYSIAZHNIUK

ORCID: 0000-0002-4639-424X

Nadiya KONONIUK

ORCID: 0000-0002-5313-4999

Tamara SHEVCHENKO

ORCID: 0000-0001-9488-0325

For corresponding:

Oleh PRYSIAZHNIUK

e-mail: ollpris@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

February 12, 2026

Accepted:

March 11, 2026

Published:

March 31, 2026

The results of five-year studies (2020–2024) on the influence of mineral nutrition, varietal characteristics, retardants, and plant protection systems on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield structure elements formation in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine are presented. A full factorial experiment comprised 36 treatments – combinations of three varieties (Lehenda bilotserkivska, Manera odeska, Vozdvyzhenka), three fertilization levels (N₆₀P₄₀K₄₀, N₁₂₀P₆₀K₆₀, N₁₈₀P₉₀K₉₀ + microelements), two protection systems (chemical and biological based on TAEGRO), and two retardants (Quantum-Aquasil and MODDUS 250 EC). A clear hierarchy of factor influence was established: the strongest effect came from fertilization level (7–24 % increase), followed by varietal traits (15–20 % variation), retardants (3–8 %), and protection system (3–5 %). Increased mineral nutrition provided the highest gains in productive stem density (+23.9 %) and grain weight per ear (+17.0 %). MODDUS 250 EC reduced plant height by 8 cm while simultaneously improving productivity parameters. The optimal factor combination ensured an estimated biological yield of 12.5 t/ha.

Keywords: winter wheat, yield structure, mineral fertilization, varietal characteristics, retardants, plant protection system, productive stem density, grain weight per ear.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є основною продовольчою культурою в Україні, виробництво зерна якої має стратегічне значення для забезпечення продовольчої безпеки держави [1, 9]. За даними В. В. Петриченка та В. В. Лихочвора [13], за оптимальних умов вирощування та впровадження інтенсивних технологій урожайність пшениці озимої в зоні Лісостепу України досягає 8,0–13,2 т/га, що відповідає європейському рівню. Водночас середня врожайність по Україні залишається значно нижчою – на рівні 4,5–5,5 т/га, що свідчить про значний нереалізований потенціал культури [1, 2].

Формування високих і стабільних урожаїв зерна пшениці озимої визначається генетичним потенціалом сорту, умовами мінерального живлення, фітосанітарним станом посівів та застосуванням регуляторів росту [9, 10]. В. В. Моргун, Є. Ю. Санін та В. В. Швартау [10] у межах програми «Клуб 100 центнерів» показали, що сучасні сорти української селекції здатні формувати урожайність понад 10 т/га за умов збалансованого мінерального живлення та комплексного захисту рослин. При цьому маса зерна з колоса у високопродуктивних сортів досягала 2,0–2,5 г, а продуктивний стеблостій – 500–600 шт./м² [10, 13].

Рівень мінерального живлення є одним із визначальних факторів формування врожаю. За даними Г. П. Жемели та С. М. Шакалій [4], підвищення дози азотних добрив від N_{60} до N_{120} забезпечувало зростання врожайності зерна пшениці озимої на 15–22 % в умовах Лівобережного Лісостепу. Дослідження А. Atanasov та ін. [17] підтвердили, що оптимізація системи удобрення за схемою $N_{120}P_{60}K_{60}$ підвищувала масу 1000 зерен на 3,8–4,5 г та натуру зерна на 12–18 г/л порівняно з мінімальним удобренням. Г. М. Господаренко [3] зазначає, що ефективність використання добрив значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов, попередника та сортових особливостей культури.

Вибір сорту є фундаментальною основою технології вирощування, оскільки генетичний потенціал визначає межі можливої реалізації продуктивності. За результатами досліджень В. В. Кириченка, В. М. Костромітіна та О. О. Колісник [6], нові сорти пшениці м'якої озимої характеризуються високою адаптивною здатністю та стабільністю, формуючи врожайність на рівні 6,8–8,5 т/га в різних ґрунтово-кліматичних зонах. С. П. Лифенко та Т. П. Нарган [8] показали, що сорти інтенсивного типу забезпечують приріст урожайності на 18–25 %, порівняно з екстенсивними генотипами за умов оптимального живлення. А. В. Панфілова та В. В. Гамаюнова [12] встановили, що за оптимізації живлення маса зерна з колоса у сортів пшениці озимої в умовах Південного Степу зростала на 0,15–0,28 г.

Застосування ретардантів є важливим елементом інтенсивних технологій, спрямованим на запобігання вилягання рослин. А. О. Рожков, В. К. Пузік та С. М. Каленська [15] зазначають, що тринексапак-етил (МОДДУС) знижує висоту рослин пшениці на 8–15 см без негативного впливу на продуктивність, а в окремих випадках навіть підвищує масу зерна з колоса на 3–5 %. За даними R. Qin та ін. [16], ретарданти сприяють перерозподілу асимілятів на користь

репродуктивних органів, що позитивно впливає на озерненість колоса та крупність зерна.

В останні роки зростає інтерес до біологічних систем захисту рослин як альтернативи хімічним засобам. Н. Лі та ін. [18] показали, що препарати на основі *Bacillus subtilis* забезпечують контроль грибкових патогенів пшениці на рівні 60–75 % від ефективності хімічних фунгіцидів. В. М. Круть та М. А. Ткаченко [7] встановили, що за низького інфекційного навантаження біопрепарати забезпечують збереження 92–95 % потенційного врожаю. О. S. Demyanyuk та ін. [20] підтвердили перспективність біологізованих систем вирощування пшениці озимої в умовах Карпатського регіону, де врожайність за біологічного захисту становила 4,60–5,54 т/га.

Незважаючи на значну кількість досліджень з окремих аспектів технології вирощування пшениці озимої, комплексна оцінка взаємодії факторів – удобрення, сорту, системи захисту та ретарданту – в рамках єдиного факторіального експерименту залишається недостатньо висвітленою [2, 11, 19]. Більшість досліджень обмежуються вивченням одного-двох факторів, що не дозволяє виявити характер їх взаємодії та оптимізувати технологію в цілому. М. І. Кулик та ін. [19] зазначають, що аналіз структури врожаю за різних технологій вирощування потребує багатофакторного підходу з урахуванням синергічних та антагоністичних ефектів агроприймів. М. М. Назаренко, В. І. Горшар [11] наголошують на необхідності системного аналізу впливу агротехнологічних факторів на продуктивність пшениці озимої з використанням сучасних методів математичної статистики.

Метою дослідження було встановлення закономірностей формування елементів структури врожаю пшениці озимої залежно від рівня мінерального живлення, сортових особливостей, типу ретарданту та системи захисту рослин та їх

взаємодії в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи. Дослідження проводили впродовж 2020–2024 рр. на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (Правобережний Лісостеп, Київська обл.). Грунт – чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий з вмістом гумусу 4,1–4,3 %, рухомого фосфору (за

Чириковим) – 128–145 мг/кг, обмінного калію – 112–130 мг/кг, рН_{сол.} – 5,8–6,2.

Погодні умови весняно-літнього періоду вегетації характеризувалися значною міжрічною варіабельністю, що дозволило оцінити реакцію посівів пшениці озимої на контрастні гідротермічні умови. Аналіз коефіцієнтів суттєвості відхилень температури повітря та кількості опадів від багаторічної норми наведено в таблиці 1.

1. Показники коефіцієнтів суттєвості відхилень елементів погоди весняно-літнього періоду вегетації (2020-2024 рр.)

Місяць	Середня температура повітря, °С				Кількість опадів, мм			
	декади			за місяць	декади			за місяць
	1	2	3		1	2	3	
2020								
Квітень	0,30	0,12	1,70	0,51	-0,61	-0,93	-0,79	-1,19
Травень	-0,33	-1,66	-1,59	-2,12	1,05	0,31	1,95	1,54
Червень	0,62	3,04	1,98	2,67	-1,40	1,11	-1,18	-0,55
Липень	1,84	0,12	1,51	0,90	0,10	-1,77	0,61	-0,18
Серпень	0,61	0,14	1,22	0,92	-0,68	-1,50	1,23	-0,78
2021								
Квітень	-0,37	0,29	2,10	0,21	-0,23	-0,83	0,85	-0,24
Травень	0,80	0,08	-0,37	0,09	0,74	1,96	-0,62	0,83
Червень	-0,62	1,39	2,94	1,64	-1,47	0,06	-1,33	-1,67
Липень	2,70	1,55	2,76	2,29	-1,42	0,60	-1,24	-1,17
Серпень	2,09	1,35	0,36	1,05	0,35	-1,06	0,61	-0,21
2022								
Квітень	0,00	-0,76	0,52	-0,19	0,00	-0,79	0,25	-0,25
Травень	-0,33	-0,32	-0,48	-0,68	-1,13	-0,51	0,68	-0,27
Червень	1,60	1,70	1,26	2,18	-1,77	-1,23	-0,50	-2,41
Липень	2,17	-0,54	0,98	0,48	-2,07	0,01	-1,54	-1,83
Серпень	0,25	1,69	1,79	1,72	1,47	0,93	-1,26	0,78
2023								
Квітень	0,07	0,64	-0,39	0,21	2,07	0,84	-0,85	1,72
Травень	-1,79	0,55	0,59	-0,12	-1,13	-0,65	-0,48	-0,95
Червень	0,36	0,87	0,84	0,97	-0,56	-1,28	1,19	-0,59
Липень	1,64	0,45	0,71	0,89	-0,46	-0,17	0,60	0,02
Серпень	2,46	2,57	2,36	2,78	-1,03	-1,48	-0,04	-1,99
2024								
Квітень	2,39	2,23	1,44	2,53	-0,61	1,46	1,76	0,79
Травень	1,00	-1,89	1,33	0,83	-1,10	-0,65	-0,54	-0,97
Червень	2,06	1,39	1,50	2,36	0,81	0,81	-1,37	0,15
Липень	2,70	2,08	2,14	2,49	-2,10	-1,75	-1,33	-2,27
Серпень	1,11	1,76	2,33	2,24	1,22	-1,39	-1,26	-1,38

Вегетаційний період 2020 р. був контрастним: холодний травень (-2,12), спекотний червень (+2,67), що забезпечувало задовільний налив зерна, а

2021 р. був посушливо-теплим: спекотний липень (+2,29) з дефіцитом вологи (-1,17...-1,67) у критичний період росту і розвитку рослин пшениці.

В умовах 2022 р. спостерігалась гостра посуха в червні: найгірше поєднання спеки (+2,18) і дефіциту опадів (-2,41) саме у фазі колосіння-цвітіння, коли у 2023 р. склались найбільш сприятливі умови: норма від травня до липня, вологий квітень (+1,72), стрес лише у серпні (коли врожай вже сформувався). А умови 2024 р. були такими, що стійка спека проявлялась впродовж квітня-серпня (+2,24...+2,53), а критична посуха в липні (-2,27).

Схема досліду передбачала повний факторіальний експеримент із 36 варіантами. Фактор А – сорт: Легенда білоцерківська, Манера одеська, Воздвиженка. Фактор Б – рівень удобрення: мінімальний ($N_{60}P_{40}K_{40}$), середній ($N_{120}P_{60}K_{60}$), максимальний ($N_{180}P_{90}K_{90}$ + мікроелементи). Фактор В – система захисту: хімічна (комплекс синтетичних фунгіцидів та інсектицидів) та біологічна (ТАЕГРО, *Bacillus subtilis*, штам 1 BS 2020). Фактор Г – ретардант: Квантум-Аквасил

(хлормекватхлорид + кремній) та МОДДУС 250 ЕС (тринексапак-етил).

Площа облікової ділянки – 25 м², повторність – чотириразова. Попередник – соя. Обробіток ґрунту – загальноприйнятий для зони Лісостепу України.

Визначали: висоту рослин, довжину колоса, кількість колосків у колосі, кількість зерен у колосі, масу зерна з колоса, масу 1000 зерен, продуктивний стеблостій, натуру зерна. Статистичну обробку результатів проводили методами дисперсійного та кореляційного аналізу з використанням програми Statistica 10.0. Достовірність різниць оцінювали за критерієм Фішера при рівні значущості $P < 0,05$.

Результати та обговорення. Серед усіх досліджуваних факторів, рівень мінерального живлення виявив найбільш виражений і послідовний вплив на структуру врожаю пшениці озимої (табл. 2). Підвищення дози добрив від мінімальної ($N_{60}P_{40}K_{40}$) до максимальної ($N_{180}P_{90}K_{90}$ + мікроелементи) супроводжувалося статистично достовірним покращенням практично всіх досліджуваних показників.

2. Вплив рівня мінерального удобрення на показники структури врожаю пшениці озимої (середнє за 2020–2024 рр.)

Показник	Мінімальне	Середнє	Максимальне
Висота рослин, см	86,6±3,2	92,8±2,9	99,6±3,5
Довжина колоса, см	9,0±0,4	9,4±0,3	9,9±0,5
Кількість колосків, шт.	17,5±0,8	18,2±0,7	18,7±0,6
Кількість зерен у колосі, шт.	38,8±2,1	41,2±1,8	43,9±2,3
Маса зерна з колоса, г	1,74±0,09	1,89±0,08	2,03±0,11
Маса 1000 зерен, г	43,7±1,4	45,8±1,2	46,8±1,5
Стеблостій, шт./м ²	442±18	490±15	547±21
Натура зерна, г/л	757±6	765±5	753±7

Примітка. Наведено середнє ± стандартне відхилення за 2020–2024 рр.

Найбільш чутливим до рівня мінерального живлення виявився продуктивний стеблостій (+23,9 %). Маса зерна з одного колоса збільшилася на 17,0 % – від 1,74 до 2,03 г (рис. 1). Математична декомпозиція приросту

засвідчила, що внесок озерненості колоса становив 64 %, а крупності зерна – 36 %. Натура зерна практично не змінювалася (753–765 г/л), що свідчить про високу стабільність цього якісного показника.

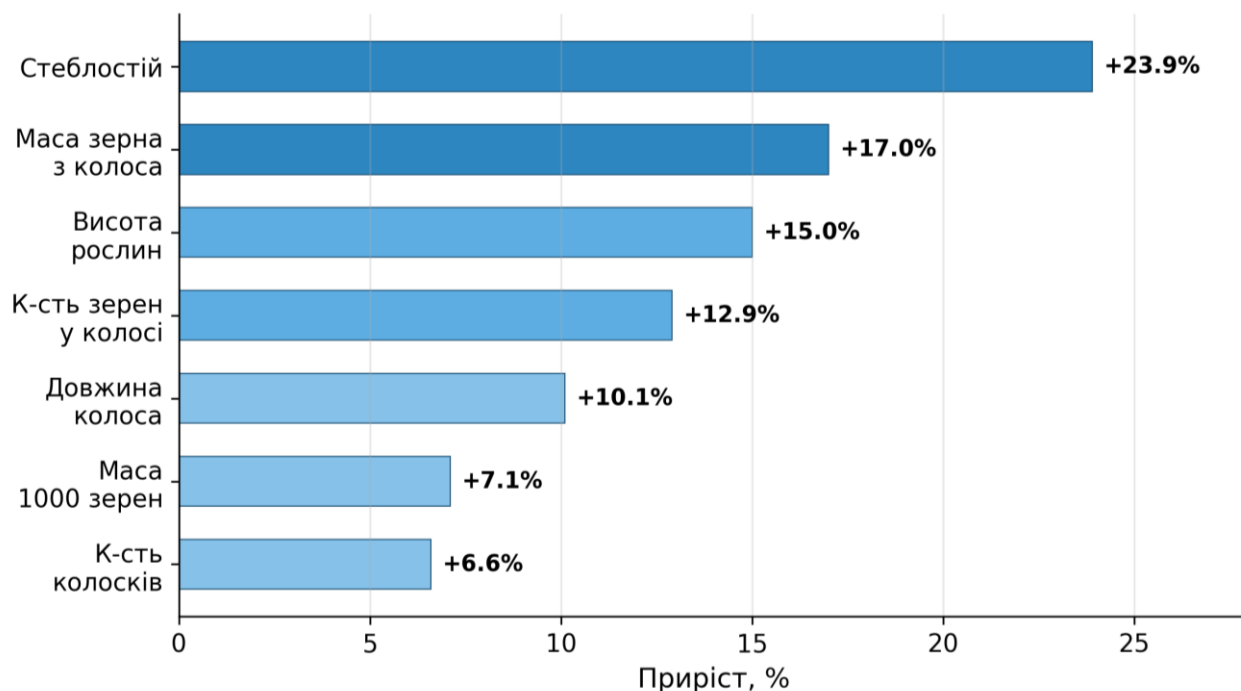


Рис. 1. Приріст показників структури врожаю зі зростанням рівня удобрення від мінімального до максимального

Три досліджувані сорти продемонстрували суттєві відмінності за елементами продуктивності (рис. 2,

табл. 3), що відображає різні стратегії формування врожаю.

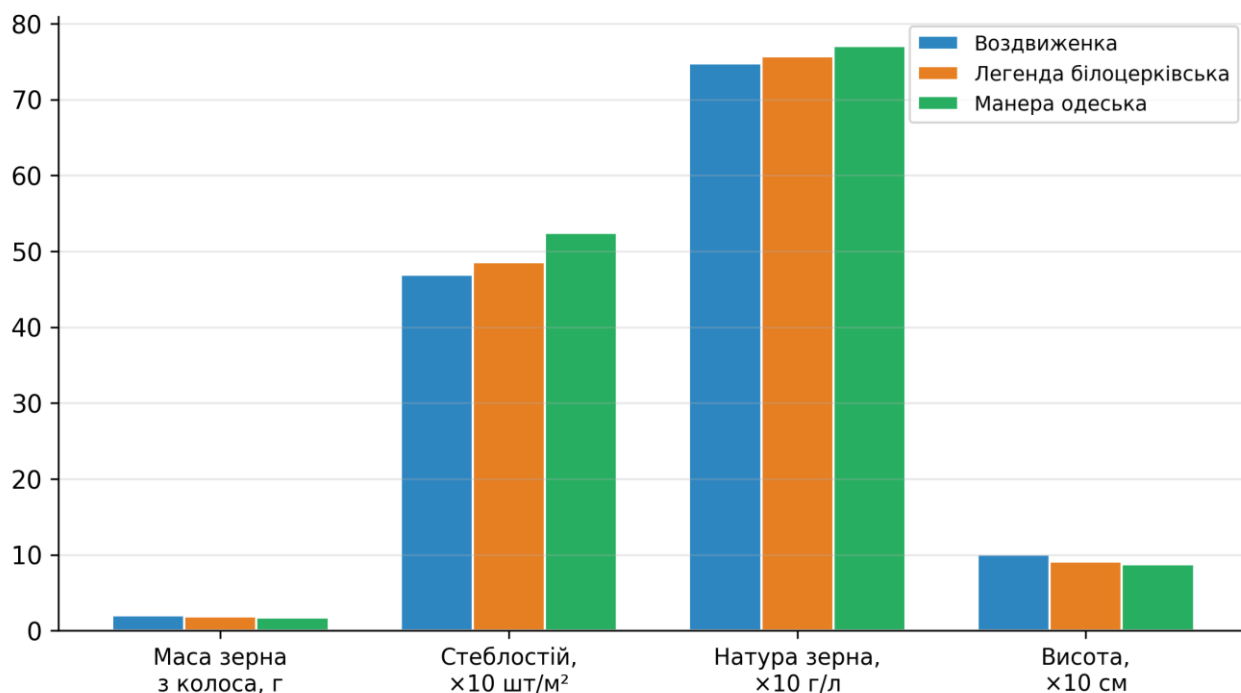


Рис. 2. Порівняння ключових показників структури врожаю досліджуваних сортів пшениці озимої

3. Середні показники структури врожаю за сортами пшениці озимої (2020–2024 рр.)

Сорт	Висота, см	Колос, см	Зерен, шт.	Маса, г	Маса 1000 зерен, г	Стебла, шт./м ²	Натура, г/л
Воздвиженка	100,5 ± 3,8	10,2 ± 0,4	43,7 ± 2,0	2,03 ± 0,10	46,0 ± 1,3	469 ± 19	748 ± 7
Легенда білоцерківська	91,3 ± 3,1	9,7 ± 0,3	41,4 ± 1,9	1,90 ± 0,09	45,5 ± 1,4	486 ± 16	757 ± 5
Манера одеська	87,2 ± 2,8	8,4 ± 0,3	38,0 ± 1,7	1,72 ± 0,08	44,9 ± 1,2	524 ± 20	771 ± 6

Сорт Воздвиженка реалізує стратегію формування врожаю через крупний високопродуктивний колос (2,03 г) за меншої густоти стеблостою (469 шт./м²). Манера одеська – через велику кількість дрібніших колосів (524 шт./м²) з найвищою натурою зерна (771 г/л). Легенда білоцерківська займає проміжне

положення як універсальний пластичний сорт.

Результати досліджень засвідчили, що МОДДУС 250 ЕС виявив значно сильнішу ретардантну дію порівняно з Квантум-Аквасил (табл. 4, рис. 3). Різниця у висоті рослин становила 8,0 см (8,2 %), що є агрономічно значущим.

4. Вплив ретардантів на показники структури врожаю пшениці озимої

Показник	Квантум-Аквасил	МОДДУС 250 ЕС
Висота рослин, см	97,0 ± 3,4	89,0 ± 2,7
Довжина колоса, см	9,4 ± 0,4	9,5 ± 0,3
Кількість зерен у колосі, шт.	40,9 ± 2,0	41,7 ± 1,9
Маса зерна з колоса, г	1,86 ± 0,09	1,92 ± 0,08
Маса 1000 зерен, г	44,9 ± 1,3	46,0 ± 1,2
Стеблостій, шт./м ²	481 ± 17	505 ± 16
Натура зерна, г/л	756 ± 6	761 ± 5

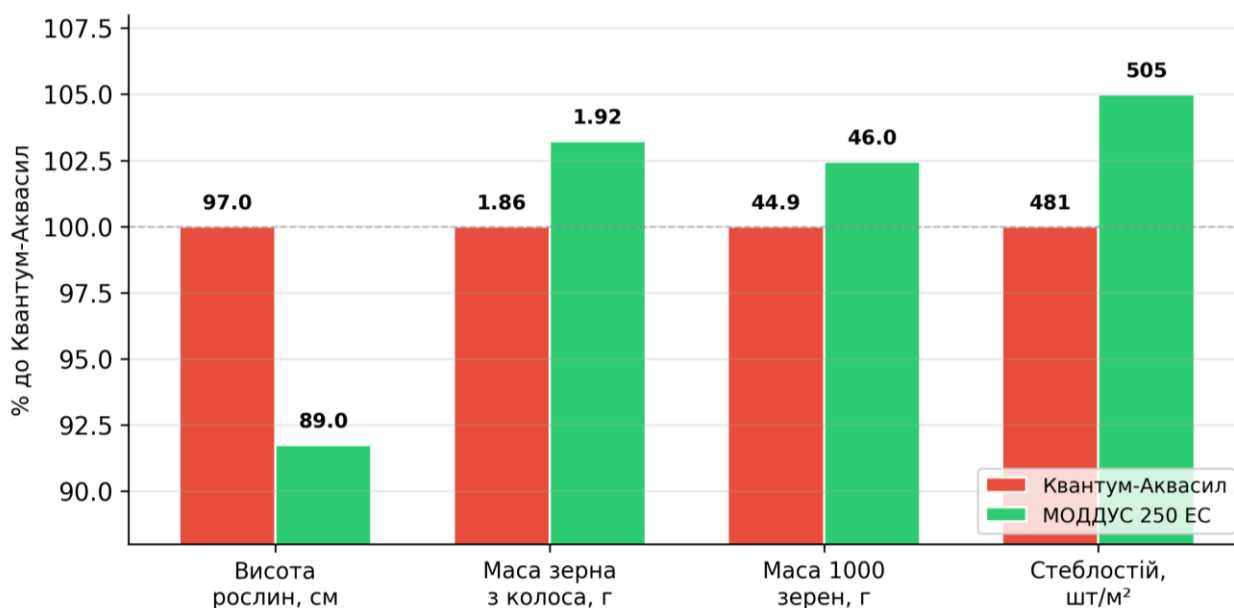


Рис. 3. Порівняння ефективності застосування ретардантів за показниками структури врожаю

Скорочення висоти
супроводжувалося покращенням
показників продуктивності: маса зерна з
колоса зроста на 3,2 %, маса 1000 зерен –
на 2,4 %, стеблостій – на 5,0 %. Це

пояснюється перерозподілом асимілятів від
вегетативних до репродуктивних органів.

Порівняння систем захисту
засвідчило перевагу хімічної системи за
всіма показниками (табл. 5), хоча ця
перевага становила лише 3–5 %.

5. Вплив системи захисту рослин на структуру врожаю пшениці озимої

Показник	Хімічний	Біологічний
Висота рослин, см	93,6 ± 3,2	92,4 ± 3,0
Кількість зерен у колосі, шт.	41,9 ± 2,1	40,6 ± 1,8
Маса зерна з колоса, г	1,92 ± 0,10	1,85 ± 0,09
Маса 1000 зерен, г	45,7 ± 1,3	45,1 ± 1,4
Стеблостій, шт./м ²	505 ± 18	481 ± 17
Натура зерна, г/л	763 ± 6	754 ± 7

Біологічна система захисту на основі
ТАЕГРО забезпечила прийнятний рівень
продуктивності і може розглядатися як
альтернатива хімічним засобам у системах
екологічно орієнтованого землеробства.
Оптимальна комбінація факторів
(максимальне удобрення + хімічний
захист + МОДДУС 250 ЕС) забезпечила
масу зерна з колоса 2,12 г, найменш
ефективна – 1,66 г. Різниця становила
27,7 %.

Кореляційний аналіз виявив
найсильніші позитивні зв'язки між
довжиною колоса та кількістю колосків
($r = 0,961$), кількістю зерен та масою зерна
з колоса ($r = 0,948$). Від'ємні кореляції маси
зерна з висотою рослин ($r = -0,544$) та
довжиною колоса ($r = -0,564$) пояснюються
конкуренцією за асиміляти між
вегетативними та репродуктивними
органами.

Висновки. За результатами
п'ятирічних досліджень встановлено чітку
ієрархію впливу факторів на елементи
структури врожаю пшениці озимої:
найсильніший вплив справляє рівень
мінерального удобрення (приріст
показників на 7–24 %), далі – генетичні
особливості сорту (варіація 15–20 %),

ретарданти (ефект 3–8 %) та система
захисту (ефект 3–5 %).

Підвищення рівня мінерального
живлення від N₆₀ до N₁₈₀ забезпечило
найбільший приріст продуктивного
стеблостою (+23,9 %), маси зерна з колоса
(+17,0 %) та кількості зерен (+12,9 %).
Приріст маси зерна з колоса на 64 %
зумовлений збільшенням озерненості, а на
36 % – підвищенням крупності зерна.

Сорти пшениці озимої реалізують
різні стратегії формування врожаю:
Воздвиженка – через високопродуктивний
колос (2,03 г) за меншого стеблостою
(469 шт./м²), Манера одеська – через високу
густоту стеблостою (524 шт./м²) з
найвищою натурою зерна (771 г/л), Легенда
білоцерківська займає проміжне
положення.

МОДДУС 250 ЕС рекомендується як
основний ретардант для інтенсивних
технологій, оскільки забезпечує зменшення
висоти рослин на 8 см з одночасним
покращенням маси зерна з колоса (+3,2 %) та
стеблостою (+5,0 %). Хімічна система
захисту перевищує біологічну (ТАЕГРО) на
3–5 %, проте біологічний захист є
принятною альтернативою для
екологічного землеробства.

Список використаної літератури

1. Гадзало Я. М., Гладій М. В., Саблук П. Т.
Розвиток аграрного виробництва як передумова
забезпечення продовольчої безпеки України. Київ :
Аграрна наука, 2019. 40 с.

References

1. Hadzalo Ya. M., Hladii M. V., Sabluk P. T.
Development of agricultural production as a
prerequisite for ensuring food security in Ukraine.
Kyiv : Ahrarna nauka, 2019. 40 p.

2. Гирка А. Д., Кулик І. О., Гирка Т. В. Адаптивні технології вирощування зернових культур у Степу України. Дніпро : ІЗК НААН, 2020. 320 с.
3. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 276 с.
4. Жемела Г. П., Шакалій С. М. Формування продуктивності та якості зерна пшениці озимої залежно від рівня мінерального живлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 26–33.
5. Іваніна В. В. Біологізація добрив сільськогосподарських культур у сівознах. Київ : Компрінт, 2016. 328 с.
6. Кириченко В. В., Костромітін В. М., Колісник О. О. Адаптивна здатність та стабільність нових сортів пшениці м'якої озимої. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 111. С. 48–57.
7. Круть В. М., Ткаченко М. А. Ефективність біологічних препаратів у системі захисту пшениці озимої від хвороб. *Захист і карантин рослин*. 2021. Вип. 67. С. 78–89.
8. Лифенко С. П., Нарган Т. П. Селекція пшениці озимої на адаптивність до стресових факторів середовища. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 5. С. 42–47.
9. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2006. 730 с. <https://agrofile.com/wp-content/uploads/2020/06/%D0%A0%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%9B%D0%B8%D1%85%D0%BE%D1%87%D0%B2%D0%BE%D1%80-2006.pdf>.
10. Моргун В. В., Санін Є. Ю., Швартау В. В. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та системи живлення і захисту озимої пшениці. Київ : Логос, 2014. 148 с.
11. Назаренко М. М., Горщар В. І. Мінливість за врожайністю та якістю зерна колекції сортів пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 108–115. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.12>.
12. Панфілова А. В., Гамаюнова В. В. Формування надземної маси сортів пшениці озимої залежно від оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агронія*. 2018. № 22 (1). С. 332–339. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2018_22\(1\)_54](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2018_22(1)_54).
13. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підруч. 5-те вид., виправ., доповн. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 806 с. https://www.fri.vin.ua/download_materials/PLANT_GR OWING.pdf.
14. Поліщук В. В., Коновалов Д. В. Елементи структури врожаю та біологічна врожайність залежно від технології вирощування насіння пшениці
2. Hyrka A. D., Kulyk I. O., Hyrka T. V. Adaptive technologies for growing grain crops in the Steppe of Ukraine. Dnipro : IZK NAAN, 2020. 320 p.
3. Hospodarenko H. M. Fertilization of agricultural crops. Kyiv : TOV «SIK HRUP UKRAINA», 2016. 276 p.
4. Zhemela H. P., Shakalii S. M. Formation of productivity and quality of winter wheat grain depending on the level of mineral nutrition. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2019. No. 1. P. 26–33.
5. Ivanina V. V. Biologization of agricultural crop fertilization in crop rotations. Kyiv : Komprynt, 2016. 328 p.
6. Kyrychenko V. V., Kostromitin V. M., Kolisnyk O. O. Adaptive ability and stability of new varieties of soft winter wheat. *Seleksiia i nasinnytstvo*. 2017. Issue 111. P. 48–57.
7. Krut V. M., Tkachenko M. A. The effectiveness of biological preparations in the system of protection of winter wheat from diseases. *Zakhyst i karantyn roslyn*. 2021. Issue 67. P. 78–89.
8. Lyfenko S. P., Narhan T. P. Breeding winter wheat for adaptability to environmental stress factors. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2016. No. 5. P. 42–47.
9. Lykhochvor V. V., Petrychenko V. F. Crop production. Modern intensive technologies for growing major field crops. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnolohii», 2006. 730 p. <https://agrofile.com/wp-content/uploads/2020/06/%D0%A0%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%9B%D0%B8%D1%85%D0%BE%D1%87%D0%B2%D0%BE%D1%80-2006.pdf>.
10. Morhun V. V., Sanin Ye. Yu., Shvartau V. V. 100 Centners Club. Modern varieties and systems of winter wheat nutrition and protection. Kyiv : Lohos, 2014. 148 p.
11. Nazarenko M. M., Horshchar V. I. Variability in yield and grain quality of a collection of winter wheat varieties. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2019. No. 1. P. 108–115. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.12>.
12. Panfilova A. V., Hamaiunova V. V. Formation of above-ground mass of winter wheat varieties depending on nutrition optimization in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia: Ahronomiia*. 2018. No. 22 (1). P. 332–339. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2018_22\(1\)_54](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2018_22(1)_54).
13. Petrychenko V. F., Lykhochvor V. V. Crop production. New technologies for growing field crops: textbook, 5th ed., corrected, supplemented. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnolohii», 2020. 806 p. https://www.fri.vin.ua/download_materials/PLANT_G ROWING.pdf.
14. Polishchuk V. V., Konovalov D. V. Elements of yield structure and biological yield depending on the technology of growing winter wheat seeds. *Ahrobiolohiia*. 2022. No. 2. P. 193–199. DOI:

озимої. *Агробіологія*. 2022. № 2. С. 193–199. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-174-2-193-199.

15. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. Регулятори росту рослин у технологіях вирощування зернових культур. Харків : Майдан, 2019. 350 с.

16. Application of Plant Growth Regulators on Soft White Winter Wheat under Different Nitrogen Rates / R. Qin et al. *Agriculture (MDPI)*. 2020. Vol. 10, Issue 7. Article 305. DOI: 10.3390/agriculture10070305.

17. Atanasov A., Nankova M. Effect of Main Agronomy Factors on the Productivity and Physical Characteristics of Common Winter Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Grown under Conventional and Transitional-Organic Production. *BJCS* 2023, 60 (5), 28–39. DOI: <https://doi.org/10.61308/FEKZ3910>.

18. Biological control of wheat stripe rust by an endophytic *Bacillus subtilis* strain E1R-j in greenhouse and field trials / H. Li et al. *Kang. Crop Protection*. 2013. Vol. 43. P. 201–206. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.09.008.

19. Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield / M. I. Kulyk et al. *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18, No. 3. P. 2103–2116.

<https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/9675>.

20. Peculiarities of the biological potential of winter wheat (*Triticum aestivum*) under cultivation technologies of different intensity in the conditions of climate change / O. S. Demyanyuk et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2025. 16(1), e25009. <https://doi.org/10.15421/0225009>.

10.33245/2310-9270-2022-174-2-193-199.

15. Rozhkov A. O., Puzik V. K., Kalenska S. M. Plant growth regulators in grain crop growing technologies. Kharkiv : Mайдан, 2019. 350 p.

16. Application of Plant Growth Regulators on Soft White Winter Wheat under Different Nitrogen Rates / R. Qin et al. *Agriculture (MDPI)*. 2020. Vol. 10, Issue 7. Article 305. DOI: 10.3390/agriculture10070305.

17. Atanasov A., Nankova M. Effect of Main Agronomy Factors on the Productivity and Physical Characteristics of Common Winter Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Grown under Conventional and Transitional-Organic Production. *BJCS* 2023, 60 (5), 28–39. DOI: <https://doi.org/10.61308/FEKZ3910>.

18. Biological control of wheat stripe rust by an endophytic *Bacillus subtilis* strain E1R-j in greenhouse and field trials / H. Li et al. *Kang. Crop Protection*. 2013. Vol. 43. P. 201–206. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.09.008.

19. Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield / M. I. Kulyk et al. *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18, No. 3. P. 2103–2116.

<https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/9675>.

20. Peculiarities of the biological potential of winter wheat (*Triticum aestivum*) under cultivation technologies of different intensity in the conditions of climate change / O. S. Demyanyuk et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2025. 16(1), e25009. <https://doi.org/10.15421/0225009>.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-10

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.51:633.15:631.559(477.4)

**СПОСІБ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
В РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ ВРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ
У ЦЕНТРАЛЬНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ****В. В. Скорик**

Уманський національний
університет
вул. Інститутська, 1, м. Умань,
Черкаська обл., 20301

Про авторів:

Володимир СКОРИК,
кандидат сільськогосподарських
наук, старший викладач
ORCID: 0009-0008-8715-8826

Для листування:

Володимир СКОРИК
e-mail: skorik-v@ukr.net

Інформація про фінансування:

Всеукраїнський науковий інститут
селекції

Отримано:

4 жовтня 2025 р.

Погоджено до друку:

3 лютого 2026 р.

Опубліковано:

31 березня 2026 р.

В статті подано результати вивчення реакції гібридів кукурудзи різних груп стиглості (ФАО 210-350) на способи основного обробітку ґрунту в центральній частині Лісостепу України на чорноземі опідзоленому – рН 5,9-6,2, вміст гумусу 3,03–3,11 %. Встановлені істотні відмінності врожайності зерна по роках та варіантам досліду ($НІР_{0,95} \geq 0,80$ т/га) і характерна реакція гібридів кукурудзи на глибину та способи основного обробітку ґрунту. Максимальну середню урожайність зерна забезпечили гібриди Амарок 290 (11,54–11,81 т/га), ДКС 3511 (11,20–11,04 т/га) та Тесла (12,00–12,26 т/га). Виявлена стійка тенденція підвищення врожайності зерна при збільшенні глибини основного обробітку ґрунту. Дискування на глибину до 15 см, як основний обробіток ґрунту, негативно впливає на реалізацію врожайного потенціалу вивчених гібридів на фоні класичної оранки та призводить до недобору врожаю вивчених гібридів на 0,33...-0,94 т/га (-5,26...-16,97 %). Глибоке розпушування ґрунту (35–37 см) забезпечило прибавку врожайності зерна всіх вивчених гібридів кукурудзи в порівнянні із контрольним варіантом: Гран 220 – +1,05 т/га (+18,95 %); ДКС 3795 (st.) – +1,06 т/га (+15,02 %); Гран 310 – +0,83 т/га (+12,35 %); ЛГ 30315 (st.) – +1,48 т/га (+23,76 %); ВН 63 – +0,86 т/га (+13,05 %); Гран 6 – +0,79 т/га (+11,74 %); КВС 381 (st.) – +1,61 т/га (+22,49 %); ВН 6763 – +1,09 т/га (+15,50 %); Амарок 290 – +1,21 т/га (+17,44 %); ДКС 3511 – +0,66 т/га (+9,15 %); Тесла – +1,03 т/га (+13,00 %). Найбільша різниця по рівню середньої врожайності між варіантами дискування та глибокого розпушування встановлена у гібридів: Гран 220 – 1,99 т/га (35,9 %); Тесла – 1,97 т/га (24,9 %); КВС 381 – 2,06 т/га (28,8 %). Обґрунтованим є вирощування гібридів з ФАО 320-350 при глибокому (35–37 см) основному обробітку ґрунту комбінованим диско-лаповим агрегатом.

Ключові слова: кукурудза, урожайність, гібрид, оранка, дискування, глибоке розпушування, ґрунт.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Скорик В. В., 2026

Method of basic tillage in the realization of corn yield potential in the Central Forest-Steppe of Ukraine

Uman National University
St. Instytutska, 1, Uman,
Cherkasy region, 20301

About authors:

Volodymyr SKORYK
ORCID: 0009-0008-8715-8826

For corresponding

Volodymyr SKORYK
e-mail: skorik-v@ukr.net

Funding information:

Ukrainian scientific institute
of plant breeding

Received:

October 4, 2025

Accepted:

February 3, 2026

Published:

March 31, 2026

The article presents the results of studying the reaction of corn hybrids of different groups ripeness (FAO 210-350) on methods of basic tillage in the central part The forest -steppe of Ukraine on the black soil of the phyzidzole – pH 5.9-6.2, humus content of 3.03–3.11 %. There are significant differences in grain yield by years and options of experiment ($NIR_{0.95} \geq 0.80$ t/ha) and characteristic reaction of corn hybrids to the depth and methods of basic tillage. The maximum average grain yield was provided 290 (11.54–11.81 t/ha), DCS 3511 (11.20–11.04 t/ha) and Tesla (12.00–12.26 t/ha). Discovered steady tendency to increase grain yields with increasing the depth of basic tillage. Disculation to a depth of up to 15 cm as the main tillage affects the realization of the yield potential of the studied hybrids on the background of classical plowing and leads to a harvest of the studied hybrids on -0.33...-0.94 t/ha (-5.26...-16.97 %). Deep soil loosening (35–37 cm) provided the grain yield gain Corn hybrids studied compared to the control option: Grand 220 – +1.05 t/ha (+18.95 %); DCS 3795 (st.) – +1.06 t/ha (+15.02 %); Grand 310 – +0.83 t/ha (+12.35 %); LH 30315 (st.) – +1.48 t/ha (+23.76 %); VN 63 – +0.86 t/ha (+13.05 %); Grand 6 – +0.79 t/ha (+11.74 %); KVS 381 (st.) – +1.61 t/ha (+22.49 %); VN 6763 – +1.09 t/ha (+15.50 %); Amarok 290 – +1.21 t/ha (+17.44 %); DCS 3511 – +0.66 t/ha (+9.15 %); Tesla – +1.03 t/ha (+13.00 %). The biggest difference by the average yield between variants of disk and deep loosening Hybrids of Grand 220 – 1.99 t/ha (35.9 %), Tesla – 1.97 t/ha (24,9 %), KVS 381 – 2.06 t/ha (28,8 %). Botted is growing hybrids from FAO 320-350 at deep (35–37 cm) the main tillage of the soil with a combined disco-lap unit.

Keywords: corn, yield, hybrid, plowing, disk, deep, loosening, soil.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Продукція рослинництва – головне джерело харчових та кормових калорій в існуванні людства. Виробництво продукції рослинництва передбачає використання трудового ресурсу та викопної енергії в комплексі із технологічними досягненнями цивілізації. Витратна частина будь-якої системи вирощування є головним чинником визначення ефективності та доцільності культивування культурних рослин, тому вдосконалення технологічного процесу вирощування та зниження затрат на виробництво одиниці продукції – одне із завдань економічно обгрунтованого господарювання.

Кукурудза – зернова культура, яка займає у світі третє місце по виробництві

зерна і поступається за посівними площами рису та пшениці. По обсягах вирощування в Україні площа посіву культури за останні 8 років коливається від 3,975 млн га (2023 р.) до 5,482 млн га (2021 р.), а середня урожайність від 5,51 т/га (2017 р.) до 7,84 т/га (2018 р.). У 2024 р. відповідно площа збирання становила 3,8 млн га, а середня урожайність 6,4 т/га [13].

Зерно кукурудзи використовується на харчові цілі (мука, крохмаль, олія, крупи, пластівці й т. д.), для потреб тваринництва (концентровані корми, шрот, зелена та силосна маса), в технічних виробництвах (спирт, біоетанол, паливні пелети та ін.). В той самий час кукурудза є однією з енергетично затратних культур, оскільки

вагому частину в технології вирощування займає використання ресурсу на обробіток ґрунту, збирання, транспортування та сушіння зерна.

Механізація сільськогосподарського виробництва і наявність важкої великогабаритної техніки стала причиною надмірного ущільнення ґрунтів на полях, що негативно вплинуло на агрофізичний стан прикореневого шару. Внаслідок кліматичних змін відбувається частковий перерозподіл кількості атмосферних опадів та їх інтенсивності протягом року, а зміна середньої та максимальної температури повітря за період вегетації призводить до більш частого прояву посух і зливового характеру опадів, що негативно впливає на розвиток рослин та послаблення процесів гуміфікації. Зміна клімату є фактором деградації ґрунтів внаслідок розвитку процесів засолення та осолонцювання, зменшенню вмісту вологи, посилення водної та вітрової ерозії [19, 36].

Результати ретельного вивчення проблеми деградації ґрунтів та змін у структурі верхніх шарів внаслідок вирощування сільськогосподарських культур представлено в дисертації С. Долі (2024) [17]. Автор наголошує, що у результаті інтенсивного використання викопної енергії наслідком є забруднення навколишнього середовища із-за збільшення викидів в атмосферу продуктів згорання палива та біологічного вуглецю органічного походження.

В аналітичній доповіді Національного інституту стратегічних досліджень (2020) зазначено, що одним із джерел парникових газів (10–12 % загального антропогенного походження) є викиди сільськогосподарського походження. Постійне зростання обсягів виробництва продукції рослинництва без запровадження заходів раціонального землекористування призводить до скорочення запасів вуглецю у мінеральних ґрунтах та збільшення обсягів його викидів від обробітку земель [19].

Дослідження, опубліковане в журналі *Nature Communications*, екологом Нью-Йоркського університету М. Лу зі співавторами на аналізі бази даних зразків ґрунту з ділянок по всьому світу встановили існування другої, глибшої кореневої системи у рослин, який назвали "бімодальністю", що дозволяє рослинам отримувати доступ до поживних речовин з глибших ґрунтових горизонтів [20]. Вчені стверджують, що рослини можуть зберігати вуглець глибше в землі, ніж очікувалося, за рахунок глибокої кореневої системи, що пом'якшує наслідки зміни клімату. Ґрунт може утримувати більше вуглецю, ніж атмосфера, тому деякі заходи з пом'якшення наслідків зміни клімату зосереджені на культурах, що поглинають вуглець із повітря та зберігають його в корінні та ґрунті.

Проблема ущільнення ґрунтів та наявність "плужної підшви" негативно впливає на можливість росту кореневої системи культурних рослин на більшу глибину і порушує процеси водообміну та аерації в прикореновому шарі, що негативно впливає на урожайність вирощуваних культур. Сприятливі глибокому проникненню кореневої системи в ґрунт можливо при комплексному підході до системи обробітку ґрунту та збалансованому водозабезпеченню культурних рослин, а ощадливе використання викопних ресурсів передбачає отримання економічно обґрунтованого максимального урожаю основної продукції в умовах виробництва і збереження довкілля.

Зниження витрат на виробництво можливе за рахунок впровадження нових технологій вирощування та використання стійких до стресів середовища з високим генетичним потенціалом сортів та гібридів. Основними причинами, які впливають на можливість реалізації потенціалу сучасних гібридів кукурудзи і призводить до недоотримання валових зборів зерна, є порушення технології вирощування культури та особливості погодних умов кожного року і зміни клімату в цілому.

Зважаючи на те, що вибір гібриду, система захисту рослин та мінерального живлення, строки і норми висіву насіння, система підготовки ґрунту до посіву та інші вимоги технологічного процесу можуть бути переважно контрольованими людиною, то атмосферні й погодні явища не підлягають будь-якому впливу зі сторони технолога.

Забезпечення рослин вологою протягом всього вегетаційного періоду дає змогу створити оптимальні умови для формування повноцінного генетично обумовленого урожаю. Для цього вдосконалюються системи зрошення, сівозміни та способи механічного обробітку ґрунту, як складник технології, що істотно впливає на реалізацію рівня врожайності вирощуваних культур.

Аналіз досліджень наукових установ України та ряду авторів свідчить про наявність технологічних особливостей та відмінностей для вирощування високого урожаю зерна кукурудзи гібридів з різними групами стиглості в різних ґрунтових та кліматичних умовах регіонів України [37].

Гібриди кукурудзи поділені на групи стиглості та мають певні морфологічні й біологічні особливості. Потенційну продуктивність кожного біотипу можливо отримати за створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин, а саме – оптимальної агротехніки вирощування та використанні природно-кліматичних ресурсів [32].

За твердженням Вожегової та ін. (2023) [29] різниця в періоді вегетації між ФАО 190 і 380 складає до 19–22 доби, що змінює загальне водоспоживання культурою і є одним з факторів впливу на формування продуктивності гібридів.

З літературних джерел відомо, що кукурудза, як одна з найбільш урожайних зернових культур має високий потенціал урожайності. О. Григор'єва та ін. (2006) зазначають про урожайність в північному Степу середньоранніх гібридів з ФАО 290 понад 9,0 т/га [10].

Про надзвичайно високий потенціал урожайності зерна кукурудзи у сучасних

гібридів (до 20,0 т/га) та до 80–90 т/га силосної маси є дані в публікації В. Гангур (2025) [9].

Автори А. Влащук та ін. вказують на можливості реалізації генетичного потенціалу кукурудзи на рівні 16–17 т/га [5].

Результати випробування в східній частині Лісостепу вказують про урожайність гібридів кукурудзи з ФАО від 300 до 500 на рівні від 9,02 т/га до 15,28 т/га [38].

Абсолютним рекордом реалізованого генетичного потенціалу урожайності кукурудзи у світі станом на 2024 р. є 39,14 т/га на краплинному зрошенні в США за технології Strip-till [11, 39].

В Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні [12] та безпосередньо у виробництві присутня надзвичайно велика кількість (більш як 1000) гібридів та ліній кукурудзи різних груп стиглості селекційних установ України та інших країн, але реалізація потенціалу їх урожайності можлива при комплексному підході до технології вирощування.

Вивчення впливу ущільнення ґрунтів на урожайність кукурудзи відображено в ряді публікацій дослідників. Як зазначає М. Шевченко зі співавторами (2024) особливо відчутний вплив ущільнення ґрунтів на посівах кукурудзи, де від початку сівби до завершення вегетації спостерігалось найбільш стрімке зростання показників твердості – 11,5–31,7 кг/см² на оранці та 16,9–36,4 кг/см² при застосуванні мілкого дискування.

Кукурудза, як культура значних обсягів вологоспоживання, призводила до прискореного ущільнення ґрунту, яке досягало у фазі повної стиглості зерна (в шарі 0–30 см) – 1,31–1,40 г/см³ [1].

Характер змін щільності та твердості в різноглибинних шарах ґрунту протягом вегетації залежно від способу та глибини основного обробітку детально описані в огляді літератури дисертаційної роботи С. М. Долі (2024) [17]. Автором акцентовані особливості різних способів

обробітку в різних ґрунтових умовах і вказані їх переваги та недоліки. За його даними найвищу урожайність зерна кукурудзи досягнуто на оранці на 25–27 см. Зниження урожайності в порівнянні з оранкою більше ніж на 20 % зафіксовано при використанні дискування, але безполицевий обробіток має переваги перед іншими обробітками внаслідок зменшення ерозійних процесів і випаровуванням води [16].

Дослідження інших авторів доводять, що незалежно від способу обробітку – оранка, дискування, культивування, чи нульовий обробіток – можливо досягти ефективного використання ресурсів і стабільного зростання урожайності [3, 8].

Перевага глибокого розпушення над чизелюванням і дискуванням щодо оптимізації агрофізичного стану ґрунтів зберігається протягом всього вегетаційного періоду сільськогосподарських культур [1, 17].

М. Маренич (2024) за допомогою багатофакторного дисперсійного аналізу встановив орієнтовну величину впливу кожного фактору окремо, де найбільший вплив на урожайність 54 % мали генетичні властивості, другим за важливістю є спосіб обробітку ґрунту – 41 % [22].

Перевагу глибокого обробітку ґрунту над поверхневим доведено дослідниками П. Писаренко та ін. (2020) і Т. Тесля (2016), оскільки волога зберігається в глибших шарах у період всієї вегетації, що також сприяє покращенню фітосанітарного стану посіву [6, 35].

Дослідники наукових установ стверджують, що збільшення глибини обробітку ґрунту сприяє підвищенню урожайності зеленої маси кукурудзи на силос, а глибокий безполицевий обробіток дисковими агрегатами забезпечує реалізацію вищого урожаю зерна і доводять у своїх роботах перевагу глибокої оранки над іншими способами обробітку [15, 21].

Про важливість та доцільність глибокого обробітку ґрунту для формування максимального урожаю зерна

інших культур свідчать результати опублікованих досліджень по соняшнику та озимій пшениці [7, 30]. Останні дані свідчать про переваги технології No-till над іншими способами обробітку ґрунту на кукурудзі та сої в Степовій зоні [34].

С. Добранський та ін. (2024) з погляду підвищення врожайності доводять переваги технології Strip-till, яка є більш ефективною порівняно з технологією No-till, оскільки проведення додаткових технологічних операцій в оброблюваних смугах сприяє підвищенню врожайності на 25 % і економії коштів на мінеральні добрива до 50 % [14].

Оригінатори та виробники насіння кукурудзи надають обмежені рекомендації стосовно технології вирощування кожного гібриду. Частина дослідників віддає перевагу класичній оранці, інші глибокому розпушуванню ґрунту, є прихильники безвідвальної технології мінімального поверхневого обробітку, технологій No-till та Strip-till. Кожен зі згаданих способів має свої переваги та недоліки, але універсальної технології обробітку ґрунту для культури "кукурудза" не існує.

Враховуючи, що кукурудза найбільше використовує води в процесі росту і формування урожаю – збереження накопиченої наявної вологи та максимально ефективного утримання води з опадів за вегетацію у ґрунті шляхом обґрунтованого підходу до системи вдосконалених методів обробітку є одним із головних завдань у польових умовах.

Зважаючи на географічну різноманітність умов вирощування, типів ґрунтів, особливості гібридів, характеру температурних особливостей та умов зволоження регіону вирощування – серед науковців і дослідників не існує однозначної думки щодо переваги способу основного обробітку ґрунту для забезпечення максимальної реалізації потенціалу того чи іншого гібриду кукурудзи в окремо взятих ґрунтово-кліматичних умовах [24].

Отже, актуальним є вивчення реакції середньоранніх та середньостиглих

гібридів кукурудзи на способи та глибину основного обробітку ґрунту в умовах центрального Лісостепу без зрошення.

Метою досліджу було встановити найбільш доцільний спосіб основного обробітку ґрунту в умовах центральної частини Лісостепу України для максимальної реалізації генетичного потенціалу середньоранніх та середньостиглих гібридів кукурудзи з ФАО 210-350.

Завданням досліджу було вивчити реакцію гібридів кукурудзи різних груп стиглості на способи та глибину основного обробітку ґрунту.

Матеріали і методи. Впродовж 2019–2021 рр. вивчалися 11 гібридів кукурудзи з ФАО 210-350 українського та іноземного походження, які були поділені на умовні групи стиглості, де було встановлено умовні стандарти для кожної групи, з яким порівнювалася урожайність гібридів.

Так, стандартами були:

– для ФАО 210-250 – ДКС 3795 (st.) – ФАО 250;

– для ФАО 260-300 – ЛГ 30315 (st.) – ФАО 280;

– для ФАО 310-350 – КВС 381 (st.) – ФАО 350.

Окрім стандартів гібридами, що вивчалися були: Гран 220 (ФАО 210); Гран 310 (ФАО 250); ВН 63 (ФАО 280); Гран 6 (ФАО 300); ВН 6763 (ФАО 320); Амарок 290 (ФАО 320); ДКС 3511 (ФАО 330); Тесла (ФАО 350).

Варіантами досліджу були три способи основного обробітку ґрунту, які передбачали:

1. Дворазове дискування на глибину до 12–15 см.

2. Класична оранка з передплужником на глибину 25–27 см (Контроль).

3. Комбінований обробіток – глибоке розпушування ґрунту диско-лаповим агрегатом на глибину 35–37 см.

Методами дослідження були:

– емпіричний (експеримент, спостереження, вимірювання, порівняння);

– теоретичний (узагальнення);

– спеціальний (групування, кореляційний аналіз, графічний аналіз).

Статистичний аналіз проведено за загальноприйнятими методиками із визначенням середнього значення (\bar{x}), стандартного відхилення ($S_{\bar{x}}$), коефіцієнта варіації (CV, %) [23, 28, 31].

Дослід проведено в Уманському районі Черкаської області протягом 3 років (2019–2021 рр.) в польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому із слабкислою реакцією – рН 5,9-6,2, вміст гумусу – 3,03–3,11 %, попередник – пшениця озима. Норма висіву кукурудзи для всіх вивчених гібридів становила 80 тис. шт./га.

Система удобрення складалася із внесення $N_{114}P_{24}K_{24}S_{24}$, що в фізичному виразі становило: карбамід по тало-мерзлому ґрунту – 150 кг/га; нітроамофоска (16:16:16) перед культивуацією – 150 кг/га; сульфат амонію гранульований в рядок з посівом – 100 кг/га.

Захист рослин передбачав внесення страхового гербіциду МайсТер (0,15 кг/га) + Біопауер (1,25 л/га) у фазі 5 справжніх листків культури.

Система захисту рослин та мінерального живлення була ідентичною в межах досліджу щорічно, площа облікової ділянки становила 0,224 га, розміщення ділянок рендомізоване, кількість повторень – 3.

Динаміка змін температурного режиму та характер опадів по місяцям за 2019–2021 рр. за даними метеостанції Умань представлено графічно (рис. 1; рис. 2) [25–27].

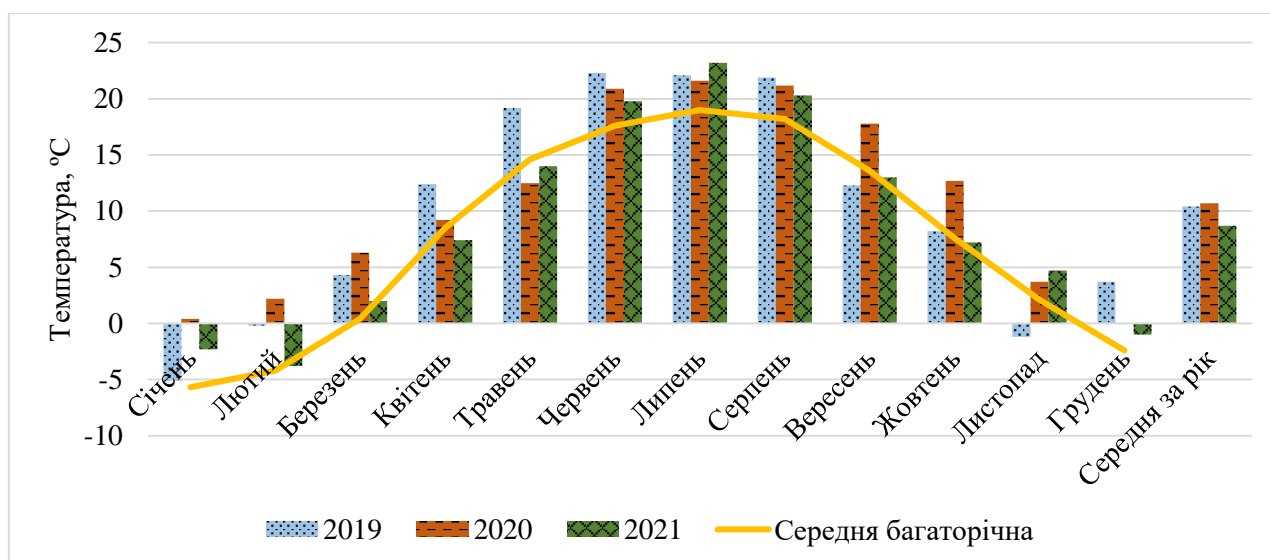


Рис. 1. Динаміка зміни середніх температур протягом року за даними метеостанції Умань, 2019–2021 рр.

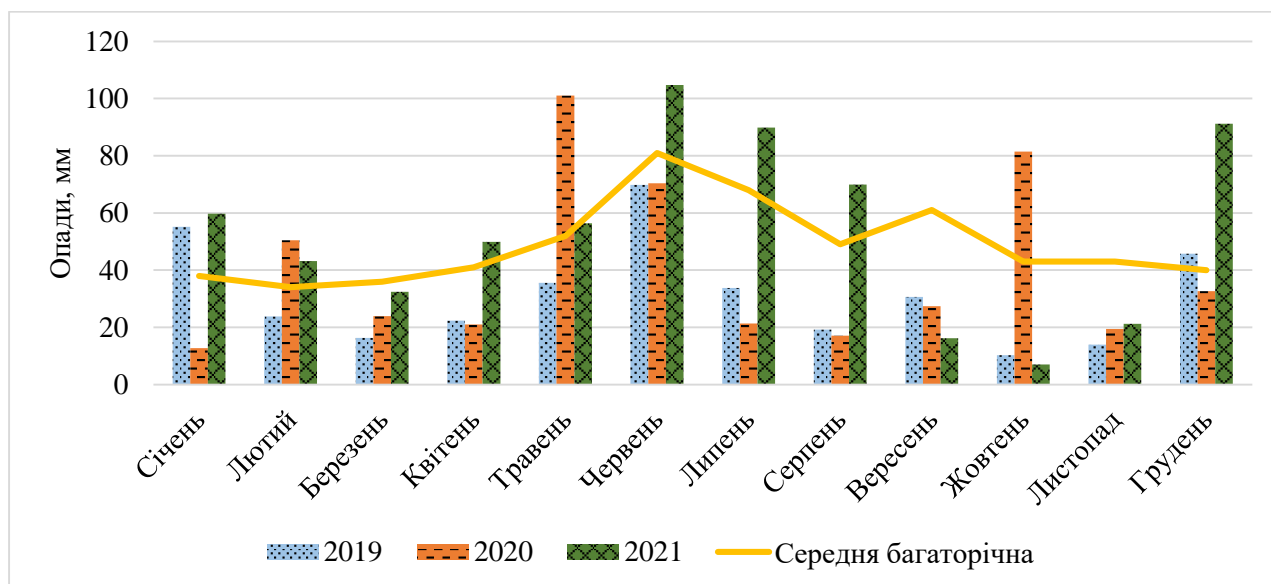


Рис. 2. Динаміка опадів за роки проведення дослід, метеостанція Умань (2019–2021 рр.), мм

Збирання проведено в фазу технологічної стиглості зернозбиральним комбайном John Deere W650. Облік урожайності кукурудзи проведено ваговим методом шляхом зважування зерна з кожної ділянки окремо безпосередньо на полі за допомогою польової підкладної автомобільної ваги. Одночасно визначали вологість зерна вологоміром Wile 55. Урожайність з облікової ділянки перераховували на один гектар за стандартної вологості згідно з ДСТУ

4525:2006 "Кукурудза. Технічні умови" [18].

Результати та обговорення. Середньомісячні температури повітря від посіву до збирання кукурудзи (квітень-жовтень) та вегетаційного періоду, зокрема за роки проведення досліду переважно вищі за аналогічні показники багаторічних спостережень (рис. 1). Так, середньомісячні температурні показники з травня по серпень, які збігаються із фазами формування основних елементів структури урожаю та періоду від цвітіння до воскової

стигlostі зерна в усі роки проведення дослідів істотно перевищували середньо багаторічні дані, що вплинуло на характер формування урожайності культури.

Погодні умови вегетації кукурудзи 2019 р. по опадах були задовільними для формування врожайності культури, хоча кількість опадів була нижча від норми, а температура перевищувала середні багаторічні показники. Рівномірність випадання дощів та близька до норми кількість опадів у червні сприяли формуванню середнього рівня врожайності вивчених гібридів кукурудзи по регіону на рівні 5–7 т/га (рис. 2).

Безпосередньо в досліді, погодні умови 2019 р. забезпечили формування

урожайності зерна кукурудзи по гібридах на рівні середніх показників від 3,4 до 6,8 т/га на дискуванні, від 4,1 до 7,4 т/га на оранці та від 5,5 до 7,7 т/га при глибокому розпушуванні комбінованим агрегатом. При цьому прослідковується чітка істотна залежність зростання урожайності зі збільшенням глибини й способу обробітку ґрунту по гібридах в межах року – $НІР_{0,95} \geq 0,80$ т/га. Кращими по врожайності у своїх умовних групах стигlostі й варіантам обробітку ґрунту в цьому році виявилися гібриди з ФАО 250 – ДКС 3795, ФАО 280 – ВН 63, ФАО 350 – Тесла ($НІР_{0,95} \geq 0,78$ т/га) (табл. 1).

1. Середня урожайність гібридів кукурудзи при різних способах основного обробітку ґрунту по роках (за 2019–2021 рр.)

Назва гібриду (фактор В)	Група стигlostі, ФАО	Урожайність гібридів кукурудзи (т/га) по роках дослідження при різних способах основного обробітку ґрунту (фактор А)								
		Дискування на 12–15 см			Культурна оранка на 25–27 см			Розпушування диско-лаповим агрегатом на 35–37 см		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
ДКС 3795 (st.)	250	5,02	4,71	9,02	6,17	3,84	10,95	7,05	5,55	11,53
Гран 220	210	3,36	3,70	6,75	4,13	3,99	8,51	5,66	4,86	9,26
Гран 310	250	5,41	3,91	9,09	5,48	3,82	10,86	6,33	4,96	11,36
ЛГ 30315 (st.)	280	5,11	4,04	8,55	5,85	3,59	9,26	6,67	6,81	9,64
ВН 63	280	5,26	3,53	8,60	6,67	3,51	9,58	6,64	6,10	9,60
Гран 6	300	4,96	3,86	9,93	5,22	4,08	10,90	5,53	5,52	11,51
КВС 381 (st.)	350	5,76	4,51	9,83	7,15	3,41	10,93	7,43	7,25	11,62
ВН 6763	320	6,41	3,87	9,79	6,78	4,05	10,26	6,91	5,65	11,80
Амарок 290	320	5,54	3,79	10,08	5,29	3,98	11,54	7,15	5,49	11,81
ДКС 3511	330	5,37	4,35	9,80	6,36	4,07	11,20	6,34	6,24	11,04
Тесла	350	6,79	4,02	10,15	7,41	4,36	12,00	7,66	6,94	12,26
НІР (по фактору А)		0,80								
НІР (по фактору В)		0,78								

Максимальна урожайність 2019 р. зафіксована в гібриду Тесла (7,66 т/га) на варіанті глибокого розпушування ґрунту, а мінімальна у гібриду Гран 220 (3,36 т/га) при дисковому обробітку ґрунту на 12–15 см.

Специфічні особливості погодних умов зафіксовано у 2020 р. Внаслідок помірної температури та істотно більшої за норму кількості опадів у травні, значно вищу за норму температуру й дефіцит вологи в червні, екстремальні високі температури та істотний дефіцит опадів у

липні та серпні виявили негативний ефект для формування рослинами кукурудзи урожаю зерна. Коренева система рослин із-за великої кількості опадів в травні розвивалася переважно у верхньому шарі ґрунту і глибоко не проникала. Вологи з цих опадів вистачило на формування вегетативної маси рослин, але критично високі (до +37...+42 °С) температури під час цвітіння кукурудзи, негативно вплинули на запилення та формування зерна [2], а ґрунтової вологи вже було недостатньо із-за інтенсивної транспірації рослинами та внаслідок випаровування з поверхні ґрунту і, як наслідок, була сформована низька урожайність – від 3,5 до 6,9 т/га по гібридах різних груп стиглості.

Внаслідок екстремальних температурних аномалій року (рис. 1) та специфічного випадання опадів, про що згадано вище (рис. 2), рівень урожайності зерна був найнижчим саме у 2020 р. за всі роки дослідження незалежно від способу обробітку ґрунту та від гібрида. У варіанті з дискуванням на 15 см середня урожайність гібридів кукурудзи коливалася від 3,5 до 4,7 т/га, на оранці – від 3,4 т/га 4,4 т/га і від 4,9 до 7,3 т/га на варіанті глибокого розпушування ґрунту комбінованим агрегатом. На варіанті дискування у 2020 р. урожайність зерна перевищувала контрольний варіант класичну оранку у гібридів ДКС 3795 – +0,87 т/га (+22,6 %), Гран 310 – +0,09 т/га (+2,4 %), ЛГ 30315 – +0,45 т/га (+12,5 %), КВС 381 – +1,1 т/га (+32,3 %), ДКС 3511 – +0,28 т/га (+6,9 %). Вірогідно, що це було зумовлено меншим випаровуванням вологи з поверхні поля через наявність рослинних решток та менш інтенсивним нагріванням і розтріскуванням ґрунту [17, 19, 36].

Глибоке розпушування ґрунту дало змогу гібридам сформувати найвищу по варіантах обробітку урожайність навіть в екстремальних умовах. Обробіток комбінованим диско-лаповим агрегатом на глибину до 37 см забезпечив істотну прибавку ($HP_{0,95} \geq 0,80$ т/га) урожайності

порівняно із контрольним варіантом оранкою у всіх вивчених гібридів – від 0,87 до 3,84 т/га, що у відсотках становило від 21,8 до 112,6 % (табл. 1).

Отже, глибоке рихлення забезпечило формування рослинами кукурудзи істотно вищої урожайності в екстремальних умовах посушливого року порівняно з іншими варіантами обробітку. Також, для окремих гібридів встановлена перевага дискування, як основного обробітку ґрунту, порівняно з оранкою, але глибокий обробіток істотно переважає по формуванню рівня врожайності всіх вивчених гібридів в посушливих умовах.

Погодні умови вирощування 2021 р. – значно більша за середньобогаторічний показник рівномірності по місяцях кількості опадів та менша чисельність днів з аномально-високими температурами позитивно вплинули на реалізацію генетичного потенціалу вивчених гібридів і середня урожайність становила від 6,5 до 12,6 т/га. Так, вивчені гібриди кукурудзи формували найвищу за три роки дослідження середню урожайність зерна – від 6,8 до 10,2 т/га на дискуванні, від 8,5 до 12,0 т/га на оранці й від 9,3 до 12,3 т/га при використанні глибокого комбінованого обробітку. Максимальну середню урожайність зерна у варіантах оранки та глибокого розпушування ґрунту забезпечили гібриди з ФАО 320 – Амарок 290 (11,54–11,81 т/га), ФАО 330 – ДКС 3511 (11,20–11,04 т/га) та ФАО 350 – Тесла (12,00–12,26 т/га). Істотної різниці урожайності зерна вивчених гібридів кукурудзи в умовах вищої за середню багаторічну норму кількості опадів між контрольним варіантом оранки на 25–27 см та глибоким комбінованим обробітком на 35–37 см не встановлено. Недобір урожаю у варіанті дворазового дискування порівняно з оранкою переважно істотний статистично.

По роках проведення дослідження встановлено нижню (lim_{min}) та верхню (lim_{max}) границі урожайності під впливом погодних умов року незалежно від способу обробітку ґрунту. Верхня межа

максимально реалізованого урожаю по гібридах відносно не висока внаслідок обмеженого мінерального живлення. Найвища середня урожайність по досліді була зафіксована у 2021 р. у гібрида Тесла (ФАО 350) на глибокому (до 37 см) розпушуванні ґрунту диско-лаповим агрегатом – 12,26 т/га, а найнижча у

2020 р. у гібрида КВС 381 (ФАО 350) на варіанті оранки (25–27 см) – 3,41 т/га.

Аналіз середніх по досліді показників урожайності вивчених гібридів кукурудзи на різних фонах основного обробітку ґрунту в результаті проведеного дисперсійного аналізу представлено графічно на рисунках 3 та 4.

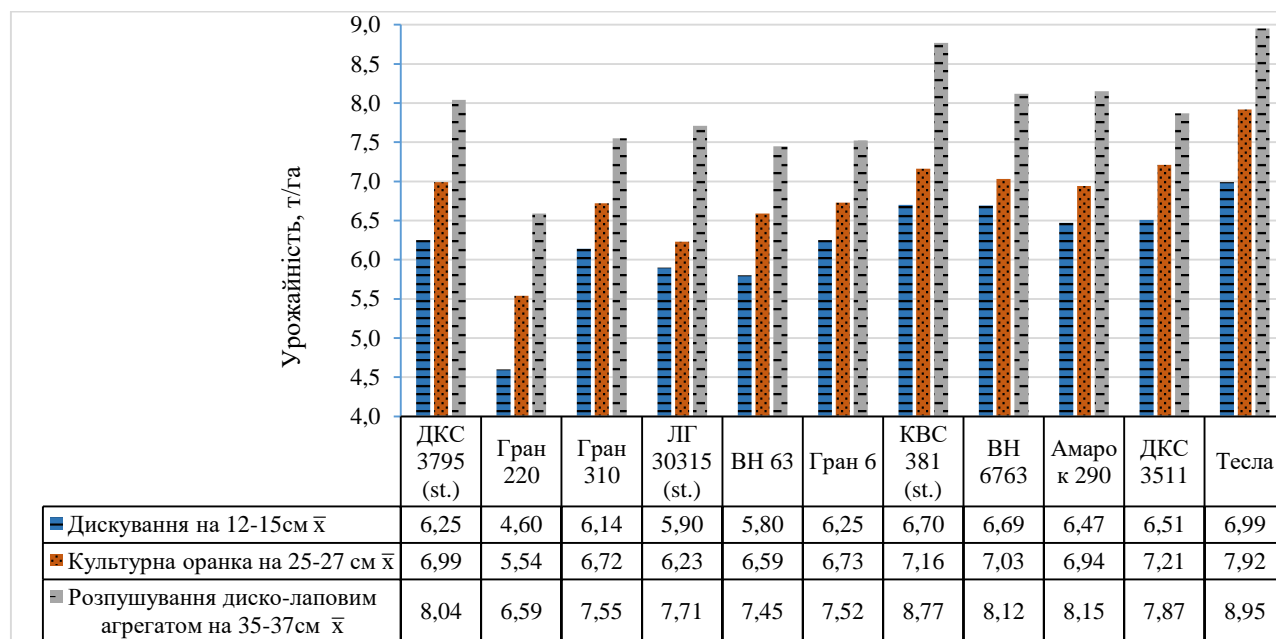


Рис. 3. Середня по досліді урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від способу основного обробітку ґрунту в Центральному Лісостепу України за 2019–2021 рр., т/га

Всі вивчені гібриди кукурудзи найнижчу по варіантах обробітку ґрунту (середню за три роки) урожайність зерна формували за умови проведення дворазового дискування на глибину до 15 см, середня по досліді урожайність встановлена при контрольному варіанті основного обробітку ґрунту (оранці) і найбільшу середню врожайність гібридам забезпечувало глибоке розпушування диско-лаповим агрегатом на глибину 35–37 см. Тенденція підвищення рівня врожайності при збільшенні глибини основного обробітку ґрунту зберігається.

У порівнянні з контрольним варіантом (оранка) середнє за три роки істотне зниження урожайності встановлене у варіанті дискування до 15 см у гібридів Гран 220 (ФАО 210) – -0,94 т/га (-17,0 %); ВН 63 (ФАО 280) – -0,79 т/га (-12,0 %); Тесла (ФАО 350) – -0,94 т/га (-11,7 %)

(рис. 4). Ці ж гібриди забезпечують істотну прибавку урожаю при збільшенні глибини обробітку до 35–37 см порівняно з оранкою: Гран 220 (ФАО 210) – +1,05 т/га (+19,0 %), ВН 63 (ФАО 280) – +0,86 т/га (+13,1 %), Тесла (ФАО 350) – +1,03 т/га (+13,0 %). Тобто ці гібриди найбільш негативно реагують на зменшення глибини обробітку ґрунту і забезпечують максимальну урожайність зерна при обробітку комбінованим диско-лаповим агрегатом на глибину 35–37 см. Інші вивчені гібриди формували нижчу від контролю урожайність, але в межах помилки досліді.

Глибоке розпушування ґрунту (35–37 см) забезпечило прибавку врожайності зерна всіх вивчених гібридів кукурудзи в порівнянні із контрольним варіантом (оранка на 25–27 см) близько 1 т/га (рис. 3). Виключенням є гібрид

ДКС 3511, який забезпечив високу прибавку урожайності в межах помилки дослідів (+0,66 т/га). Відповідно до варіантів обробітку ґрунту прибавка урожайності становила по гібридах при $НІР_{0,95} \geq 0,80$ т/га: Гран 220 – +1,05 т/га (+18,95 %); ДКС 3795 (st.) – +1,06 т/га (+15,02 %); Гран 310 – +0,83 т/га

(+12,35 %); ЛГ 30315 (st.) – +1,48 т/га (+23,76 %); ВН 63 – +0,86 т/га (+13,05 %); Гран 6 – +0,79 т/га (+11,74 %); КВС 381 (st.) – +1,61 т/га (+22,49 %); ВН 6763 – +1,09 т/га (+15,50 %); Амарок 290 – +1,21 т/га (+17,44 %); ДКС 3511 – +0,66 т/га (+9,15 %); Тесла – +1,03 т/га (+13,00 %) (рис. 4).

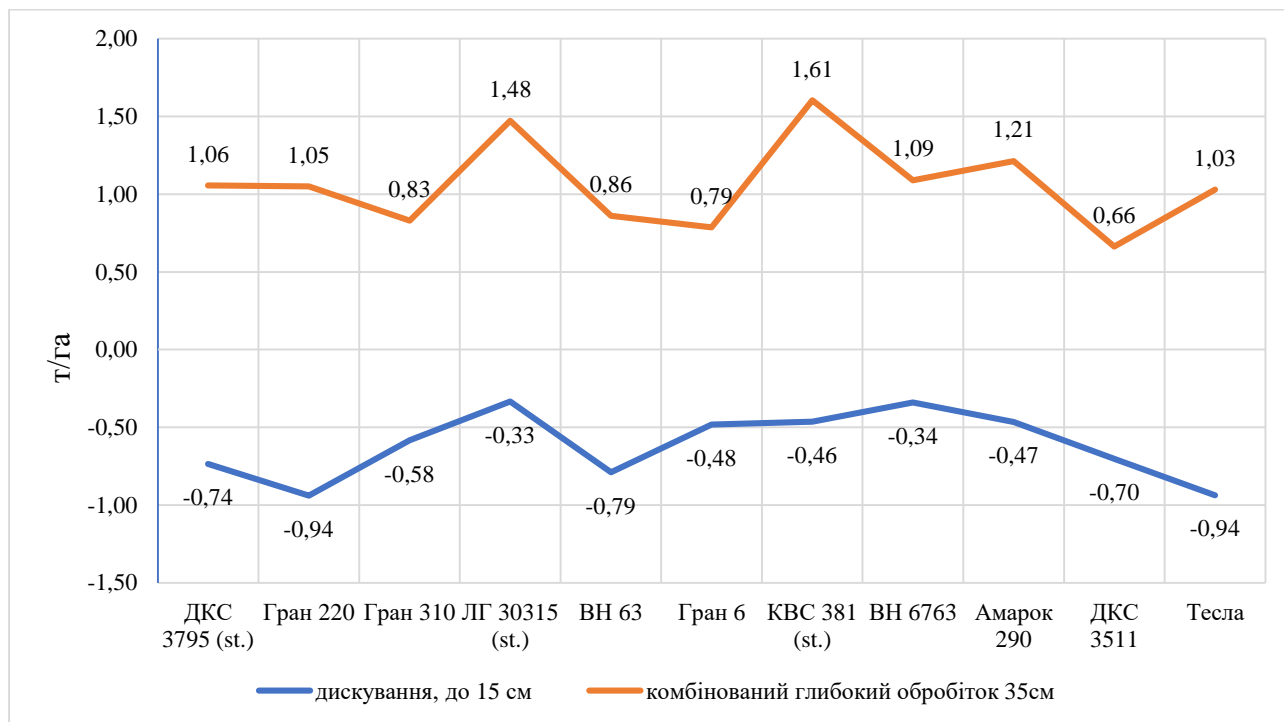


Рис. 4. Характер різниці середньої урожайності зерна гібридів кукурудзи при різних способах основного обробітку ґрунту в порівнянні із класичною оранкою, т/га (2019–2021 рр.)

Найбільша різниця по рівню середньої врожайності між варіантами дискування та глибокого розпушування встановлена у гібридів Гран 220 – 1,99 т/га (35,9 %), Тесла – 1,97 т/га (24,9 %), КВС 381 – 2,06 т/га (28,8 %) (рис. 3; 4).

Отже, аналізуючи дані дослідів встановлено, що у 2019 та 2021 р. погодні умови були більш сприятливими для формування зерна кукурудзи й в ці роки спостерігалася чітка тенденція зростання урожайності при збільшенні глибини основного обробітку ґрунту. В екстремальних умовах високих температур та значному дефіциту опадів за період вегетації 2020 р. на варіанті глибокого розпушування ґрунту встановлені найвищі

показники урожайності по всім вивченим гібридам, а прибавку урожайності над контрольним варіантом (класичною оранкою) встановлено також для 5 вивчених гібридів кукурудзи при дисковому (до 15 см) варіанті обробітку ґрунту – ДКС 3795 (ФАО 250), Гран 310 (ФАО 250), ЛГ 30315 (ФАО 280), КВС 381 (ФАО 350), ДКС 3511 (ФАО 330). Інші 6 гібридів – Гран 220 (ФАО 210), ВН 63 (ФАО 280), Гран 6 (ФАО 300), ВН 6763 та Амарок 290 (ФАО 320), Тесла (ФАО 350) знижували урожайність на дискуванні порівняно з оранкою в межах помилки дослідів.

Середні значення врожайності зерна кукурудзи вказують на чітку тенденцію

підвищення рівня показника при збільшенні глибини обробітку, а використання дискування, як способу основного обробітку ґрунту призводило до негативного впливу на середню урожайність зерна вивчених гібридів протягом років проведення дослідів. Глибина обробітку ґрунту, як один із основних економічних чинників по затратах енергії в технології вирощування культури, впливає на рівень урожайності зерна кукурудзи, і тенденція підвищення урожайності із збільшенням глибини обробітку зберігається, про що свідчать і літературні джерела (А. Drobotko et al., 2024 [4]; С. В. Тараненко, 2019 [33]. Перевага в формуванні вищого урожаю належить комбінованому основному обробітку ґрунту диско-лаповим агрегатом на глибину 35–37 см, що підтверджує дані дослідників на інших гібридах в різних регіонах України [15, 21, 34].

Статистичний аналіз урожайності свідчить про неоднозначну реакцію гібридів кукурудзи по варіантах дослідів у різних групах стиглості (ФАО). Найменшу урожайність відносно стандарту та інших гібридів незалежно від року вирощування формував Гран 220 (ФАО 210), а найвищу – гібриди Тесла (ФАО 350) та КВС 381 (ФАО 350), тобто тенденція збільшення урожайності із подовженням періоду вегетації зберігається для вивчених гібридів, що підтверджує думку ряду авторів по проведених аналогічних дослідженням [29, 38].

В межах умовних груп стиглості – ФАО 210-250, ФАО 260-300, ФАО 310-350 істотних різниць урожайності зерна ($HP_{0,95} \geq 0,78$ т/га) із стандартами в межах варіантів обробітку ґрунту між вивченими гібридами переважно не встановлено. Виключенням є гібрид Гран 220 (ФАО 210), який формував істотно нижчу урожайність порівняно із гібридом-стандартом ДКС 3795 (st.) (ФАО 250) в

усіх варіантах обробітку при встановленій нормі висіву. Гібрид ДКС 3511 (ФАО 330) на фоні варіанту комбінованого глибокого обробітку сформував істотно нижчу (-0,90 т/га) середню урожайність зерна в порівнянні із стандартом КВС 381 (ФАО 350), що становило -11,14 %.

Дисперсійний аналіз даних дав змогу провести оцінку впливу певних факторів та взаємодію між ними на кінцевий результат.

Дослідами деяких авторів встановлено різні величини ролі факторів сорту (гібриду), способу обробітку ґрунту та густоти на формування урожайності гібридів кукурудзи. Для прикладу, в дослідях М. Маренича (2024) генетичний вплив фактора гібрида кукурудзи становив 54 %, спосіб обробітку ґрунту – 41 % [22].

Зважаючи на суттєві відмінності погодних умов по роках проведення дослідів – сприятливий по опадах та температурному режиму 2019 р., особливо посушливі екстремальні температурні явища 2020 р. та більша за норму кількість опадів і близька до оптимальної температура з малою кількістю спекотних днів 2021 р., середня врожайність вивчених гібридів кукурудзи істотно відрізнялася по роках.

В результаті дисперсійного аналізу середніх значень урожайності проведеного дослідів на фоні різних способів основного обробітку ґрунту встановлено істотний вплив фактора року, тобто залежність вивченого показника від умов зовнішнього середовища року вирощування, що суттєво відрізняється від даних інших дослідників (рис. 5).

Згідно зі статистичними обрахунками вплив фактора погодних умов становив 82,64 %, фактора гібрида – 4,02 %, способу обробітку ґрунту – лише 1,09 %, взаємодії факторів обробітку ґрунту та гібриду – 6,98 %.

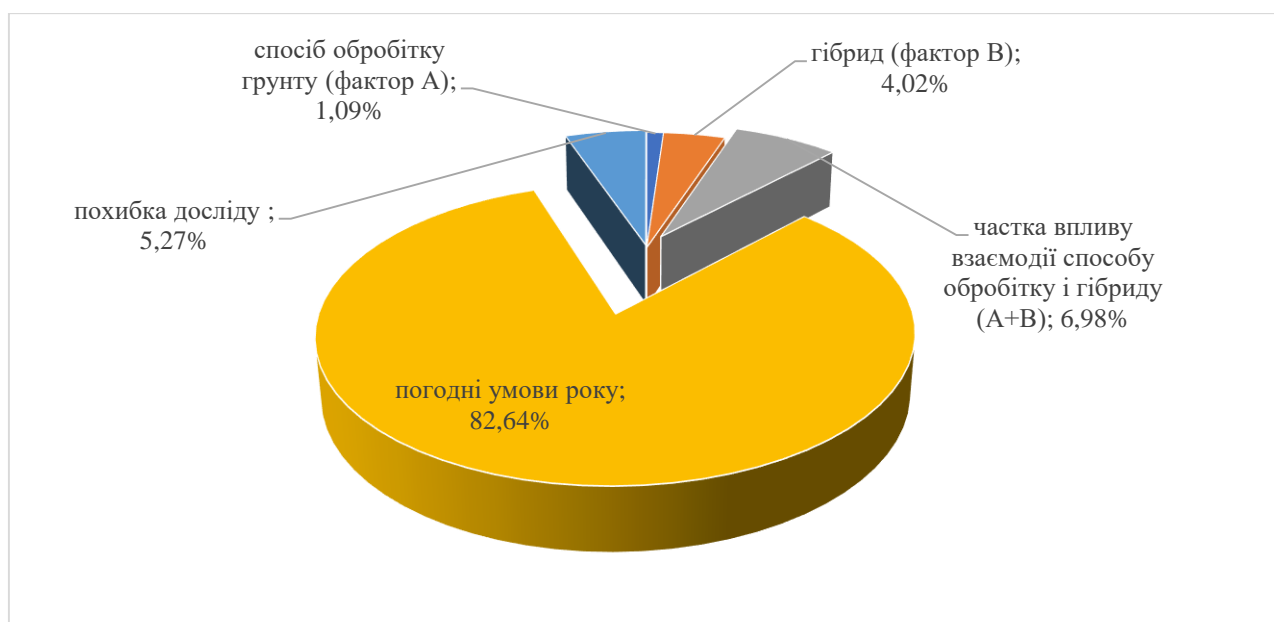


Рис. 5. Частка впливу та взаємодії факторів на формування рівня врожайності гібридів кукурудзи (2019–2021 рр.)

Таким чином підтверджується теза, що основним чинником у формуванні рівня урожайності зерна кукурудзи є погодні умови року вирощування [5, 36].

В нашому досліді за 2019–2021 рр. основним чинником, який впливав на формування рівня врожайності вивчених гібридів кукурудзи був саме фактор року, тобто погодних умов, оскільки зафіксовано істотні відмінності за кількістю та інтенсивності опадів й характеру прояву температурних коливань протягом вегетаційного періоду по роках проведення дослідів (рис. 5, табл. 1).

Порівнюючи різницю урожайності під впливом погодних умов року слід відзначити високу статистично вірогідну відмінність між середніми значеннями в екстремальному 2020 р. та сприятливому для кукурудзи 2021 р. На фоні дворазового дискування на глибину до 15 см велика різниця між 2020 та 2021 р. – понад 6 т/га встановлена у гібридів Гран 6 (6,07 т/га), Амарок 290 (6,29 т/га), Тесла (6,13 т/га). На фоні класичної оранки (на 25–27 см) більш вагома різниця (понад 7 т/га) виявлена у гібридів ДКС 3795 (7,11 т/га), Гран 310 (7,04 т/га), КВС 381 (7,52 т/га), Амарок 290 (7,56 т/га), ДКС 3511 (7,13 т/га), Тесла (7,64 т/га). При

проведенні глибокого розпушування ґрунту на глибину 35–37 см різниця в урожайності по роках – близько 6 т/га була у гібридів ДКС 3795 (5,98 т/га), Гран 310 (6,4 т/га), Гран 6 (5,99 т/га), ВН 6763 (6,15 т/га), Амарок 290 (6,32 т/га).

Мінливість показника урожайності кукурудзи по роках вивчення вказує на особливості прояву середнього значення ознаки (\bar{x}) на різних фонах обробітку ґрунту по роках і в цілому по досліді (табл. 2).

Середні коефіцієнти варіації (CV) по роках вказують, що найбільш стабільною (10–11 %) урожайність по гібридах була у 2021 р. – при сприятливих погодних умовах вирощування для формування високого середнього значення показника урожайності. Варіація врожайності по гібридах в менш сприятливих умовах 2019 та 2020 р. вища (від 16 до 17 %), що свідчить про специфічну реакцію кожного з вивчених гібридів на умови середовища вирощування – погодні умови, спосіб обробітку ґрунту.

В цілому по досліді максимальне значення коефіцієнта варіації 26,28 % встановлено в посушливому та екстремальному по температурному режиму 2020 р., що підтверджено

різницями в урожайності по роках у різних по групах стиглості гібридів та показниками мінімального (\bar{x}_{\min}) та

максимального значення ознаки (\bar{x}_{\max}) (табл. 1; 2).

2. Мінливість урожайності кукурудзи при різних способах основного обробітку ґрунту, 2019–2021 рр.

Варіанти основного обробітку ґрунту по роках	Рік випробування	Мінливість урожайності по варіантах		
		\bar{x} , т/га	$S_{\bar{x}}$	CV, %
Середнє по роках випробування	2019	6,03	1,13	18,80
	2020	4,62	1,21	26,28
	2021	10,27	1,33	12,98
	по досліді	6,97	2,70	38,75
Дискування (12–15 см)	2019	5,36	0,92	17,11
	2020	4,02	0,64	15,90
	2021	9,23	1,00	10,88
	по досліді	6,21	2,38	38,32
Оранка (25–27 см)	2019	6,05	1,03	17,06
	2020	3,88	0,63	16,26
	2021	10,54	1,08	10,24
	по досліді	6,82	2,94	43,03
Розпушування диско-лаповим агрегатом (35–37 см)	2019	6,67	1,06	15,94
	2020	5,94	0,98	16,57
	2021	11,04	1,21	10,95
	по досліді	7,88	2,50	31,78

Висновки. В умовах центральної частини Лісостепу України після попередника пшениця озима основний глибокий комбінований обробіток ґрунту диско-лаповим агрегатом на глибину 35–37 см забезпечує істотну прибавку урожайності зерна кукурудзи середньоранніх та середньостиглих гібридів в межах +0,79...+1,61 т/га, що становить +11,74...+22,49 % порівняно з класичною культурною оранкою на глибину 25–27 см.

Дискування на глибину до 15 см, як основний обробіток ґрунту, негативно

впливає на реалізацію урожайного потенціалу вивчених гібридів на фоні класичної оранки й призводить до недобору врожаю вивчених гібридів на 033...-0,94 т/га (-5,26...-16,97 %).

Обґрунтованим з точки зору максимальної урожайності вивчених зразків кукурудзи після пшениці озимої в умовах Центрального Лісостепу України є вирощування гібридів з ФАО 320-350 з глибоким (35–37 см) основним обробітком ґрунту комбінованим диско-лаповим агрегатом.

Список використаної літератури

1. Агрофізичні тенденції трансформації ґрунту в сучасних системах основного обробітку ґрунту / М. С. Шевченко та ін. *Наукові основи адаптивного землеробства* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 100-річчя від дня народження д-ра с.-г. наук, проф., академіка Федора Трохимовича Моргуна, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин (16–17 трав. 2024 р., м. Дніпро). Дніпро : ДДАЕУ,

References

1. Agrophysical tendencies of transformation primed in modern systems of basic tillage / M. S. Shevchenko et al. *Scientific bases of adaptive agriculture* : materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. z nahody 100-richchia vid dnia narodzhennia d-ra s.-h. nauk, prof., akademika Fedora Trokhymovycha Morhuna, 90-richchia Ahronomichnoho fakultetu Dniprovskoho derzhavnoho aharno-ekonomichnoho universytetu ta Mizhnarodnoho dnia zdorov'ia roslyn (16–17 trav. 2024 r., m. Dnipro). Dnipro : DDAEU, 2024. P. 240–244.

2024. С. 240–244.

2. Адаменко Т. Погодні аномалії 2020 року та їх вплив на розвиток культур. *Агроном.* 2020. № 3. С. 16–17.

3. Белов Я. В. Удосконалення технології вирощування гібридів кукурудзи в умовах південного степу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Миколаїв, 2020. 173 с. https://www.mnau.edu.ua/files/spec_vchen_rad/k_38_8_06_03/dis_belov.pdf.

4. Використання сучасних технологій обробітку ґрунту для підвищення якості кукурудзи / А. Дробітько та ін. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2024. Том 28, № 1. С. 19–28. DOI: 10.56407/bs.agrarian/1.2024.19.

5. Влашук А. М., Дробіт О. С., Дробітько А. В. Вирощування інноваційних гібридів кукурудзи в умовах зміни клімату. *Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату* : матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь : ТДАТУ ім. Дмитра Моторного. 2021. С. 24–26. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9764>.

6. Вплив водного режиму та способів обробітку ґрунту на продуктивність кукурудзи / П. В. Писаренко та ін. *Агроном.* 2020. URL: <https://www.agronom.com.ua/vplyv-vodnogo-rezhymu-ta-sposobiv-obrobitku-gruntu-na-produktyvnist-kukurudzy/>.

7. Вплив способів основного обробітку ґрунту та систем удобрення на урожайність пшениці озимої / О. А. Саюк та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії. Сільське господарство, рослинництво.* 2018. № 4 С. 81–84. <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2018/04/14.pdf>.

8. Вплив технологій вирощування та способів догляду за посівами на урожайність кукурудзи / О. І. Трембіцька та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2024. Вип. 76 (1). С. 69–80. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-7.

9. Гангур В. В., Пелих М. А. Вплив строків сівби та густоти рослин на урожайність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations.* 2025. № 28 (1). С. 75–80. URL: <https://journals.pdau.edu.ua/visnyk/article/view/2034/2497>.

10. Григор'єва О. М., Григор'єва Т. М. Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин і технологічних моделей в умовах Північного Степу України. *Збірник наукових праць УДАУ.* 2006. Вип. 63. С. 31–35.

11. Гусарова А. Рекордну урожайність кукурудзи 39,14 т/га в сезоні-2023 отримав фермер із Вірджинії (США). *Суперагроном.* 2023. URL: <https://superagronom.com/news/18208-rekordnu-urojaynist-kukurudzi-3914-t-ga-v-sezoni-2023-otrimav-fermer-iz-virdjiniyi-ssha>.

12. Державний реєстр сортів рослин, придатних

2. Adamenko T. Weather anomalies of 2020 and their impact on the development of cultures. *Ahronom.* 2020. No. 3. P. 16–17.

3. Bielov Ya. V. Improving the technology of growing corn hybrids in conditions of the southern steppe of Ukraine : dys. ... kand. s.-h. nauk : 06.01.09. Mykolaiv, 2020. 173 p. https://www.mnau.edu.ua/files/spec_vchen_rad/k_38_8_06_03/dis_belov.pdf.

4. The use of modern Soil cultivation technologies to improve corn quality / A. Drobitko et al. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria.* 2024. Vol. 28, No. 1. P. 19–28. DOI: 10.56407/bs.agrarian/1.2024.19.

5. Vlashchuk A. M., Drobit O. S., Drobitko A. V. Growing innovative Corn hybrids in climate change. Innovative agrotechnology under conditions of change Climate. materialy III mizhnar. nauk.-prakt. konf. Melitopol : TDATU im. Dmytra Motornoho. 2021. P. 24–26. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9764>

6. Influence of water regime and methods of tillage on corn productivity / P. V. Pysarenko et al. *Ahronom.* 2020. URL: <https://www.agronom.com.ua/vplyv-vodnogo-rezhymu-ta-sposobiv-obrobitku-gruntu-na-produktyvnist-kukurudzy/>.

7. Influence of ways Basic tillage and fertilization systems for winter wheat / O. A. Saiuk et al. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii. Silske hospodarstvo, roslynnystvo.* 2018. No. 4. P. 81–84. <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2018/04/14.pdf>.

8. Influence of technologies Growing and methods of care for corn yields / O. I. Trembitska et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo.* 2024. Issue 76 (1). P. 69–80. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-7.

9. Hanhur V. V., Pelykh M. A. Impact of sowing and plant density on yield Corn hybrids in the left-bank forest-steppe. *Scientific Progress & Innovations.* 2025. No. 28 (1). P. 75–80. URL: <https://journals.pdau.edu.ua/visnyk/article/view/2034/2497>.

10. Hryhorieva O. M., Hryhorieva T. M. Corn hybrid grain yield Depending on the density of plants and technological models in the northern steppe Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats UDAU.* 2006. Issue 63. P. 31–35.

11. Husarova A. The record corn yield of 39.14 t/ha in the season-2023 Farmer from Virginia (USA). *Superahronom.* 2023. <https://superagronom.com/news/18208-rekordnu-urojaynist-kukurudzi-3914-t-ga-v-sezoni-2023-otrimav-fermer-iz-virdjiniyi-ssha>.

12. State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine. URL: <https://Sops.gov.ua/en/derzavnij-restr>.

13. State Statistics of Ukraine, 1998-2024. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/Sg/pvzu/arch_pvxu_reg.htm.

14. Dobranskyi S. S., Buchko I. O. Features of strip

для поширення в Україні. URL: <https://sops.gov.ua/ua/derzavnij-reestr>.

13. Держстат України, 1998-2024. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/pvzu/arch_pvxu_reg.htm.

14. Добранський С. С., Бучко І. О. Особливості смугового обробітку ґрунту в системі землеробства. *Наукові основи адаптивного землеробства* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 100-річчя від дня народження д-ра с.-г. наук, проф., академіка Федора Трохимовича Моргуна, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин (16–17 трав. 2024 р., м. Дніпро). Дніпро : ДДАЕУ, 2024. С. 122–124.

15. Добренський О. Вплив основного обробітку ґрунту на урожайність кукурудзи. *Суперагроном*. 2018. URL: <https://superagronom.com/blog/252-vpliv-osnovnogo-obrobitku-gruntu-na-urojajnist-kukurudzi>.

16. Доля С. М. Ефективність вирощування кукурудзи на зерно залежно від способів основного обробітку ґрунту. *Зернові культури*. 2024. Т. 8. № 1. С. 187–194. URL: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0328>.

17. Доля С. М. Ефективність способів обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу України : дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософії : 201 – Агрономія. Харків : ДБТУ, 2024. 178 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/63017>.

18. ДСТУ 4525:2006. Кукурудза. Технічні умови (59506). URL: https://dnaop.com/html/59506_2.html.

19. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації : аналітична доповідь / С. П. Іванюта та ін. ; за ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf?__cf_chl_tk=4hQBeDZGK5FaCZXXhUdzDaKAebKTg20VGXk5GWGjnPj-1730106734-1.0.1.1-ncjAOD2jstqws4rsMXsRzXK9EoSwtffFUSHt0LLwb5Y.

20. Кадук А. Учені про це не знали: рослини зберігають глибоко в землі великий секрет, чому це важливо. *Фокус. Технології та наука*. 2025. <https://focus.ua/uk/technologies/711241-ucheni-pro-це-ne-znali-roslini-zberigayut-gliboko-v-zemli-velikiy-sekret-chomu-ce-vazhливо>.

21. Коваленко І. М., Масик І. М. Вплив технології вирощування кукурудзи на зерно на урожайність та економічну ефективність в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Херсон : ХДАУ, 2018. № 99. С. 67–76. URL: <https://repo.snau.edu.ua/handle/123456789/6146>.

22. Маренич М. М., Коба К. В. Вплив обробітку ґрунту на урожайність материнських ліній гібридів кукурудзи. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 19–23. URL: <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.03>.

tillage in the system of agriculture is the scientific basis of adaptive agriculture. *Scientific bases of adaptive agriculture* : materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. z nahody 100-richchia vid dnia narodzhennia d-ra s.-h. nauk, prof., akademika Fedora Trokhymovycha Morhuna, 90-richchia Ahronomichnoho fakultetu Dniprovskoho derzhavnogo ahrarno-ekonomichnoho universytetu ta Mizhnarodnoho dnia zdorov'ia roslyn (16–17 trav. 2024 r., m. Dnipro). Dnipro : DDAEU, 2024. P. 122–124.

15. Dobrenkyi O. Influence of basic soil tillage on corn yield. *Superagronom*. 2018. URL: <https://superagronom.com/blog/252-vpliv-osnovnogo-obrobitku-gruntu-naurojajnist-kukurudzi>.

16. Dolia S. M. The efficiency of growing corn on grain depending on Methods of basic tillage. *Zernovi kultury*. 2024. Vol. 8. No. 1. P. 187–194. URL: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0328>.

17. Dolia S. M. Corn in the left -bank forest -steppe of Ukraine : dys. na zdobuttia nauk. stupenia d-ra filosofii : 201 – Ahronomiia. Kharkiv : DBTU, 2024. 178 p. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/63017>.

18. DSTU 4525: 2006. Corn. Specifications (59506) URL: https://dnaop.com/html/59506_2.html.

19. Climate change: Consequences and adaptation measures: analytics report / S. P. Ivaniuta et al. ; za red. S. P. Ivaniuty. Kyiv : NISD, 2020. 110 p. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final5_sait.pdf?__cf_chl_tk=4hQBeDZGK5FaCZXXhUdzDaKAebKTg20VGXk5GWGjnPj-1730106734-1.0.1.1-ncjAOD2jstqws4rsMXsRzXK9EoSwtffFUSHt0LLwb5Y.

20. Kaduk A. Scientists did not know about it: plants keep deep in the ground a great secret, why it is important. *Fokus. Tekhnologii ta nauka*. 2025. URL: <https://focus.ua/uk/technologies/711241-ucheni-pro-це-ne-znali-roslini-zberigayut-gliboko-v-zemli-velikiy-sekret-chomu-ce-vazhливо>.

21. Kovalenko I. M., Masyk I. M. The impact of corn cultivation technology on Grain for yields and economic efficiency in the conditions of the Left Bank Forest -Steppe of Ukraine. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky*. Kherson : KhDAU, 2018. No. 99. P. 67–76. URL: <https://repo.snau.edu.ua/handle/123456789/6146>.

22. Marenych, M. M., Koba, K. V. The effect of soil tillage on the yield of maternal lines of corn hybrids. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. No. 27 (1). P. 19–23. URL: <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.03>.

23. Field Experiment Methods (Irrigated Agriculture) / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Grin D. S., 2014. 448 p.

24. Scientific bases of formation Organic agroecosystems in the Left Bank Forest-Steppe / S. Kudria et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2021. Vol. 99. No. 10. P. 68–74. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202110-09>.

23. Методика польового дослідження (зрошуване землеробство) / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Грін Д. С., 2014. 448 с.
24. Наукові основи формування органічних агроєкосистем у Лівобережному Лісостепу / С. Кудря та ін. *Вісник аграрної науки*. 2021. Том 99. № 10. С. 68–74. URL: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202110-09>.
25. Новак В.Г., Новак А. В. Агротематологічні умови 2019-2020 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 1. С. 27–29. URL: <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/8927>.
26. Новак В. Г., Новак А. В. Агротематологічні умови 2020–2021 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. Вип. 1. С. 23–26. DOI: 10.31395/2310-0478-2022-1-23-26.
27. Новак В. Г., Новак А. В. Агротематологічні умови 2021–2022 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. Вип. 103. Ч. 1. С. 153–160. <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/103.1/16.pdf>.
28. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник / В. О. Єщенко та ін. ; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «Едельвейс і К». 2014. 332 с.
29. Порівняльний аналіз формування врожайності гібридів кукурудзи різних груп ФАО за краплинного зрошення / Р. А. Вожегова та ін. *Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2023. № 18. С. 24–31. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.3>.
30. Продуктивність і водоспоживання соняшнику залежно від місця в сівозміні та обробітку ґрунту / А. М. Коваленко та ін. *Агроном*. 2022. URL: <https://www.agronom.com.ua/produktivnist-i-vodospozhyvannya-sonyashnyku-zalezno-vid-mistsyav-sivozmini-ta-obrobitku-gruntu/>.
31. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2013. 381 с.
32. Суров В. О., Румбах М. Ю. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від агротехнічних заходів та густоти стояння рослин в умовах Степу України. *Наукові основи адаптивного землеробства* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 100-річчя від дня народження д-ра с.-г. наук, проф., академіка Федора Трохимовича Моргуна, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин (16–17 трав. 2024 р., м. Дніпро). Дніпро : ДДАЕУ, 2024. С. 220–221.
33. Тараненко С. В., Чайка Т. О., & Тюпка Я. М. Агроєкономічна ефективність різних способів основного обробітку ґрунту на посівах кукурудзи. 25. Novak V. H., Novak A. V. Agrometeorological conditions 2019–2020 The agricultural year, according to the Uman Meteorological Station. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2021. Issue 1. P. 27–29. URL: <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/8927>.
26. Novak V. H., Novak A. V. Agrometeorological conditions 2020–2021 The agricultural year, according to the Uman Meteorological Station. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2022. Issue 1. P. 23–26. DOI: 10.31395/2310-0478-2022-1-23-26.
27. Novak V. H., Novak A. V. Agrometeorological conditions 2021–2022 The agricultural year, according to the Uman Meteorological Station. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2023. Issue 103. Part 1. P. 153–160. <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/103.1/16.pdf>.
28. Fundamentals of scientific Research in agronomy: textbook / V. O. Yeshchenko et al. ; za red. V. O. Yeshchenka. Vinnytsia : PP «Edelweis i K». 2014. 332 p.
29. Comparative analysis of yield formation of corn hybrids of different FAO groups under drip irrigation / R. A. Vozhehova et al. *Ahrarni innovatsii. Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynnystvo*. 2023. No. 18. P. 24–31 DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.3>.
30. Productivity and water consumption of sunflower depending on the place in crop rotation and tillage / A. M. Kovalenko et al. *Ahronom*. 2022. URL: <https://www.agronom.com.ua/produktivnist-i-vodospozhyvannya-sonyashnyku-zalezno-vid-mistsyav-sivozmini-ta-obrobitku-gruntu/>.
31. Statistical analysis of the results of field experiments in agriculture / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Ailant, 2013. 381 p.
32. Surov V. O., Rumbakh M. Yu. Formation of productivity of corn hybrids Depending on the agrotechnical measures and the density of standing of plants in the conditions of the steppe of Ukraine. *Scientific bases of adaptive agriculture* : materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. z nahody 100-richchia vid dnia narodzhennia d-ra s.-h. nauk, prof., akademika Fedora Trokhymovycha Morhuna, 90-richchia Ahronomichnoho fakultetu Dniprovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu ta Mizhnarodnoho dnia zdorov'ia roslyn (16–17 trav. 2024 r., m. Dnipro). Dnipro : DDAEU, 2024. P. 220–221.
33. Taranenko S. V., Chaika T. O., Tiupka Ya. M. Agro-economic efficiency of different ways of basic tillage on corn crops. *Scientific Progress & Innovations*, 2019. No. 4, P. 66–72. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.08>.
34. Tereshchenko A., Tarabrina A. Productivity of grain and legumes with resource -saving technology of cultivation in the conditions of the southern steppe of Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia*. 2025. Vol. 29. No. 1. P. 72–83 URL: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2025.72>.
35. Teslia T. O. The impact of the main tillage of soil

Scientific Progress & Innovations, 2019. № 4. С. 66–72. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.08>.

34. Терещенко А., Тарабріна А. Продуктивність зернових та зернобобових культур за ресурсозберігаючої технології вирощування в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2025. Том 29. № 1. С. 72–83. URL: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2025.72>.

35. Тесля Т. О. Вплив способів основного обробітку ґрунту на шкідливість стеблових гнилей кукурудзи. *Вісник ХНАУ. Фітопатологія та ентомологія*. 2016. № 1–2. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=841.

36. Ткаченко М., Борис Н. Вплив гідротермічних змін клімату та способу основного обробітку на продуктивність кукурудзи на зерно. *Пропозиція*. 2018. № 12. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnohii-vyroshchuvannya/vplyv-hidrotermichnykh-zmin-klimatu-ta-sposobu-osnovnoho>.

37. Черчель В. Ю. Селекція скоростиглих гібридів кукурудзи, адаптованих до різних природо-кліматичних зон України : автореф. дис. ... доктора с.-г. наук : 06.01.05. Харків, 2018. 66 с.

38. Юрченко С. О., Степаненко Б. В., Хачатурян А. Е. Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від їх групи стиглості. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 66–71. URL: <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.04.11>.

39. Corteva agriscience. URL: <https://www.corteva.com.ua/news-and-events/New-World-Record-Corn-Yield-of-achieved.html>.

on harmfulness stem rot of cubs. *Visnyk KhNAU. Fitopatolohiia ta entomolohiia*. 2016, No. 1–2. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=841.

36. Tkachenko M., Borys N. The influence of hydrothermic climate change and method Basic cultivation for corn productivity on grain. *Propozitsiia*. 2018. No. 12. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnohii-vyroshchuvannya/vplyv-hidrotermichnykh-zmin-klimatu-ta-sposobu-osnovnoho>.

37. Cherchel V. Yu. Selection of ripe hybrids of corn, adapted to different climatic zones of Ukraine : avtoref. dys. ... doktora s.-h. nauk : 06.01.05. Kharkiv, 2018. 66 p.

38. Yurchenko S. O., Stepanenko B. V., Khachaturian A. E. The yield of corn hybrids on grain depending on their ripeness group. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. No. 27 (4). P. 66–71. URL: <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.04.11>.

39. Corteva agriscience. URL: <https://www.corteva.com.ua/news-and-events/New-World-Record-Corn-Yield-of-achieved.html>.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-11

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.521:631.816

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ**О. Ф. Тимчишин, Н. М. Рудавська, Л. Ю. Ткаченко, Л. Л. Беген**

Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

Про авторів:

Оксана ТИМЧИШИН,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-2147-8818

Наталя РУДАВСЬКА,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-4443-5319

Любов ТКАЧЕНКО,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0009-0000-3780-0368

Любов БЕГЕН,
науковий співробітник
ORCID: 0000-0002-1271-1841

Для листування:

Оксана ТИМЧИШИН
e-mail:
tymchyshyn.oksana@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:

11 листопада 2025 р.

Погоджено до друку:

13 березня 2026 р.

Опубліковано:

31 березня 2026 р.

Сучасні сорти льону-олійного мають високий генетичний потенціал продуктивності, який можна реалізувати за рахунок удосконалення елементів технології вирощування, зокрема покращення системи удобрення, що обумовлює актуальність дослідження. Метою роботи було встановити параметри формування врожайності та якості насіння нових сортів льону-кудряшу та льону-межеумку в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу Західного Карпатського регіону. У процесі виконання роботи використовували наступні методи: польовий, лабораторний (для визначення якісних показників насіння) та статистичний (для оцінки достовірності даних). Польові дослідження проводили впродовж 2021–2024 рр. на сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах. Досліджували сорти двох екотипів: Степового (Південна ніч, Водограй, Живинка, Запорізький богатир) та Лісостепового (Аквамарин, Північна зірка, Еврика, Блакитно-помаранчевий, Антант) на чотирьох фонах удобрення: без добрив (контроль), N₄₅P₃₀K₃₀, N₆₀P₄₅K₄₅, N₉₀P₆₀K₆₀. Встановлено, що урожайність зерна та показники якості досліджуваних сортів льону олійного та льону-межеумку змінювалися залежно від дози мінеральних добрив та сортових особливостей. Найвищі показники урожайності насіння одержали на фонах удобрення N₆₀P₄₅K₄₅ та N₉₀P₆₀K₆₀ у сортів Живинка (1,69–1,83 т/га), Водограй (1,64–1,75 т/га), Антант (1,64–1,73 т/га), Північна зірка (1,65–1,75 т/га). В результаті дії мінеральних добрив відзначено зростання кількості коробочок з однієї рослини. Максимальні результати за структурними показниками та урожаєм одержали у сорту Живинка на фоні удобрення N₉₀P₆₀K₆₀.

Ключові слова: льон олійний, сорти, мінеральні добрива, урожайність.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Тимчишин О. Ф., Рудавська Н. М., Ткаченко Л. Ю., Беген Л. Л., 2026

Formation of productivity of oil flax varieties in the conditions of the Western Forest-Steppe

Institute of Agriculture of
Carpathian Region of NAAS
*Hrushevskoho street, 5,
Obroshyne village, Lviv district,
Lviv region, 81115*

About authors:

Oksana TYMCHYSHYN
ORCID: 0000-0002-2147-8818

Nataliia RUDAVSKA
ORCID: 0000-0002-4443-5319

Lyubov TKACHENKO
ORCID: 0009-0000-3780-0368

Lyubov BEHEN
ORCID: 0000-0002-1271-1841

For corresponding:

Oksana TYMCHYSHYN
*e-mail:
tymchyshyn.oksana@gmail.com*

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:
November 11, 2025
Accepted:
March 13, 2026
Published:
March 31, 2026

Modern varieties of oil flax have a high genetic potential for productivity, which can be realized by improving the elements of cultivation technology, in particular, improving the fertilization system, which makes the research relevant. The aim of work was to establish the parameters of the formation of yield and seed quality of new varieties of curly flax and short-stem flax in the soil and climatic conditions of the Forest-Steppe of the Western Carpathian region. The following methods were used: field, laboratory (to determine the quality indicators of seeds), and statistical (to assess the reliability of the data). Field studies were conducted during 2021–2024 on gray forestal surface-gleyed soils. Varieties of two ecotypes were studied. The Steppe ecotype: Pivdenna nich, Vodohrai, Zhyvynka, Zaporizkyi bohatyr, and Forest-Steppe ecotype (Aquamarin, Pivnichna zirka, Evryka, Blakytno-pomaranchevyi, Antant) on four fertilizer backgrounds: without fertilizers (control), $N_{45}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$. It was found that the grain yield and quality indicators of the studied varieties of oilseed flax and short-stem flax changed depending on the dose of mineral fertilizers and varietal characteristics. The highest seed yield indicators were obtained on the background of $N_{60}P_{45}K_{45}$ and $N_{90}P_{60}K_{60}$ fertilizers in the varieties: Zhyvynka (1.69–1.83 t/ha), Vodohrai (1.64–1.75 t/ha), Antant (1.64–1.73 t/ha), Pivnichna zirka (1.65–1.75 t/ha). As a result of the action of mineral fertilizers, an increase in the number of boxes per plant was noted. The maximum results in terms of structural indicators and yield were obtained in the Zhyvynka variety on the background of $N_{90}P_{60}K_{60}$ fertilizer.

Keywords: oil flax, varieties, mineral fertilizers, yield.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Льон олійний є важливим для України як високорентабельна сільськогосподарська культура та джерело цінних продуктів для харчової, медичної та промислової галузі. Його економічна привабливість зумовлена високою олійністю та низькими витратами на вирощування порівняно із соняшником, а також потенціалом для експорту [16]. У світі, за даними ФАО, льон олійний – одна з найважливіших технічних культур, він займає близько 3,5 млн гектарів. З них понад 3 млн га засівають олійним льоном (межеумки, кудряші), з насіння якого отримують олію. Важливим є те, що виробництво льону олійного у світі за останні 3 роки збільшилось у 2,2 рази, а в

Україні за цей час спостерігається тенденція зворотного характеру: посівні площі, середня врожайність і валовий збір зменшилися на майже 40 % [19].

В Україні за останні 10 років посівні площі під льоном зменшувалися і досягли майже критичного рівня. Тобто не у всіх регіонах нашої країни у структурі посівних площ можна було відшукати дану культуру, а її цінність та користь перевищує усі олійні культури. Зокрема, за кількістю Омега-3 льяна олія перевищує всі відомі рослинні олії, навіть в 10 разів випереджає риб'ячий жир, який вважається головним джерелом поліненасичених жирних кислот [3, 20]. За науковими спостереженнями І. М. Скурихін та ін. в оливковій олії його

міститься 1 %, в сафлоровій – 0,5 %. В одній столовій ложці лляної олії міститься приблизно 7200 мг альфа-ліноленової кислоти, що є достатнім для добової потреби людини в Омега-3.

Льон не поступається за прибутковістю іншим олійним культурам і є добрим попередником. Завдяки біологічним властивостям та екологічній адаптованості його можна вирощувати в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Раніше основні посіви льону олійного зосереджувалися в південних і східних областях країни, але сьогодні поширюються у Лісостепову зону та Полісся, для якої притаманні легкі за структурним складом ґрунти, переважно сірі лісові та сприятливі ґрунтово-кліматичні умови [10, 13].

Правильний вибір сорту льону олійного має важливе значення для успішного вирощування культури. За останні декілька років ученими Національної академії аграрних наук України (Інститут олійних культур, ННЦ «Інститут землеробства НААН») створено перспективні сорти льону олійного, які занесено до Державного Реєстру сортів рослин, придатних до вирощування в різних ґрунтово-кліматичних зонах. В умовах Лісостепу та Полісся на різних типах ґрунту селекційна робота науковців дозволяє отримувати понад 2,0–3,0 т/га насіння льону таких сортів, як: Айсберг, Південна Ніч, Орфей, Водограй, Ківіка, Живинка, Запорізький богатир, Аквамарин, Північна Зірка, Блакитно-Помаранчевий, Еврика, Лірина, Сонячний та ін. [4, 6, 14]. Завдяки селекції постійно підвищуються потенційна врожайність та якість сортів. Нові сорти краще пристосовані до місцевих умов вирощування, мають підвищену стійкість до хвороб, шкідників та стресових чинників.

Високу врожайність та якість продукції за традиційної системи удобрення льон олійний не в змозі забезпечити. Ефективним рішенням цьому є оптимізація живлення рослин через його збалансованість, що сприяє інтенсивному

розвитку рослин, дає можливість активно та ефективно втрутитися у процес формування врожаю та його якості. Тому для льону олійного визначення оптимальної норми удобрення в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є важливим етапом для отримання сталих та високих урожаїв культури [1, 2, 11, 12, 15].

Дослідженнями, проведеними В. О. Ушкаренко та ін. і О. Л. Рудік на дослідному полі Асканійської ДСДС при вирощуванні льону олійного без зрошення, внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ з нормою висіву 6 млн сх. нас./га забезпечує урожайність – 1,59 т/га, а з нормою висіву 7 млн сх. нас./га на цьому ж фоні – 2,14 т/га [17, 18].

Матеріали і методи. Досліди були закладені на сірому лісовому поверхнево-оглеєному ґрунті у лабораторії технологій у рослинництві на полях ІСГКР НААН з наступними агрохімічними показниками: гумус (за Тюрнімом) – 1,97–2,2 %, рН (сольової витяжки) – 4,8–5,2, легкогідролізного азоту – 99,0–114,2 мг/кг ґрунту (визначення проводили методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863:2015), рухомого фосфору та обмінного калію відповідно 95,2–101,1 і 107,1–112,0 мг/кг ґрунту (аналізували методом Кірсанова згідно з ДСТУ 4405:2005) [5, 19, 20, 21].

Попередник – озима пшениця. Обробіток ґрунту складався із таких заходів: луцнення стерні, зяблевої оранки на глибину 20–22 см, двократної весняної культивуації (перша на 8–10 см, а друга на глибину загортання насіння) з боронуванням. Під передпосівну культивуацію вносили мінеральні добрива згідно зі схемою дослідів. Сівбу проводили в оптимально ранні строки, при першій можливості виходу в поле. Догляд за посівами складався із боротьби з льоновою блохою та з дводольними бур'янами Гроділ Максі – 110 мл/га.

Результати та обговорення. У результаті проведених досліджень встановлено позитивний вплив мінеральних добрив на виживання рослин. В усіх сортів відзначався позитивний вплив

добрив на збереження рослин у порівнянні до контролю. Слід зазначити, що фони удобрення $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$ у середньому за чотири роки підвищували виживання рослин усіх сортів на 1 % (2–3 рослини). Серед сортів максимального показника виживання рослин одержано у сортів Живинка та Антант – 87,2–87,5 %, у решті даних показник коливався в межах

85,9–87,0 % на фонах мінерального удобрення $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Польова схожість в середньому за чотири роки (табл. 1) досліджень у сортів коливалася та не залежала від фонів удобрення, а найвища була у сортів Живинка (86,0 %) і Антант (86,0 %), у інших сортів вона була дещо нижчою та коливалася в межах 83,6–85,8 %.

1. Формування стеблестою льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2021–2024 рр.)

№	Сорт (А)	Доза мінеральних добрив, кг/га д.р. (В)	Густота рос. *, шт./м ²	Польова схожість, %	Густота рос. **, шт./м ²	Вживання рослин, %
1	2	3	4	5	6	7
1	Південна ніч (контроль)	Без добрив	332	83,6	287	86,4
2		$N_{45}P_{30}K_{30}$	333	83,7	289	86,6
3		$N_{60}P_{45}K_{45}$	334	83,9	290	86,6
4		$N_{90}P_{60}K_{60}$	334	83,9	290	87,0
5	Водограй	Без добрив	336	84,8	290	86,2
6		$N_{45}P_{30}K_{30}$	337	85,0	291	86,5
7		$N_{60}P_{45}K_{45}$	338	85,1	292	86,6
8		$N_{90}P_{60}K_{60}$	338	85,2	292	86,7
9	Живинка	Без добрив	339	85,6	295	86,9
10		$N_{45}P_{30}K_{30}$	340	85,8	297	87,3
11		$N_{60}P_{45}K_{45}$	341	85,9	298	87,4
12		$N_{90}P_{60}K_{60}$	340	86,0	298	87,5
13	Запорізький богатир	Без добрив	339	85,1	290	85,7
14		$N_{45}P_{30}K_{30}$	339	85,3	291	85,7
15		$N_{60}P_{45}K_{45}$	340	85,4	293	85,9
16		$N_{90}P_{60}K_{60}$	340	85,4	293	86,0
17	Аквамарин	Без добрив	337	85,3	289	85,7
18		$N_{45}P_{30}K_{30}$	338	85,5	290	85,8
19		$N_{60}P_{45}K_{45}$	338	85,5	290	85,9
20		$N_{90}P_{60}K_{60}$	339	85,8	292	86,1
21	Північна зірка	Без добрив	337	84,7	291	86,5
22		$N_{45}P_{30}K_{30}$	337	84,9	292	86,7
23		$N_{60}P_{45}K_{45}$	337	85,0	293	86,8
24		$N_{90}P_{60}K_{60}$	338	85,2	294	87,0
25	Еврика	Без добрив	335	84,4	287	85,8
26		$N_{45}P_{30}K_{30}$	335	84,5	288	85,9
27		$N_{60}P_{45}K_{45}$	335	84,5	289	86,2
28		$N_{90}P_{60}K_{60}$	335	84,6	289	86,2
29	Блакитно-помаранчевий	Без добрив	335	84,4	291	86,7
30		$N_{45}P_{30}K_{30}$	337	84,7	292	86,7
31		$N_{60}P_{45}K_{45}$	337	84,7	293	86,9
32		$N_{90}P_{60}K_{60}$	338	85,0	294	87,0

1	2	3	4	5	6	7
33	Антант	Без добрив	339	85,4	294	86,8
34		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	339	85,6	295	86,9
35		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	340	85,9	295	87,0
36		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	340	86,0	296	87,2

Примітка : * – густина рослин на початок вегетації; ** – густина рослин на кінець вегетації.

Кількість коробочок на одній рослині у льону є важливим структурним елементом, оскільки безпосередньо впливає на врожайність та, відповідно, на вихід олії.

Усі сорти, які ми досліджували, позитивно відреагували на внесення добрив приростом коробочок з однієї рослини. Даний показник залежав від фону удобрення, так за внесення N₄₅P₃₀K₃₀ найбільший приріст кількості коробочок (3,1–3,8 шт./м²) ми одержали у сортів Живинка, Північна зірка, Еврика, Антант (табл. 2). Для фону удобрення N₆₀P₄₅K₄₅ даний показник зріс до 4,1–5,5 шт./м² для

вище названих сортів. Слід зазначити, що максимальні показники ми одержали за фону внесення N₉₀P₆₀K₆₀ (5,0–7,0 шт./м²).

У решти сортів спостерігали також тенденцію збільшення кількості коробочок до контролю, але у меншій кількості. Найбільшу кількість коробочок сформували рослини сортів Водограй (14,5–15,5 шт./росл.), Живинка (16,0–17,5 шт./росл.), Північна зірка (14,9–15,7 шт./росл.), Еврика (14,9–15,8 шт./росл.), Антант (16,2–16,9 шт./росл.) на фонах удобрення N₆₀P₄₅K₄₅ та N₉₀P₆₀K₆₀, проти контролю сорту Південна ніч (11,9–12,3 шт./росл.).

2. Формування висоти рослин та кількості коробочок льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2021–2024 рр.)

№	Сорт(А)	Доза мінеральних добрив, кг/га д.р.(В)	Висота рослин, см	+/- до контролю	Кількість коробочок, шт.	+/- до контролю
1	2	3	4	5	6	7
1	Південна ніч (контроль)	Без добрив (К)	68,4	–	9,7	–
2		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	69,5	1,1	11,3	1,7
3		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	70,1	1,7	11,9	2,2
4		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	71,4	3,0	12,3	2,7
5	Водограй	Без добрив (К)	62,0	–	11,2	–
6		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	63,5	1,5	13,4	2,3
7		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	64,3	2,3	14,5	3,4
8		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	64,8	2,8	15,5	4,3
9	Живинка	Без добрив (К)	59,1	–	10,0	–
10		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	60,1	1,1	14,0	3,8
11		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	61,1	2,0	16,0	5,5
12		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	62,2	3,1	17,5	7,0
13	Запорізький богатир	Без добрив (К)	61,5	–	10,6	–
14		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	62,8	1,4	13,3	2,7
15		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	63,8	2,3	14,3	3,8
16		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	64,3	2,8	15,5	5,0
17	Аквамарин	Без добрив (К)	59,8	–	9,9	–
18		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	60,8	0,9	12,4	2,8
19		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	61,0	1,2	13,2	3,6
20		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	62,8	2,9	14,8	5,2

1	2	3	4	5	6	7
21	Північна зірка	Без добрив (К)	55,7	–	10,2	–
22		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	56,9	1,2	13,7	3,1
23		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	58,0	2,4	14,9	4,3
24		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	59,1	3,5	15,7	5,1
25	Еврика	Без добрив (К)	59,0	–	10,8	–
26		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	59,6	0,6	14,3	3,5
27		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	60,1	1,0	14,9	4,1
28		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	60,5	1,5	15,8	5,0
29	Блакитно-помаранчевий	Без добрив (К)	57,3	–	10,8	–
30		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	58,4	1,1	13,8	3,0
31		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	58,8	1,4	14,8	4,0
32		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	59,9	2,6	15,4	4,6
33	Антант	Без добрив (К)	64,4	–	11,8	–
34		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	65,4	1,0	15,2	3,4
35		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	65,7	1,4	16,2	4,5
36		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	67,0	2,6	16,9	5,1

Висота рослин в більшості залежить від погодних умов, які складаються в поточному році, але важливим фактором, на який можливо вплинути, залишається живлення рослин.

В наших дослідженнях спостерігалася залежність висоти рослин від фонів удобрення. За вищих фонів удобрення рослини усіх сортів виростили вищими. Зокрема, за фонів удобрення N₆₀P₄₅K₄₅, приріст висоти рослин по усіх сортах складав 1,0–2,3 см, а за фонів удобрення N₉₀P₆₀K₆₀ приріст становив 1,5–3,5 см.

Слід зазначити, що найвищим приростом висоти рослин від фонів удобрення N₉₀P₆₀K₆₀ спостерігали у сортів Живинка (3,1 см), Акварин (2,9 см), Північна зірка (3,5 см).

Продуктивність льону олійного залежить від умов вирощування, важливе значення має сорт та фон живлення. На два останніх ми можемо безпосередньо вплинути, тому важливо обирати нові, перспективні сорти, які підходять до конкретного регіону.

3. Урожайність насіння льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2021–2024 рр.)

№	Сорт(А)	Доза мінеральних добрив, кг/га д.р.(В)	Урожайність насіння, т/га	Приріст залежно від сорту, т/га	Приріст залежно від фонів удобрення
1	2	3	4	5	6
1	Південна ніч (контроль)	Без добрив (К)	0,74	–	–
2		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,31	–	0,57
3		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,39	–	0,64
4		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,55	–	0,81
5	Водограй	Без добрив (К)	0,80	0,06	–
6		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,49	0,19	0,70
7		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,64	0,28	0,85
8		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,75	0,20	0,95

1	2	3	4	5	6
9	Живинка	Без добрив (К)	0,77	0,04	–
10		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,60	0,29	0,83
11		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,69	0,31	0,92
12		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,83	0,28	1,06
13	Запорізький богатир	Без добрив (К)	0,77	0,03	–
14		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,51	0,21	0,74
15		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,57	0,19	0,80
16		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,64	0,09	0,87
17	Аквамарин	Без добрив (К)	0,75	0,02	–
18		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,35	0,05	0,60
19		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,42	0,03	0,67
20		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,60	0,05	0,86
21	Північна зірка	Без добрив (К)	0,77	0,04	–
22		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,56	0,25	0,79
23		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,65	0,23	0,88
24		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,75	0,20	0,98
25	Еврика	Без добрив (К)	0,79	0,06	–
26		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,59	0,29	0,80
27		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,61	0,22	0,82
28		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,67	0,12	0,88
29	Блакитно-помаранчевий	Без добрив (К)	0,75	0,02	–
30		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,55	0,24	0,80
31		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,59	0,20	0,84
32		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,64	0,09	0,89
33	Антант	Без добрив (К)	0,88	0,16	–
34		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,59	0,28	0,71
35		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,64	0,22	0,76
36		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,73	0,18	0,85

НІР_{0,05} т/га

0,06–0,11

0,04–0,07

0,14–0,22

В середньому за чотири роки (табл. 3) найвищі показники продуктивності насіння льону-кудряшу відмічено у сортів Живинка, Водограй, Північна зірка та Антант, яка коливалася в межах 1,64–1,83 т/га на фонах удобрення N₆₀P₄₅K₄₅ і N₉₀P₆₀K₆₀. Дані фони удобрення забезпечували найвищу урожайність і для сортів Південна ніч, Запорізький богатир, Аквамарин, Еврика, Блакитно-помаранчевий, з дещо нижчими показниками. Слід зазначити, що усі фони удобрення по сортах забезпечили достовірний приріст урожаю насіння. Зокрема, фон удобрення N₄₅P₃₀K₃₀ забезпечив збільшення урожаю на 0,57–0,83 т/га в усіх сортах, фон N₆₀P₄₅K₄₅

на рівні 0,64–0,92 т/га і найбільший приріст забезпечив фон удобрення N₉₀P₆₀K₆₀ – 0,81–1,06 т/га, при чому за даного удобрення у сорту Живинка одержали максимальний приріст, який склав 1,06 т/га.

В середньому за чотири роки (табл. 4) найвищі показники продуктивності льоносоломки на фонах удобрення N₆₀P₄₅K₄₅ і N₉₀P₆₀K₆₀ одержали у сортів Водограй (1,84 т/га), Живинка (1,88–1,90 т/га), Запорізький богатир (1,84–1,85 т/га) та Антант (1,84–1,87 т/га). Слід зауважити, що на цих фонах удобрення приріст льоносоломки спостерігався на усіх сортах, і коливався в межах 0,03–0,09 т/га.

4. Урожайність соломки льону олійного залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2021–2024 рр.)

№	Сорт	Доза мінеральних добрив, кг/га д.р.	Урожайність соломки, т/га	+/- до контролю
1	2	3	4	5
1	Південна ніч	Без добрив (К)	1,72	–
2		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,77	0,06
3		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,79	0,07
4		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,81	0,09
5	Водограй	Без добрив (К)	1,76	–
6		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,83	0,06
7		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,84	0,07
8		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,84	0,08
9	Живинка	Без добрив (К)	1,81	–
10		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,86	0,05
11		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,88	0,07
12		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,90	0,09
13	Запорізький богатир	Без добрив (К)	1,76	–
14		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,81	0,05
15		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,84	0,07
16		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,85	0,08
17	Аквамарин	Без добрив (К)	1,70	–
18		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,74	0,04
19		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,75	0,05
20		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,78	0,08
21	Північна зірка	Без добрив (К)	1,58	–
22		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,60	0,03
23		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,63	0,06
24		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,64	0,06
25	Еврика	Без добрив (К)	1,64	–
26		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,67	0,03
27		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,67	0,04
28		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,69	0,06
29	Блакитно помаранчевий	Без добрив (К)	1,65	–
30		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,68	0,03
31		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,68	0,03
32		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,71	0,05
33	Антант	Без добрив (К)	1,79	–
34		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,82	0,04
35		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,84	0,06
36		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,87	0,08

НІР_{0,05} т/га

А 0,10–0,12

В 0,07–0,09

АВ 0,20–0,22

Маса 1000 насінин залежить від генетичної природи сорту і може змінюватися від погодних умов року,

густоти стояння рослин, а також від фону удобрення. В середньому за чотири роки (табл. 5) найвища маса 1000 насінин була у

сортів Запорізький богатир (7,66–7,74 г) та Еврика (7,44–7,5 г). Максимального показника у даних сортів одержали на фоні N₉₀P₆₀K₆₀, що забезпечили для вище названих сортів приріст 0,06–0,08 г. Слід

вказати, що маса 1000 насінин від підвищених фонів удобрення, хоч незначно, але збільшилася в усіх сортів від 0,03 г до 0,05 г.

5. Маса 1000 насінин льону олійного, залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2021–2024 рр.)

№	Сорт	Доза мінеральних добрив, кг/га д.р.	Маса 1000 насінин, г	+/- до контролю
1	Південна ніч	Без добрив (К)	6,62	–
2		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,64	0,02
3		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,65	0,03
4		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,66	0,04
5	Водограй	Без добрив (К)	6,46	–
6		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,48	0,02
7		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,49	0,03
8		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,50	0,04
9	Живинка	Без добрив (К)	6,67	–
10		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,69	0,02
11		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,71	0,04
12		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,71	0,04
13	Запорізький богатир	Без добрив (К)	7,66	–
14		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	7,69	0,03
15		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	7,73	0,07
16		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	7,74	0,08
17	Аквамарин	Без добрив (К)	6,56	–
18		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,58	0,02
19		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,58	0,02
20		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,60	0,04
21	Північна зірка	Без добрив (К)	6,45	–
22		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,47	0,02
23		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,47	0,02
24		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,48	0,04
25	Еврика	Без добрив (К)	7,44	–
26		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	7,48	0,04
27		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	7,49	0,05
28		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	7,51	0,06
29	Блакитно помаранчевий	Без добрив (К)	6,57	–
30		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,58	0,02
31		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,61	0,04
32		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,61	0,05
33	Антант	Без добрив (К)	6,71	–
34		N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,73	0,02
35		N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,72	0,02
36		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,75	0,04

Висновки. За отриманими результатами можна стверджувати, що серед сортів найвищими показниками відзначилися сорти Живинка та Антант на фонах удобрення $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$. У даних сортів одержано максимальні

показники приросту головок з однієї рослини: Живинка (16,4–20,0 шт./росл.), Антант (17,6–18,0 шт./росл.), продуктивності насіння (Живинка – 1,82 т/га та Антант – 1,73 т/га) на фоні удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$) та льоносоломки.

Список використаної літератури

1. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив. Київ : ЗАТ “Нічлава”. 2002. 344 с.
2. Олійні культури в Україні / М. М. Гаврилюк та ін. Київ, 2007. 416 с.
3. Домінська О. Я. Вплив факторів на розвиток льонарства в Україні. *Агросвіт*. 2015. № 7. С. 13–19. <http://www.agrosvit.info/index.php?op=1&z=1839&i=2>.
4. Дорота Г. М., Шувар А. М. Каталог Української колекції льону. Львів-Оброшине : [Б. в.]. 2018. 32 с.
5. Дослідна справа в агрономії : навч. посібник у 2 кн. – Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков та ін. ; за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/33532>.
6. Дрозд О. М. Технології вирощування льону олійного. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 7. С. 24–26.
7. ДСТУ 7855:2015. Якість ґрунту. Визначення групового складу гумусу за методом Тюріна у модифікації Конової та Бельчикової. 2015. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62737.
8. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. 2016. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62745.
9. ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. 2006. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60252.
10. Жуйков О. Г., Мельник М. А. Льон олійний в Україні – культура втрачених можливостей. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 123. С. 62–67. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.9>.
11. Кучер І. Т., Хоміна В. Я. Формування урожайності льону олійного залежно від сорту та норми висіву насіння в умовах Західного Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 127. С. 72–77. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.9>.
12. Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. 5-те вид., виправ., доповн., додатковий випуск. Львів : НВФ «Українські технології». 2022. 808 с.
13. Ляна олія: склад, використання, користь. <https://fitomarket.com.ua/ua/fitoblog/lnjanoe-maslo-sostav-ispolzovanie-polza#sostav-olia>.
14. Оцінка сортів льону олійного за продуктивністю в зоні Лісостепу Західного / А. Г. Дзюбайло та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (2). С.

References

1. Hospodarenko H. M. Basics of integrated fertilizer application. Kyiv : ZAT “Nichlava”. 2002. 344 p.
2. Oilseed crops in Ukraine / M. M. Havryliuk et al. Kyiv, 2007. P. 416 p.
3. Dominska O. Ya. Influence of factors on the development of flax growing in Ukraine. *Ahrosvit*. 2015. No. 7. P. 13–19. <http://www.agrosvit.info/index.php?op=1&z=1839&i=2>.
4. Dorota H. M., Shuvar A. M. Catalogue of the Ukrainian flax collection. Lviv-Obroshyne : [B. v.]. 2018. 32 p.
5. Research work in agronomy : a textbook in 2 books – Book 1. Theoretical aspects of research work / A. O. Rozhkov et al. ; edited by A. O. Rozhkov. Kharkiv : Maidan, 2016. 316 p. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/33532>.
6. Drozd O. M. Technologies for growing oilseed flax. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2007. No. 7. P. 24–26.
7. DSTU 7855:2015. Soil quality. Determining the group composition of humus according to Tyurin's method as modified by Kononova and Belchikova. 2015. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62737.
8. DSTU 4405:2005. Soil quality. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Kirsanov method in the modification of the National Center of IGA. 2006. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60252.
9. DSTU 7863:2015. Soil quality. Determination of easily hydrolyzable nitrogen by the Kornfield method. 2016. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62745.
10. Zhuikov O. H., Melnyk M. A. Oilseed flax in Ukraine – a culture of lost opportunities. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2022. No. 123. P. 62–67. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.9>.
11. Kucher I. T., Khomina V. Ya. Formation of oilseed flax yield depending on the variety and seed sowing rate in the conditions of the western forest-steppe. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2022. No. 127. P. 72–77. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.9>.
12. Lykhochvor V. V. Crop production. New technologies for growing field crops: textbook. 5-те вид., виправ., доповн., додатковий випуск. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnolohii». 2022. 808 p.
13. Flaxseed oil: composition, use, benefits. <https://fitomarket.com.ua/ua/fitoblog/lnjanoe-maslo-sostav-ispolzovanie-polza#sostav-olia>.

53–66. [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-\(68\)-2-4](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-(68)-2-4).

15. Ровна О. В. Формування врожайності льону олійного в залежності від мінерального живлення в умовах Західного Лісостепу. *Зб. наук. пр. Уман. нац. ун-ту садівництва*. Умань, 2014. Вип. 84. Ч. 1. С. 71–77. https://journal.udau.edu.ua/assets/files/84/agro/ukr/9_0000.pdf.

16. Рудік О. Л. Оцінка продуктивності посівів льону олійного залежно від технології його використання. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2016. Вип. 6. Т. 3. С. 116–122. <https://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdata/pdf6t3/13.pdf>.

17. Рудік Н. М. Економічний потенціал виробництва льону олійного в Україні. *Агросвіт*. 2020. № 2. С. 61–68. DOI: 10.32702/2306-6792.2020.2.61.

18. Ушкаренко В. О., Лазер П. Н., Рудік О. Л. Особливості елементів технології вирощування льону олійного в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2014. № 80. Ч. 2. С. 198–200. <https://dspace.ksaeu.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/3531/38.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

19. Хілінський С. А. Олійний льон для аграріїв сьогодні – від 100 % рентабельності та низка інших переваг. *Агроном*. 2019. № 4. С. 74–75.

20. Чехова І. В., Чехов С. А., Шкурко М. П. Вітчизняний ринок льону. *Науковий журнал «Економіка України»*. 2017. № 1 (662). С. 52–63. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000640971>.

14. Assessment of oilseed flax varieties by productivity in the Western Forest-Steppe zone / A. H. Dziubailo et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2020. Issue 68 (2) P. 53–66. DOI: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-\(68\)-2-4](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-(68)-2-4).

15. Rovna O. V. Formation of oilseed flax yield depending on mineral nutrition in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Zb. nauk. pr. Uman. nats. un-tu sadivnytstva*. Uman, 2014. Issue 84. Part 1. P. 71–77. https://journal.udau.edu.ua/assets/files/84/agro/ukr/9_0000.pdf.

16. Rudik O. L. Assessment of oilseed flax productivity depending on the technology of its use. *Naukovyi visnyk TDAU*. 2016. Issue 6. Vol. 3. P. 116–122. <https://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdata/pdf6t3/13.pdf>.

17. Rudik N. M. Economic potential of oilseed flax production in Ukraine. *Ahrosvit*. 2020. No. 2. P. 61–68. DOI: 10.32702/2306-6792.2020.2.61.

18. Ushkarenko V. O., Lazer P. N., Rudik O. L. Features of the elements of the technology of growing oil flax in the conditions of Southern Ukraine. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. Kherson, 2014. No. 80. Part 2. P. 198–200. <https://dspace.ksaeu.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/3531/38.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

19. Khilinskyi S. A. Oil flax for farmers today – from 100% profitability and a number of other advantages. *Ahronom*. 2019. No. 4. P. 74–75.

20. Chekhova I. V., Chekhov S. A., Shkurko M. P. Domestic flax market. *Naukovyi zhurnal «Eko nomika Ukrainy»*. 2017. No. 1 (662). P. 52–63. <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000640971>.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-12

Оригінальна наукова стаття

УДК 630:620.952

**ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ
В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ****А. М. Шувар, В. С. Панькевич**

Західноукраїнський національний
університет
вул. Львівська, 11, м. Тернопіль,
46009

Про авторів:

Антін ШУВАР,
доктор сільськогосподарських наук,
професор
ORCID: 0000-0002-6016-0896

Віталій ПАНЬКЕВИЧ,
аспірант
ORCID: 0000-0002-6618-4549

Для листування:

Антін ШУВАР
e-mail: a.shuvar@wunu.edu.ua

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки України

Отримано:
23 січня 2026 р.
Погоджено до друку:
12 лютого 2026 р.
Опубліковано:
31 березня 2026 р.

За результатами досліджень встановлено оптимальні строки та глибину садіння живців енергетичної верби (*Salix L.*) та їх вплив на ріст, розвиток та продуктивність в умовах Західного Лісостепу України. Наведено результати досліджень росту і розвитку енергетичних плантацій верби прутувидної (*S. viminalis L.*) та Тритичинкової (*Salix triandra L.*) в умовах Західного Лісостепу України. Дослідження виконувалися впродовж 2022–2024 рр. на дослідних ділянках Західноукраїнського національного університету, які розташовані в зоні нестійкого зволоження. Погодні умови в роки досліджень за ступенем відхилення від середніх багаторічних, як за окремими місцями, так і за період вегетації були в межах показників характерних для зони нестійкого зволоження Лісостепу України. Садіння живців енергетичної верби завдовжки 25 см здійснювалось у 4 строки: третя декада вересня, третя декада жовтня, друга декада квітня та перша декада травня. Встановлено, що для отримання високої продуктивності біомаси енергетичної верби в перші роки вирощування вирішальними факторами є забезпеченість вологою, якість підготовки ґрунту та удосконалення технологічних процесів вирощування на основі визначення особливостей росту та розвитку рослин. У ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу вищі показники продуктивності біомаси енергетичної верби отримані за пізно осіннього садіння живців у III декаді жовтня та ранньовесняного у I–II декаді квітня за густоти насаджень рослин 14–15 тис./га. Найбільший вплив на продуктивність біомаси верби має густина та схема садіння. Урожайність біомаси та сукупний вихід енергії з енергетичної плантації за трирічний термін вирощування знаходиться в прямолінійній залежності від приживлюваності живців верби Прутувидної, що може забезпечити до 90–95 Гкал/га.

Ключові слова: живці енергетичної верби, біомаса, біопаливо, елементи технології вирощування, *S. viminalis L.*, продуктивність наземної маси.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Шувар А. М., Панькевич В. С., 2026

Optimization of elements of technology cultivation of energy willow in the conditions of the forest-step of Ukraine

West Ukrainian National University
11 Lvivska Str. Ternopil, 46009

About authors:

Antin SHUVAR
ORCID: 0000-0002-6016-0896

Vitalii PANKEVYCH
ORCID: 0000-0002-6618-4549

For corresponding

Antin SHUVAR
e-mail: a.shuvar@wunu.edu.ua

Funding information:

Ministry of Education and Science
of Ukraine

Received:
January 23, 2026
Accepted:
February 12, 2026
Published:
March 31, 2026

The results of the research established the optimal timing and depth for planting energy willow (*Salix* L.) cuttings and their impact on growth, development and productivity in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The results of studies on the growth and development of energy plantations of *Salix viminalis* L. and *Salix triandra* L. in the Western Forest-Steppe of Ukraine are presented. The research was carried out during 2022–2024 on experimental plots of the Western Ukrainian National University located in an area of unstable moisture. The weather conditions during the years of research, in terms of deviation from the long-term average both in individual locations and during the growing season, were within the range typical for the zone of unstable moisture in the Forest-Steppe of Ukraine. The planting of 25 cm long energy willow cuttings was carried out in four stages: the third decade of September, the third decade of October, the second decade of April and the first decade of May. It has been established that in order to obtain high biomass productivity of energy willow in the first years of cultivation, the decisive factors are moisture supply, soil preparation quality and improvement of cultivation processes based on the determination of plant growth and development characteristics. In the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe, the highest biomass productivity of energy willow was obtained from late autumn planting of cuttings in the third decade of October and early spring planting in the first and second decades of April, with a planting density of 14–15 thousand plants per hectare. The density and planting pattern have the greatest impact on willow biomass productivity. Biomass yield and total energy output from an energy plantation over a three-year cultivation period are directly dependent on the survival rate of Prutovidna willow cuttings, which can provide up to 90–95 Gcal/ha.

Keywords: energy willow cuttings, biomass, biofuel, cultivation technology elements, *S. viminalis* L., above-ground mass productivity.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Критичний стан енергетичної системи України разом із підвищенням вартості викопних видів палива потребують децентралізації та збільшення частки відновлювальних джерел енергії. В даній ситуації для стабілізації економіки країни все більше актуальною та популярною стає біоенергетика на основі органічної сировини [1, 7, 15]. Поряд з тим, з метою збільшення енергетичних об'єктів, які працюють на біопаливі необхідна достатня кількість органічної сировини. В останні роки швидкими темпами проходить збільшення промислових плантацій біоенергетичних культур короткої ротації з високою врожайністю біомаси та підвищеним вмістом целюлози [3, 5, 9]. Для

розв'язання даної проблеми все більше долучаються виробники сільськогосподарської продукції, аграрні підприємства та фермери. Тому, для високої рентабельності та ефективності біоенергетичної галузі науковцями проводиться удосконалення та оптимізація нових ефективних технологій вирощування та перероблення біомаси.

Однією з перспективних біоенергетичних культур для виробництва біопалива в зоні Західного Лісостепу України є енергетична верба (*S. viminalis* L.). Оскільки дана культура є новою для агропромислового комплексу постає важливе завдання детального дослідження та удосконалення елементів технології

виращування в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України. Промислові плантації енергетичної верби можна закладати на низькопродуктивних деградованих землях різного механічного складу, зокрема і на вироблених торфовищах, землях, які потребують рекультивації для утримання процесів ерозії ґрунтів. З аналізу наукових джерел для створення плантацій енергетичної верби застосовуються різні техніко-технологічні рішення, ефективність яких має суттєві показники на урожайність біомаси [4, 6, 16, 24].

Використання біомаси в сільській місцевості має екологічний та економічний аспект, що сприяє створенню нових робочих місць і здешевленню теплової й електричної енергії [10, 11, 18]. В Україні паливну тріску з енергетичних плантацій верби можна застосовувати у кількох ключових напрямках. Вона слугує паливом для теплоелектроцентралей, що працюють на біомасі та виробляють електроенергію за програмою «зеленого» тарифу. Її використовують у котлах на твердому паливі для забезпечення теплом бюджетних установ, соціальних об'єктів, а також систем централізованого опалення житлових будинків і нежитлових споруд у невеликих населених пунктах. Вона також може стати ефективним джерелом для приватного сектору, забезпечуючи опалення та гарячу воду. Крім того, паливна тріска є стабільною сировиною для підприємств з виробництва паливних гранул або брикетів та функціональним енергоносієм для виробничих процесів, зокрема генерації тепла і пари [14, 20, 21].

Дослідження авторів [13, 17, 19] показали, що створення насаджень верби може покращувати якість води та впливати на потоки парникових газів, розглядаючи її як перспективний біоенергетичний фотофільтр у ландшафті, а інтеграція вербових насаджень у структуру землекористування може суттєво зменшувати сумарний кліматичний вплив енергетичних систем завдяки заміщенню викопного палива й змінам у викидах

парникових газів з ґрунту. Продуктивність насаджень і стабільність врожаю значно залежать від біологічних особливостей генотипів, організації ротацій виращування, правового регулювання, ринкової кон'юнктури та екологічних наслідків, що підкреслює важливість комплексного підходу їх впровадження в енергетичну стратегію [12, 22, 23].

Метою наших досліджень було визначити вплив строків, глибини садіння та площі живлення рослин енергетичної верби (*Salix* L.) на показники продуктивності біомаси. Завданням дослідження передбачено встановити закономірності росту, біометричні параметри та продуктивність біомаси рослин енергетичної верби шляхом встановлення залежності між ними. Визначити рівень впливу погодних умов та особливості водоспоживання на ріст та розвиток біомаси, встановити закономірності формування високої та стабільної продуктивності залежно від різних агротехнічних заходів: строків садіння, площі живлення, густоти стояння та ступені загущеності рослин енергетичної верби. Дослідження передбачають прогнозування та управління процесами формування урожайності біомаси енергетичної верби прутувидної (*S. viminalis* L.) та тритичинкової (*Salix triandra* L.) залежно від ґрунтово-кліматичних та погодних умов зони Лісостепу України, збільшення виходу біомаси з площі, зниження витрат коштів і енергії на виробництво та зменшення негативного впливу на навколишнього середовища, створення нових елементів технологій для енергоощадного виращування сировини.

Матеріали і методи. Дослідження виконувалися у 2022–2024 рр. в умовах Західного Лісостепу України на дослідних ділянках науково-дослідного виробничого господарства «Наука» Західноукраїнського національного університету. Ґрунт дослідних ділянок – чорноземи типові, глибокі, малогумусні, які мають нейтральну реакцію ґрунтового розчину рН сольове – 6,4. Кліматичні умови

в роки досліджень характеризувалися середньодобовою температурою повітря, яка в період активної вегетації (від 1.04 до 1.10) становила $+14,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $+15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Річна кількість опадів становила 600–700 мм. Кількість опадів у вегетаційний період – 450–550 мм.

У ході досліджень визначалася врожайність біомаси сортів «прутовидна» і «тритичинкова» (фактор А), садіння живців яких (фактор В) виконувалося у два строки весною та два восени (II декада квітня; I декада травня; III декада вересня; III декада жовтня) за трьома схемами й щільності садіння (фактор С) – (перша – $2 \times 70 \times 200$ (14,8 тис. шт./га); друга – $2 \times 100 \times 200$ (13,3 тис. шт./га); третя – $2 \times 150 \times 200$ (11,4 тис. шт./га)). Крок садіння живців на ділянках – 50 см. Площа

дослідної ділянки – 200 м^2 , облікової – 20 м^2 . Повторюваність дослідів – триразова. Визначення врожайності біомаси проводилося після закінчення періоду вегетації рослин, коли з рослин опало листя. На облікових ділянках зрізалися і зважувалися пагони рослини з усіх кущів верби. Висота зрізу 8–10 см. Після зважування значення маси пагонів у кг ділилося на дві частини й визначалася врожайність сирої біомаси в т/га. Дослідження проводилися за загальноприйнятими науковими методиками, традиційними для лісівництва та рослинництва [2, 6, 8]. В процесі досліджень ґрунтово-кліматичних умов проведено аналіз кількості опадів та температури повітря (рис. 1).

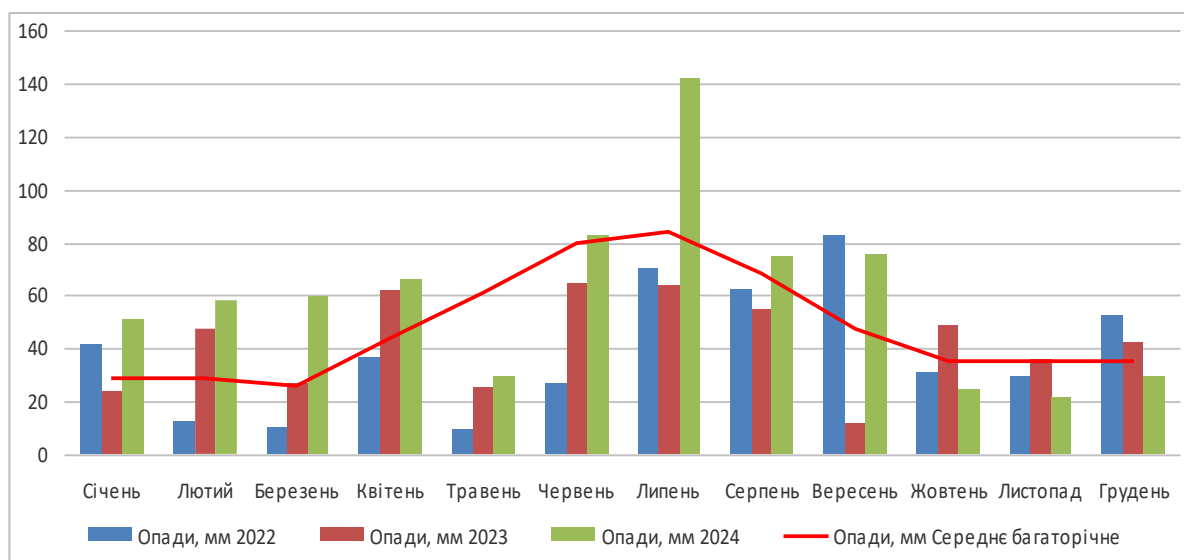


Рис. 1. Кількість опадів та відхилення від середніх багаторічних значень на ділянках науково-дослідного виробничого господарства «Наука» Західноукраїнського національного університету (2022–2024 рр.)

Середня річна кількість опадів у регіоні за роки досліджень становить 570 мм. В окремі роки як, наприклад у 2022 р. їх кількість становила 470 мм, або у 2023 р. збільшується до 700 мм. Останніми роками в цілому спостерігається зменшення кількості опадів порівняно з середньою багаторічною нормою. Регіон дослідження є відносно сприятливим для вирощування

плантацій верби з огляду на достатню кількість опадів та середньорічну температуру. Варто зазначити, що впродовж трьох років досліджень спостерігалися вищі температури порівняно із середніми багаторічними даними.

Дані метеорологічних спостережень за роки проведення досліджень наведено на рис. 2.

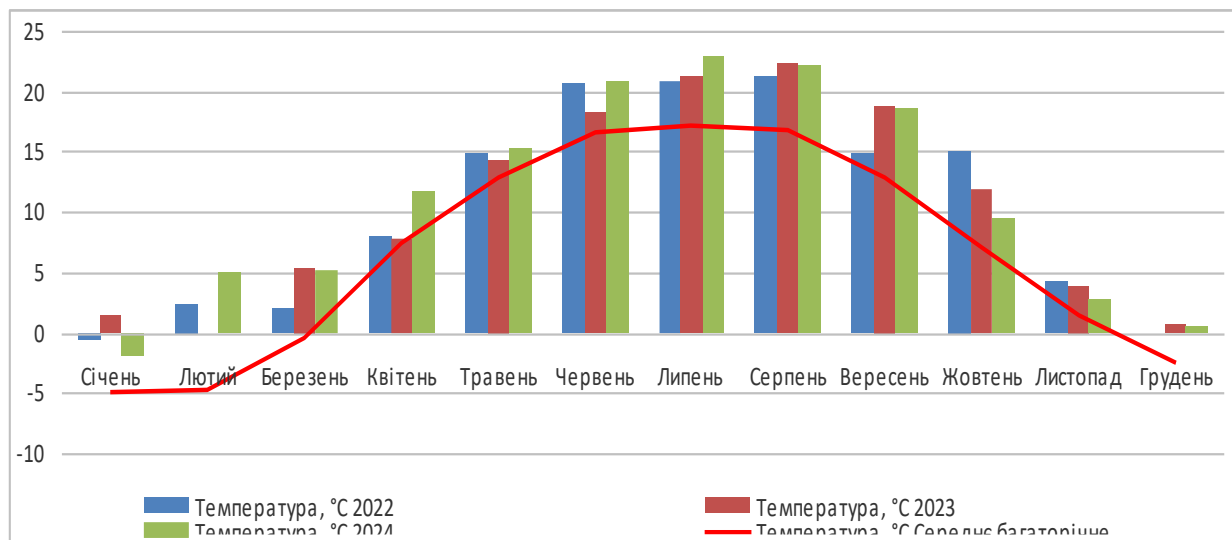


Рис. 2. Температури повітря та відхилення від середніх багаторічних значень на ділянках науково-дослідного виробничого господарства «Наука» Західноукраїнського національного університету (2022–2024 рр.)

Встановлено, що температурний режим 2022, 2023 та 2024 рр. був майже без значних коливань, але з перевищенням середніх багаторічних показників. У 2022 р. за період вегетації температура повітря була вищою за середні багаторічні значення на 1,1 °С.

Загалом найпосушливішими серед років проведення досліджень виявився 2022 р., опади впродовж вегетаційного періоду хоч і випадали регулярно, але в значно меншій кількості. При цьому температура повітря впродовж цього періоду на 1,5–2,0 °С перевищувала середні багаторічні показники, що спричинило значне зниження запасів продуктивної

вологи в ґрунті та, як наслідок, зменшення врожайності біомаси енергетичної верби. Але в цілому можна зробити висновок про те, що погодні умови в роки досліджень за ступенем відхилення від середніх багаторічних як за окремими місцями, так і за період вегетації були в межах показників характерних для зони нестійкого зволоження Лісостепу України.

На основі даних температури повітря і кількості опадів за роки проведення досліджень було визначено показники гідротермічного коефіцієнта (ГТК) протягом теплого періоду року з температурою повітря вище 10 °С (табл. 1).

1. Показники гідротермічного коефіцієнта (ГТК) в зоні проведення досліджень за вегетаційний період (2022–2024 рр.)

Роки	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Середнє
2022	1,5	0,2	0,4	1,1	0,9	1,8	0,6	0,9
2023	2,6	0,5	1,2	0,9	0,8	0,2	1,3	1,1
2024	1,8	0,6	1,3	0,2	1,1	1,3	0,8	1,0

Наведені дані показують, що найбільш сприятливим для росту і розвитку рослин в досліджуваних умовах був 2023 р., коли показник ГТК становив 1,1, а найбільш несприятливими, як згадувалось вище був

2022 р., коли гідротермічний коефіцієнт становив 0,9 і був нижчим за середні багаторічні показники.

Результати та обговорення.
Встановлено, що основними факторами, які

впливають на приживання живців енергетичної верби є строки, глибина садіння та площа живлення. Серед агротехнічних заходів, спрямованих на збільшення врожайності біомаси енергетичної верби важлива роль належить науково обґрунтованим вимогам до процесу садіння: 1) посадка заданої кількості живців верби на одиницю площі поля; 2) рівномірне розміщення та відповідна глибина садіння.

В результаті проведених досліджень визначено, що найвищий відсоток приживлюваності живців енергетичної верби отримано за пізньоосінньої посадки у третій декаді жовтня, що забезпечило укоріненість живців верби прутувидної на 92,5 % за густоти садіння 15 тис./га та тритичинкової – 91,0 %, Наступним

ефективним строком садіння з високим відсотком приживлюваності черенків енергетичної верби є весняний період садіння у другій декаді квітня – 81 % у двох видів верби. Найменша приживлюваність живців отримана за пізньовесняного садіння (І декада травня) – від 62,0 до 72,5 % за густоти стояння 12 тис./га. Це зумовлено низькою забезпеченістю ґрунтом вологи та зниженням середньорічної кількості опадів за роки проведення досліджень у травні, де коефіцієнт ГТК був найменшим 0,2–0,6. У наступні роки відпад рослин енергетичної верби був незначним. Найважливішим фактором, що суттєво впливає на приживлюваність обох видів верби, є строки посадки (рис. 3).

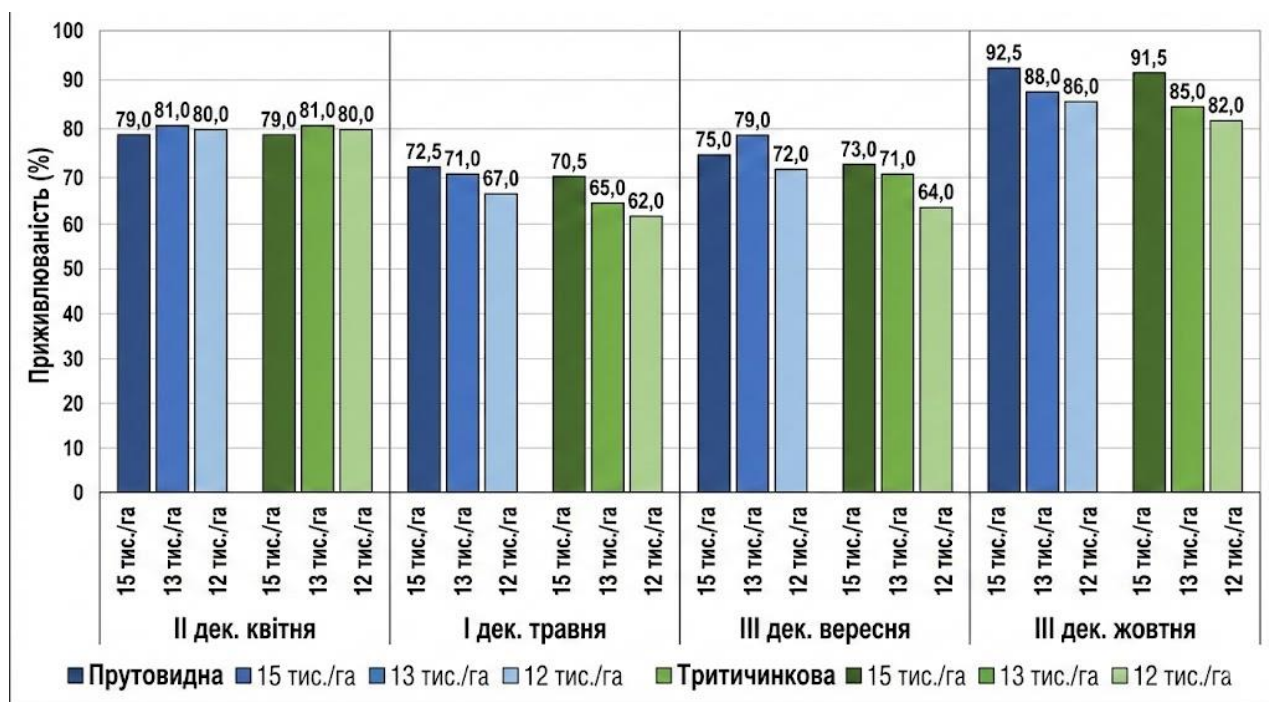


Рис 3. Приживлюваність черенків енергетичної верби прутувидна та тритичинкова залежно від строків та густоти насадження, НДВГ «Наука» ЗУНУ (2022–2024 рр.)

Дослідженнями визначено, що висока урожайність біомаси енергетичної верби в Умовах Західного Лісостепу України можлива лише за ретельного дотримання та оптимізації елементів технології вирощування і, в першу чергу, строків садіння. Тому наукове обґрунтування оптимізації елементів технології

вирощування та сортові особливості повинні гарантувати щорічно високий урожай біомаси енергетичної верби в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України залишається актуальним питанням.

Важливим заходом під час закладання промислових плантацій верби є

формування оптимальної густоти стояння рослин. Цей захід дозволяє підвищити ефективність використання сонячної енергії в ході фотосинтезу. У зріджених насадженнях значна частина світла не буде використана рослинами, а в загущених рослинах затінують одні одних. Оптимальні строки садіння обумовлені

біологічними властивостями рослин, а саме: температурою та вологістю ґрунту, придатними до проростання, сприяють швидкому росту і розвитку рослин на початкових етапах органогенезу, що забезпечує високий урожай. Ріст і розвиток рослин характеризується біометричними показниками.

2. Продуктивність трирічної верби прутовидної та тритичинкової залежно від виду, строків та густоти садіння, НДВГ «Наука» ЗУНУ (2022–2024 рр.)

Види верби	Строки садіння живців	Густота садіння живців, тис/га	Висота рослин верби, см	Урожайність сирової біомаси, т/га	Вихід енергії, Мдж/га
прутовидна	II декада квітня	15	350	55,6	476
		13	345	53,9	459
		12	340	51,0	433
	I декада травня	15	320	48,6	413
		13	314	47,5	408
		12	312	46,0	391
	III декада вересня	15	338	52,6	447
		13	349	53,9	459
		12	335	50,4	428
	III декада жовтня	15	358	58,8	493
		13	355	55,2	469
		12	355	55,0	467
тритичинкова	II декада квітня	15	295	48,6	413
		13	291	47,5	421
		12	283	46,0	391
	I декада травня	15	250	38,5	328
		13	253	36,2	306
		12	251	32,5	294
	III декада вересня	15	290	41,8	355
		13	288	40,6	345
		12	291	38,0	306
	III декада жовтня	15	290	46,4	394
		13	289	45,6	389
		12	292	44,0	374

Проведені дослідження показали, що найвища урожайність сирової біомаси верби прутовидної (55–58 т/га) була отримана за висаджування живців восени у третій декаді жовтня, а найменша – за пізньовесняного садіння у травні.

Аналіз результатів, наведених в табл. 2 свідчить, що найбільше енергії – 493 Мдж/га отримано з енергетичної верби прутовидної за садіння живців восени (у третій декаді жовтня) та ранньою весною (у другій декаді квітня) – 476 Мдж/га. Найменший урожай біомаси та енергії

отримано у виду тритичинкова за садіння живців енергетичної верби весною (в першій декаді травня) – 294 Мдж/га та виду прутovidна – 392 Мдж/га. Величина оптимальної площі живлення залежить від зовнішніх умов і застосовуваної агротехніки. Чим більша площа листового апарату, тим більше є потреба рослин у забезпеченні елементами мінерального живлення та вологою. Найбільше використання площі відбувається за квадратного розміщення рослин. Але для механізованого догляду та збирання біомаси така конфігурація є невдалою, необхідно оптимізувати площу живлення з метою створення прямолінійних рядів для забезпечення міжрядного обробітку ґрунту у перший рік вегетації. Від обраної схеми посадки та площі живлення рослин залежить продуктивність біомаси та сукупний вихід енергії. Висока щільність насаджень рослин верби має кращі можливості затіняти поверхню ґрунту, але, поряд з тим, рослини між собою пригнічуються та конкурують за світло та не повною мірою ефективно використовують відведену їм площу живлення. Зріджені насаджень рослин енергетичної верби (менше ніж 10 тис./га) потребують значно більших зусиль на контроль забур'яненості. В обох випадках недотримання оптимальної густоти стояння рослин верби відбувається суттєве зниження економічної ефективності вирощування біомаси зменшення урожайності біомаси та отриманої енергії з площі. Для ефективного використання енергії світла і забезпечення високої

інтенсивності фотосинтезу рослин верби, площа листової поверхні повинна бути в межах 3–4 на м² плантації, що досягається за густоти насаджень рослин 14–15 тис./га. Згідно з енергетичними розрахунками в умовах Західного Лісостепу України найбільшу продуктивність біомаси можуть забезпечити трирічні насаджень енергетичної верби прутovidної, що еквівалентно в тепловій енергії 90–95 Гкал/га та відповідно тритичинкової – 85–90 Гкал/га.

Висновки. За результатами проведених досліджень з'ясовано, що для отримання високої продуктивності біомаси енергетичної верби в перші роки вирощування вирішальними факторами є дотримання агровимог вирощування, забезпеченість ґрунту вологою, якість технологічних процесів на основі особливостей росту та розвитку рослин.

У ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу найвищі показники продуктивності біомаси енергетичної верби отримані за пізньоосіннього садіння живців – у III декаді жовтня та ранньовесняного – у II декаді квітня за густоти насаджень рослин 14–15 тис./га.

Найбільший вплив на продуктивність біомаси верби має густота та схема садіння. Урожайність біомаси та сукупний вихід енергії з енергетичної плантації за трирічний термін вирощування знаходиться в прямолінійній залежності від приживлюваності живців верби прутovidної, що може забезпечити до 90–95 Гкал/га.

Список використаної літератури

1. Бондар В. С., Фурса А. В. Стратегія та пріоритети розвитку біоенергетики в Україні. *Економіка агропромислового виробництва*. Том 25, № 8. 2018. С. 17–25. https://eapk.com.ua/web/uploads/pdf/eapk_2018_8_p_5_122-17-25.pdf.
2. Гордієнко М. І., Маурер В. М., Ковалевський С. Б. Методичні вказівки до вивчення та дослідження лісових культур. Київ : РВВ НАУ, 2000. 101 с.
3. Гументик М. Я. Технологічні основи створення промислових плантацій високопродуктивних

References

1. Bondar V. S., Fursa A. V. Strategy and priorities for the development of bioenergy in Ukraine. *Ekonomika ahropromyslovoho vyrobnytstva*. Issue 8. 2018. С. 17–25. https://eapk.com.ua/web/uploads/pdf/eapk_2018_8_p_5_122-17-25.pdf.
2. Gordienko M. I., Maurer V. M., Kovalevsky S. B. Methodological guidelines for the study and research of forest cultures. Kyiv : RVV NAU, 2000. 101 p.
3. Gumentyk M. Ya. Technological foundations for the creation of industrial plantations

біоенергетичних культур. *Біоенергетика*. 2020. № 1. С. 13–17. DOI: <https://doi.org/10.47414/be.1.2020.224938>.

4. Дебрынюк Ю. М. Насадження з коротким оборотом рубки як відновлюване джерело енергії. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування*. 2010. Вип. 147. С. 201–208.

5. Дебрынюк Ю. М. Платаційні лісові насадження як об'єкти невичерпного виробництва енергетичної біомаси. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2009. Вип. 116. С. 170–178.

6. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / М. В. Роїк та ін. ; під заг. ред. доктора с.-г. наук В. М. Сінченка. Вінниця : ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. 340 с.

7. Концепція розвитку біоенергетики в Україні на період до 2035 року / М. В. Роїк та ін. *Біоенергетика*. 2019. № 2 (14). С. 4–10.

8. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь : монографія / Я. Д. Фучило та ін. ; за ред. член-кореспондента НААН В. М. Сінченка. К. : ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 137 с.

9. Роїк М. В., Гументик М. Я., Мамайсур В. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 18–19.

10. Формування продуктивності енергетичних плантацій верби за різних рівнів родючості ґрунту в умовах Західного Полісся / Р. В. Шевчук та ін. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*: зб. наук. праць. К. : ФОП Корзун Д. Ю., 2019. Вип. 27. С. 123–130.

11. Шкоропад, Л., Думич, В. Вирощування енергетичної верби в умовах західного регіону України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарства України* : збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, 2017. Вип. 21 (35). С. 353–361.

12. A physiological and biophysical model of coppice willow (*Salix spp.*) production yields for the contiguous USA in current and future climate scenarios / D. Wang at al. *Plant Cell and Environment*. 38. P. 1850–1865.

13. Bressler, A. S., Vidon, P. G. & Volk, T. A. Impact of shrub willow (*Salix sp.*) as a potential bioenergy feedstock on water quality and greenhouse gas emissions. *Water, Air and Soil Pollution*, 2017. V. 228. P. 170–188.

14. Change in Yield Between First and Second Rotations in Willow (*Salix spp.*) Biomass Crops is Strongly Related to the Level of First Rotation Yield / N. J. Sleight at al. *BioEnergy Research*. 2016. Vol. 9. Issue 1. P. 270–287. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12155-015-9684-0>.

15. Ecological Bio Energy Materials in Ukraine Current State and Prospects of Production Development / V. M. Sinchenko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*.

of high-yield bioenergy crops. *Bioenerhetyka*. 2020. No. 1. P. 13–17. DOI: <https://doi.org/10.47414/be.1.2020.224938>.

4. Debryniuk Yu. M. Plantation forest stands as objects of inexhaustible energy biomass production. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia*. 2009. Issue 116. P. 170–178.

5. Debrynyuk Yu. M. Plantations with short rotation as a renewable energy source. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia*. 2010. Issue. 147. P. 201–208.

6. Energy willow: cultivation and utilisation technology / M. V. Roik et al. ; pid zah. red. doktora s.-h. nauk V. M. Sinchenka. Vinnytsia : TOV «Nilan LTD», 2015. 340 p.

7. Concept for the development of bioenergy in Ukraine for the period up to 2035 / M.V. Roik et al. *Bioenerhetyka*. 2019. No. 2 (14). P. 4–10.

8. Methodology for researching energy plantations of willows and poplars: monograph / Ya. D. Fuchylo et al. ; za red. chlen-korespondenta NAAN V. M. Sinchenka. K. : TOV «TsP «Komprynt», 2018. 137 p.

9. Roik M. V., Gumentik M. Ya., Mamaysur V. V. Prospects for growing energy willow for the production of solid biofuel. *Bioenerhetyka*. 2013. No. 2. P. 18–19.

10. Formation of productivity of energy willow plantations at different levels of soil fertility in the conditions of Western Polissya / R. V. Shevchuk et al. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*: zb. nauk. prats. K. : FOP Korzun D. Yu., 2019. Issue 27. P. 123–130.

11. Shkoropad, L., Dumych, V. Growing energy willow in the western region of Ukraine. *Technical and technological aspects of the development and testing of new techniques and technologies for agriculture in Ukraine* : zbirnyk nauk. pr. UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. Doslidnytske, 2017. Issue 21 (35). 2. P. 353–361.

12. A physiological and biophysical model of coppice willow (*Salix spp.*) production yields for the contiguous USA in current and future climate scenarios / D. Wang at al. *Plant Cell and Environment*. 38. P. 1850–1865.

13. Bressler, A. S., Vidon, P. G. & Volk, T. A. Impact of shrub willow (*Salix sp.*) as a potential bioenergy feedstock on water quality and greenhouse gas emissions. *Water, Air and Soil Pollution*, 2017. V. 228. P. 170–188.

14. Change in Yield Between First and Second Rotations in Willow (*Salix spp.*) Biomass Crops is Strongly Related to the Level of First Rotation Yield / N. J. Sleight at al. *BioEnergy Research*. 2016. Vol. 9. Issue 1. P. 270–287. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12155-015-9684-0>.

15. Ecological Bio Energy Materials in Ukraine Current State and Prospects of Production Development / V. M. Sinchenko et al. *Ukrainian*

2020. № 10 (1). С. 85–89. DOI:10.15421/2020_13.

16. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications. London; Washington, DC: Earthscan. 2010. 127 p.

17. Fabio, E. S., Smart, L. B. Effects of nitrogen fertilization in shrub willow short rotation coppice production – a quantitative review. *Global Change Biology Bioenergy*. 2018. Vol. 10. Issue 8. P. 548–564. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12507>.

18. Grzesik M., Romanowska-Duda Z., Kalaji H. M. Effectiveness of cyanobacteria and green algae in enhancing the photosynthetic performance and growth of willow (*Salix viminalis* L.) plants under limited synthetic fertilizers application. *Photosynthetica*. 2017. Vol. 55. Issue 3. P. 510–521. DOI: 10.1007/s11099-017-0716-1.

19. Hemmar Torun, Hansson Per-Anders, Sundberg Cecilia. Climate impact assessment of willow energy from a landscape perspective: a Swedish case study. *Global Change Biology Bioenergy*. 2017. Vol. 9, Issue 5. P. 973–985. DOI: 10.1111/gcbb.12399.

20. Major J. E., Mosseler A., Malcolm J. W. Salix species variation in leaf gas exchange, sodium, and nutrient parameters at three levels of salinity. *Canadian Journal of Forest Research*. 2017. 47 (8). P. 1045–1055. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0028.

21. Stajić, B. Short rotation energy crops of fast-growing tree species in Serbia: biomass production, legislation, market, and environmental impacts – potentials and constraints: *Raport UNDP Serbia*. Sept. 2016. 80 p. https://www.researchgate.net/publication/321385601_Short_rotation_energy_crops_of_fast-growing_tree_species_in_Serbia.

22. Stolarski, M. J., Snieg, M., Krzyzaniak M. Short rotation coppices, grasses and other herbaceous crops: Productivity and yield energy value versus 26 genotypes. *Biomass & Bioenergy*. 2018. Vol. 119. P. 109–120.

23. Volk T. A., Berguson B., Daly C. Poplar and shrub willow energy crops in the United States: field trial results from the multiyear regional feedstock partnership and yield potential maps based on the PRISM-ELM model. *GCB Bioenergy*. 2018. DOI: 10.1111/gcbb.12498.

24. Willow Varietal Identification Guide / B. Caslin et al. Carlow, Ireland: Teagasc & AFBI, 2012. 64 p.

Journal of Ecology. 2020. № 10 (1). С. 85–89. DOI:10.15421/2020_13.

16. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications. London; Washington, DC: Earthscan. 2010. 127 p.

17. Fabio, E. S., Smart, L. B. Effects of nitrogen fertilization in shrub willow short rotation coppice production – a quantitative review. *Global Change Biology Bioenergy*. 2018. Vol. 10. Issue 8. P. 548–564. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12507>.

18. Grzesik M., Romanowska-Duda Z., Kalaji H. M. Effectiveness of cyanobacteria and green algae in enhancing the photosynthetic performance and growth of willow (*Salix viminalis* L.) plants under limited synthetic fertilizers application. *Photosynthetica*. 2017. Vol. 55. Issue 3. P. 510–521. DOI: 10.1007/s11099-017-0716-1.

19. Hemmar Torun, Hansson Per-Anders, Sundberg Cecilia. Climate impact assessment of willow energy from a landscape perspective: a Swedish case study. *Global Change Biology Bioenergy*. 2017. Vol. 9, Issue 5. P. 973–985. DOI: 10.1111/gcbb.12399.

20. Major J. E., Mosseler A., Malcolm J. W. Salix species variation in leaf gas exchange, sodium, and nutrient parameters at three levels of salinity. *Canadian Journal of Forest Research*. 2017. 47 (8). P. 1045–1055. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0028.

21. Stajić, B. Short rotation energy crops of fast-growing tree species in Serbia: biomass production, legislation, market, and environmental impacts – potentials and constraints: *Raport UNDP Serbia*. Sept. 2016. 80 p. https://www.researchgate.net/publication/321385601_Short_rotation_energy_crops_of_fast-growing_tree_species_in_Serbia.

22. Stolarski, M. J., Snieg, M., Krzyzaniak M. Short rotation coppices, grasses and other herbaceous crops: Productivity and yield energy value versus 26 genotypes. *Biomass & Bioenergy*. 2018. Vol. 119. P. 109–120.

23. Volk T. A., Berguson B., Daly C. Poplar and shrub willow energy crops in the United States: field trial results from the multiyear regional feedstock partnership and yield potential maps based on the PRISM-ELM model. *GCB Bioenergy*. 2018. DOI: 10.1111/gcbb.12498.

24. Willow Varietal Identification Guide / B. Caslin et al. Carlow, Ireland: Teagasc & AFBI, 2012. 64 p.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-13

Оригінальна наукова стаття

УДК 636.32/38:663.127:636:084.52

**ВОВНОВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВІВЦЕМАТОК
ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТУ ЯГНЯТ
ЗА АЛІМЕНТАРНОЇ ДІЇ ДРІЖДЖОВИХ КОРМОВИХ ДОБАВОК****С. О. Вовк, Г. М. Седіло, А. І. Дмитроца**

Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

Про авторів:

Стах ВОВК,
доктор біологічних наук, професор
ORCID: 0000-0002-1439-5483

Григорій СЕДІЛО,
доктор сільськогосподарських наук,
академік НААН України
ORCID: 0000-0002-3314-337X

Андріяна ДМИТРОЦА,
доктор філософії
ORCID: 0000-0003-3304-3691

Для листування:

Стах ВОВК
e-mail: vovkstah@gmail.com

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

12 січня 2026 р.

Погоджено до друку:

15 лютого 2026 р.

Опубліковано:

31 березня 2026 р.

У статті наведено результати досліджень щодо впливу на вовнову продуктивність і якісні показники шерсті лактуючих вівцематок та інтенсивність росту підсисних ягнят від використання у складі раціонів добавок пробіотика «Ензимактив» (ЕА) та пребіотика «Інактивовані сухі глютаціонові дріжджі» (ІСГД), виготовлених на основі хлібопекарських грибків *Saccharomyces cerevisiae*. Дослідження проведено в умовах вівцеферми Державного підприємства Дослідного господарства (ДП «ДГ» «Грусятічі» (зона передгір'я Карпат) та відділу дрібного тваринництва Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України на 3-х групах лактуючих вівцематок асканійської м'ясо-вовнової породи з кросбредною вовною по 5 голів у кожній, підібраних за принципом аналогів упродовж 2-х місячного зимово-весняного стійлового періоду (лютий-березень). Основний добовий раціон годівлі вівцематок контрольної групи складався із лучного злаково-різнотравного сіна (1,5 кг) та стандартного комбікорму К 83-19-89 (0,6 кг), що забезпечувало потребу тварин у поживних речовинах, макро- і мікроелементах згідно з вітчизняними нормами годівлі овець. Тварини мали вільний доступ до питтєвої води. Вовнову продуктивність вівцематок визначали за результатами весняної стрижки, а якісні технологічні якості шерсті – за загальноприйнятими методиками. Іntenсивність росту, народжених вівцематками ягнят визначали шляхом їх щомісячного зважування та визначення середньодобових приростів живої маси за період від народження до відлучення у 2-х місячному віці. Отримані цифрові дані опрацьовували статистично з використанням стандартної комп'ютерної програми Microsoft Excel. Проведеними дослідженнями встановлено, що пробіотичний препарат «Ензимактив» (ЕА), введений у кількості 0,8 % та пребіотичний препарат «Інактивовані сухі глютаціонові дріжджі» (ІСГД), доданий у дозі 1,4 % від маси комбікорму, виробництва фірми «Компанія Ензим» (м. Львів) підвищують вовнову продуктивність вівцематок, покращують технологічну якість шерсті, стимулюють ріст і розвиток підсисних ягнят.

Ключові слова: лактуючі вівцематки, підсисні ягнята, годівля, пробіотик, пребіотик, продуктивність тварин.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Вовк С. О., Седіло Г. М., Дмитроца А. І., 2026

Wool productivity of ewets and growth intensity of lambs under the nutritional effect of yeast feed additives

Institute of Agriculture of
Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5,
Obroshyne village, Lviv district,
Lviv region, 81115

About authors:

Stakh VOVK
ORCID: 0000-0003-2545-5231

Hryhoriy SEILO
ORCID: 0000-0002-3314-337X

Andriiana DMYTROTSA
ORCID: 0000-0003-3304-3691

For corresponding:

Stakh VOVK
e-mail: vovkstah@gmail.com

Funding information:

Ministry of Education and Sciences
of Ukraine

Received:
January 12, 2026
Accepted:
February 15, 2026
Published:
March 31, 2026

The article presents the results of studies on the effect on wool productivity and quality indicators of wool of lactating ewes and the growth rate of suckling lambs of the use of probiotic "Enzymactive" (EA) and prebiotic "Inactivated dry glutathione yeast" (ISGD) additives in the rations, made on the basis of baking fungi *Saccharomyces cerevisiae*. The study was conducted in the conditions of the sheep farm of the State Research Farm (SRF) "Grusiatychi" (Carpathian foothills zone) and the Department of Small Animal Husbandry of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS of Ukraine on 3 groups of lactating ewes of the Askania meat-wool breed with crossbred wool, 5 heads in each, selected according to the principle of analogues during the 2-month winter-spring stall period (February-March). The main daily feeding ration of ewes of the control group consisted of meadow grass-herbaceous hay (1.5 kg) and standard compound feed K 83-19-89 (0.6 kg), which provided the animals' need for nutrients, macro- and microelements according to domestic standards for feeding sheep. The animals had free access to drinking water. The wool productivity of ewes was determined by the results of spring shearing, and the qualitative technological qualities of wool were determined by generally accepted methods. The growth rate of lambs born to ewes was determined by their monthly weighing and determining the average daily live weight gains for the period from birth to weaning at 2 months of age. The obtained digital data were statistically processed using the standard computer program Microsoft Excel. The conducted studies have shown that the probiotic preparation "Enzymactive" (EA), introduced in an amount of 0.8 %, and the prebiotic preparation "Inactivated dry glutathione yeast" (ISGD), added in a dose of 1.4 % of the weight of the compound feed, produced by the company "Enzym Company" (Lviv city), increase the wool productivity of ewes, improve the technological quality of wool, and stimulate the growth and development of suckling lambs.

Keywords: lactating ewes, suckling lambs, feeding, probiotic, prebiotic, animal productivity.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Широкомасштабне, безконтрольне використання у тваринництві різних видів антибіотиків в останні десятиліття з метою профілактики інфекційних захворювань та інтенсифікації росту тварин стало причиною виникнення у них антибіотикорезистентності [3, 4, 6, 9, 18]. Оскільки подальше їхнє використання загрожувало не лише здоров'ю тварин, але й людей, у 2006 р. Європейським Союзом було прийнято рішення про заборону застосування антибіотиків у тваринництві як засобів для профілактики захворювань та стимуляції росту [18, 23]. Виходячи з

цього, науковці низки країн розпочали активний пошук ефективних альтернативних замінників антибіотиків для потреб тваринництва. Такими замінниками в останні роки стали про-, пре- і синбіотичні біодобавки до раціонів тварин, виготовлені на основі різних видів непатогенних мікроорганізмів та мікроскопічних грибків [13, 20–23]. Саме різні штами дріжджових грибків та біодобавок, виготовлених на їхній основі, найбільш широко використовують у годівельній практиці жуйних тварин в останнє десятиліття [3, 4, 7, 8, 15, 16]. Серед

усіх видів грибків та кормових біодобавок, виготовлених на їхній основі як стимулятори обміну речовин в організмі та інтенсивності росту жуйних тварин, найбільш широко використовують дріжджові грибки *Saccharomyces cerevisiae* і *Kluyveromyces marxianus* [6–9, 17, 23]. Вони характеризуються високим вмістом протеїну, полісахаридів, амінокислот, нуклеотидів, вітамінів, макро- і мікроелементів та низкою невідомих на сьогодні біологічно активних інгредієнтів [12, 18].

Дослідженнями, проведеними в останні роки, встановлено, що використання про- і пребіотичних добавок у раціонах жуйних тварин активує метаболічні процеси у симбіотичній мікрофлорі передшлунків, зокрема рубця [5, 7, 8]. Вказані біодобавки сприяють засвоєнню мінеральних речовин, покращують гомеостаз білків, ліпідів і глюкози в організмі, стимулюють імунний захист у тварин [4, 8–11, 18]. Враховуючи

те, що дослідження такого плану в основному виконано на великій рогатій худобі [4–9, 14, 19], а у науковій літературі надто обмежена інформація щодо метаболічної та продуктивної дії таких кормових добавок за їх аліментарного використання у різних вікових групах овець [3, 10, 11], метою даної роботи було дослідження впливу цих добавок до раціонів на вовнову продуктивність лактуючих вівцематок, якісні показники їхньої шерсті та інтенсивність росту підсисних ягнят.

Матеріали і методи.

Експериментальні дослідження проведено в умовах ДП «ДГ «Грусятичі» Жидачівського району Львівської області на 3-х групах лактуючих вівцематок асканійської м'ясо-вовнової породи з кросбредною вовною по 5 голів у кожній, підібраних за принципом аналогів за віком і живою масою. Схема досліду наведена у таблиці 1.

1. Схема проведення досліду на вівцематках

Група вівцематок	Кількість тварин, гол.	Склад раціону
Контрольна	5	Основний раціон (ОР) + стандартний комбікорм
1 дослідна	5	ОР + стандартний комбікорм + 0,8 % пробіотика Ензимактив (ЕА) від маси комбікорму
2 дослідна	5	ОР + стандартний комбікорм + 1,4 % пребіотика Інактивовані сухі глютаціонові дріжджі (ІСГД) від маси комбікорму

Вівцематки контрольної групи упродовж 60-добового стійлового періоду (лютий-березень) отримували злаково-різнотравне сіно та 600 г комбікорму К 83-19-89, що забезпечувало їхні потреби в енергії, поживних, біологічно-активних речовинах і макро- та мікроелементах, згідно з вітчизняними нормами годівлі овець. Тварини мали вільний доступ до питної води.

До комбікорму вівцематок 1-ї дослідної групи вводили пробіотик «Ензимактив» (ЕА), а до 2-ї дослідної групи – пребіотик «Інактивовані сухі глютаціонові дріжджі» (ІСГД) у кількостях,

наведених у таблиці 1. У дослідженнях використовували означені дріжджові кормові добавки виробництва ПрАТ «Компанія Ензим» (м. Львів).

Вовнову продуктивність вівцематок визначали за результатами весняної стрижки тварин, а якісні та технологічні показники шерсті – за загальноприйнятими методиками, описаними у довіднику В. В. Влізло та ін. (2012) [1].

З метою з'ясування інтенсивності росту ягнят, проводили їхнє зважування при народженні, а також визначали живу масу тварин на початку і по завершенні експериментального періоду,

встановлюючи при цьому валові та середньодобові прирости живої маси.

Отримані цифрові дані опрацьовували статистично з використанням стандартної комп'ютерної програми Microsoft Excel [2]. Отримані цифрові дані обробляли методами варіаційної статистики з визначенням рівня вірогідності різниць між показниками контрольної та дослідних груп. Статистичну вірогідність оцінювали за рівнями: $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$.

Результати та обговорення. Проведеними дослідженнями встановлено, що використання у складі комбікорму вівцематок пробіотика ЕА і пребіотика ІСГД в означених дозах виявляє стимулюючу дію на вовнову продуктивність та якісні показники шерсті (табл. 2). У вівцематок дослідних груп відзначено зростання настригу немитої вовни: у тварин, які отримували пробіотик ЕА, цей показник був на 4,6 % вищим, а у групі з пребіотиком ІСГД – на 1,4 % порівняно з контролем.

2. Показники вовнової продуктивності та фізико-хімічних властивостей шерсті піддослідних вівцематок ($M \pm m, n = 5$)

Показники	Група вівцематок		
	Контрольна	1 дослідна	2 дослідна
Настриг не митої вовни, кг	4,37 ± 0,05	4,59 ± 0,07	4,43 ± 0,08
Вихід митого волокна, %	48,10	48,90	48,30
Коефіцієнт вовності, г/кг	53	53	53
Довжина вовни, см	7,70 ± 0,05	7,90 ± 0,03	7,80 ± 0,06
Міцність вовни, км	7,20 ± 0,09	8,00 ± 0,04	7,80 ± 0,07
Діаметр волокна, мкм	24,30 ± 0,30	24,7 ± 0,40	24,50 ± 0,50
Вміст вовнового жиру, %	8,41 ± 0,39	8,63 ± 0,45	8,55 ± 0,51
Вміст поту, %	20,01 ± 1,12	19,34 ± 2,23	19,15 ± 1,46
Співвідношення – жир : піт	1:0,43	1:0,47	1:0,45
Глибина забруднення штапелю, %	42,11 ± 2,35	41,93 ± 3,15	41,73 ± 2,06
Вміст мінеральних домішок у вовні, %	21,35 ± 0,43	20,16 ± 0,52	20,03 ± 0,39

Як видно із даних таблиці 2, у тварин контрольної групи настриг становив $4,37 \pm 0,05$ кг. У 1-й дослідній групі цей показник зріс до $4,59 \pm 0,07$ кг, що на 0,22 кг (близько 5,0 %) більше, порівняно з контролем. У 2-й дослідній групі настриг вовни також перевищував контрольний рівень і становив $4,43 \pm 0,08$ кг (на 1,4 % більше). Найвищий настриг вовни отримано у вівцематок 1-ї дослідної групи, які отримували у складі концкорму добавку 0,8 % пробіотика ЕА від його маси. Вихід чистої вовни у дослідних групах тварин був дещо вищим (48,90 та 48,30 %) порівняно з контролем (48,10 %). Хоча різниця не є статистично вірогідною, вона свідчить про покращення технологічної вовнової сировини. У дослідних групах вівцематок спостерігалось незначне збільшення

довжини волокна: $7,90 \pm 0,03$ см у 1-й групі та $7,80 \pm 0,06$ см у 2-й проти $7,70 \pm 0,05$ см у контролі. Щодо міцності вовни, то у 1-й дослідній групі вона зросла до $8,00 \pm 0,04$ км, а у 2-й – до $7,80 \pm 0,07$ км, порівняно з $7,20 \pm 0,09$ км у контролі. Зростання міцності волокна свідчить про покращення структурної організації кератину, що може бути наслідком більш повноцінного забезпечення організму тварин амінокислотами за аліментарної дії вказаних кормових добавок [8–11, 18]. Діаметр вовнових волокон у контрольній і дослідних групах тварин залишався практично на одному рівні ($24,30$ – $24,70$ мкм), що не виходить за межі фізіологічної варіабельності й не погіршує якісних характеристик вовни. У дослідних групах вівцематок відзначено тенденцію до

підвищення вмісту вовнового жиру (8,63 та 8,55 %) порівняно з контролем (8,41 %), що вказує на достатню еластичність шерсті тварин, які отримували у складі комбікорму дріжджові кормові добавки. Вміст поту у вовні вівцематок дослідних груп, навпаки, дещо зменшувався, що зумовило певну зміну співвідношення жир : піт (1:0,47 і 1:0,45 у дослідних групах проти 1:0,43 у контролі). У дослідних групах вівцематок спостерігалось також зменшення глибини забруднення штапелю (41,93 і 41,73 % проти 42,11 % у контролі) та вмісту мінеральних домішок (20,16 і 20,03 %

проти 21,35 % у контролі), що вказує на його високу технологічну якість.

У цілому, наведені дані в таблиці 2 свідчать про позитивний вплив дріжджових кормових біодобавок на вовнову продуктивність та якісні показники вовни піддослідних вівцематок, а також про більш виражений стимулюючий вплив пробіотика ЕА на ці показники порівняно з пребіотиком ІСГД.

Нами показано також, що застосування дріжджового про- і пребіотика в означених дозах у раціонах вівцематок підвищує інтенсивність росту підсисних ягнят (табл. 3).

3. Показники інтенсивності росту підсисних ягнят, народжених піддослідними вівцематками ($M \pm m$, $n = 9-12$)

Стать ягнят	Група ягнят		
	Контрольна	1 дослідна	2 дослідна
Маса тіла ягнят при постановці на дослід, кг			
Баранчики	4,36 ± 0,22	4,32 ± 0,31	4,25 ± 0,26
Ярочки	4,08 ± 0,19	3,73 ± 0,23	3,86 ± 0,17
Маса тіла ягнят при відлученні від вівцематок, кг			
Баранчики	20,61 ± 0,67	22,35 ± 0,91	21,13 ± 0,75
Ярочки	19,07 ± 0,59	20,49 ± 0,67	20,32 ± 0,63
Валовий приріст маси тіла ягнят за період дослід, кг			
Баранчики	16,3 ± 0,45	17,8 ± 0,54	17,2 ± 0,69
Ярочки	14,9 ± 0,61	17,2 ± 0,73*	16,9 ± 0,57*
Середньодобовий приріст маси тіла ягнят за період дослід, г			
Баранчики	177,4 ± 3,92	196,5 ± 7,24*	191,3 ± 5,11*
Ярочки	167,9 ± 6,47	183,1 ± 5,92*	180,4 ± 6,49*

На початку дослідів жива маса новонароджених ягнят у всіх групах була практично однаковою і становила у баранчиків 4,25–4,36 кг, а у ярочок – 3,73–4,08 кг. При відлученні від вівцематок у 60-ти добовому віці у ягнят дослідних груп відзначено вищі показники живої маси порівняно з контролем. Зокрема, баранчики 1-ї дослідної групи досягли 22,35 ± 0,91 кг, що на 8,4 % більше, ніж у контрольній групі (20,61 ± 0,67 кг). У 2-й дослідній групі цей показник становив 21,13 ± 0,75 кг, що також перевищувало контрольний рівень. Аналогічна тенденція спостерігалася і серед ярочок: їх маса при відлученні у дослідних групах була на 6,6–7,4 % більшою, ніж у контролі. Валовий приріст

маси тіла за період дослідів у баранчиків 1-ї та 2-ї дослідних груп становив відповідно 17,8 ± 0,54 та 17,2 ± 0,69 кг проти 16,3 ± 0,45 кг у контрольній групі. У ярочок прирости живої маси в дослідних групах були статистично вірогідно вищими ($P < 0,05$) і становили 17,2 ± 0,73 та 16,9 ± 0,57 кг відповідно, тоді як у контролі – 14,9 ± 0,61 кг. Середньодобові прирости у баранчиків дослідних груп перевищували контроль на 7,8–10,8 % і становили 191,3–196,5 г проти 177,4 г у контрольній групі ($P < 0,05$). У ярочок дослідних груп цей показник також був вірогідно вищим – відповідно 180,4–183,1 г порівняно з 167,9 г у контролі ($P < 0,05$).

Підсумовуючи дані, наведені у таблиці 3, слід наголосити на тому, що згодовування лактуючим вівцяматкам пробіотики ЕА і пребіотики ІСГД в означених дозах стимулює інтенсивність росту народжених ними ягнят, що проявляється збільшенням їхньої живої маси та валових і середньодобових приростів. Ці дані свідчать про оптимізацію метаболічного статусу організму лактуючих вівцяматок дослідних груп та покращення біологічної повноцінності їхнього молозива і молока, що позитивно

відобразилося на показниках росту і розвитку підсисних ягнят.

Висновки. Підводячи підсумок одержаних результатів, можна зробити висновок про те, що використання у складі комбікорму лактуючих вівцяматок пробіотики “Ензимактив” у дозі 0,8 % і пребіотики “Інактивовані сухі глутатіонові дріжджі” у дозі 1,4 % від його маси, виробництва фірми “Компанія Ензим” (м. Львів), виявляє стимулюючу дію на вовнову продуктивність, якість шерсті та інтенсивність росту і розвитку підсисних ягнят.

Список використаної літератури

1. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / за ред. В. В. Влізла. Львів : СПОЛОМ, 2012. 762 с.
2. Петровська І. Р., Салига Ю. Т., Вудмаска І. В. Статистичні методи у біологічних дослідженнях : навч.-метод. посіб. Київ : Аграрна наука, 2022. 172 с.
3. A review on effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as feed additives in ruminants performance / F. Sundus et al. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018. 6 (2). P. 629–635.
4. Burdick Sanchez N. C., Broadway P. R., Carroll J. A. Influence of Yeast Products on Modulating Metabolism and Immunity in Cattle and Swine. *Animals*. 2021. Vol. 11. Issue 2. P. 371–379. DOI: 10.3390/ani11020371.
5. Dietary supplementation of yeast cell wall improves the gastrointestinal development of weaned calves / J. Ma et al. *Anim. Nutr.* 2020. Vol. 6. Issue 4. P. 507–512. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.06.003.
6. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on performance, nutrient apparent digestibility and serum indices of lactating dairy cows / D. N. Zhou et al. *Chin. J. Anim. Nutr.* 2018. 30. P. 2741–2748.
7. Effects of *Saccharomyces Cerevisiae* Fermentation Products on the Microbial Community throughout the Gastrointestinal Tract of Calves / J. X. Xiao et al. *Animals*. 2019. Vol. 9. Issue 1. P. 4–15. DOI: 10.3390/ani9010004.
8. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on growth performance, plasma metabolites and hormones, and rumen fermentation in Holstein calves during pre- and post-weaning periods / K. Takemura et al. *Anim. Sci. J.* 2020. Vol. 91. Issue 1. e13402–13412. DOI: 10.1111/asj.13402.
9. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on milk production, insulin sensitivity and immune response in transition dairy cows during hot season / A. H. Nasiri et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2019. 251. P. 112–123. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.03.00.
10. Effects of yeast mannan oligosaccharides on Growth performance, serum immune and inflammatory

References

1. Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine : dovidnyk / za red. V. V. Vlizla. Lviv : SPOLOM, 2012. 762 p.
2. Petrovska I. R., Salyha Yu. T., Vudmaska I. V. Statistical methods in biological research : navch. metod. posib. Kyiv : Ahrarna nauka, 2022. 172 p.
3. A review on effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as feed additives in ruminants performance / F. Sundus et al. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018. 6 (2). P. 629–635.
4. Burdick Sanchez N. C., Broadway P. R., Carroll J. A. Influence of Yeast Products on Modulating Metabolism and Immunity in Cattle and Swine. *Animals*. 2021. Vol. 11. Issue 2. P. 371–379. DOI: 10.3390/ani11020371.
5. Dietary supplementation of yeast cell wall improves the gastrointestinal development of weaned calves / J. Ma et al. *Anim. Nutr.* 2020. Vol. 6. Issue 4. P. 507–512. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.06.003.
6. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on performance, nutrient apparent digestibility and serum indices of lactating dairy cows / D. N. Zhou et al. *Chin. J. Anim. Nutr.* 2018. 30. P. 2741–2748.
7. Effects of *Saccharomyces Cerevisiae* Fermentation Products on the Microbial Community throughout the Gastrointestinal Tract of Calves / J. X. Xiao et al. *Animals*. 2019. Vol. 9. Issue 1. P. 4–15. DOI: 10.3390/ani9010004.
8. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on growth performance, plasma metabolites and hormones, and rumen fermentation in Holstein calves during pre- and post-weaning periods / K. Takemura et al. *Anim. Sci. J.* 2020. Vol. 91. Issue 1. e13402–13412. DOI: 10.1111/asj.13402.
9. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on milk production, insulin sensitivity and immune response in transition dairy cows during hot season / A. H. Nasiri et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2019. 251. P. 112–123. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.03.00.

indices and Antioxidant indices of Mongolian sheep / M. X. Xie et al. *Chin. J. Anim. Nutr.* 2018. 30. P. 219–226.

11. Isolation and Characterization of Yeasts from Rumen Fluids for Potential Use as Additives in Ruminant Feeding / C. Suntara et al. *Vet. Sci.* 2021. Vol. 8. Issue 3. P. 52–59. DOI: 10.3390/vetsci8030052.

12. Markowiak P., Ślizewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathog.* 2018. 10 (1). P. 21–35.

13. Prebiotics and Probiotics in Feed and Animal Health / A. Anadon et al. *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*. Springer, Cham, 2019. P. 261–285. DOI: 10.1007/978-3-030-04624-8-19.

14. Productive and Reproductive Performances of Primi-parous Friesian Cows Treated with Yeast Culture / W. Wafa et al. *J. Anim. Poult. Prod.* 2020. 11. P. 331–337. DOI: 10.21608/jappmu.2020.118216.

15. Prospect of yeast probiotic inclusion enhances livestock feeds utilization and performance: An overview / M. M. Elghandour et al. *Biomass. Convers. Bior.* 2022. P. 1–13.

16. Research progress on application of *Saccharomyces cerevisiae* in animal production / D. Bin et al. *Feed Res.* 2019. 7. P. 114–116.

17. *Saccharomyces cerevisiae* and *Hanseniaspora osmophila* strains as yeast active cultures for potential probiotic applications / P. Fernandes-Pacheco et al. *Food Funct.* 2019. 10. P. 4924–4931.

18. Scientific and practical aspects of the use of pro-, pre- and synbiotics in the feeding of ruminants against the background of research conducted in Ukraine / S. Vovk et al. *Acta Sci. Pol. Zootechnica.* 2022. (21) 4. P. 5–16. DOI: 10.21005/asp.2022.21.4.01.

19. Shurson G. C. Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2018. Vol. 235. P. 60–76.

20. Singhal B., Chaudhary N. Metabiotics as functional metabolites of probiotics: An emerging concept and its potential application in food and health. *Biotechnical Processing in the Food Industry*. Apple Academic Press, 2021. P. 207–236.

21. Staniszewski A., Kordowska-Wiater M. Probiotic and Potentially Probiotic Yeasts – Characteristics and Food Application. *Foods.* 2021. Vol. 10. Issue 6. P. 1306–1315. DOI: 10.3390/foods10061306.

22. The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics / M. J. Mbarga et al. *Vet. World.* 2021. 14 (2). P. 319–328.

23. Yeast Probiotic and Yeast Products in Enhancing Livestock Feeds Utilization and Performance: An Overview / Y. Pang et al. *J. Fungi.* 2022. Vol. 8. Issue 11. P. 1191–1203. DOI: 10.3390/jof8111191.

10. Effects of yeast mannan oligosaccharides on Growth performance, serum immune and inflammatory indices and Antioxidant indices of Mongolian sheep / M. X. Xie et al. *Chin. J. Anim. Nutr.* 2018. 30. P. 219–226.

11. Isolation and Characterization of Yeasts from Rumen Fluids for Potential Use as Additives in Ruminant Feeding / C. Suntara et al. *Vet. Sci.* 2021. Vol. 8. Issue 3. P. 52–59. DOI: 10.3390/vetsci8030052.

12. Markowiak P., Ślizewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathog.* 2018. 10 (1). P. 21–35.

13. Prebiotics and Probiotics in Feed and Animal Health / A. Anadon et al. *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*. Springer, Cham, 2019. P. 261–285. DOI: 10.1007/978-3-030-04624-8-19.

14. Productive and Reproductive Performances of Primi-parous Friesian Cows Treated with Yeast Culture / W. Wafa et al. *J. Anim. Poult. Prod.* 2020. 11. P. 331–337. DOI: 10.21608/jappmu.2020.118216.

15. Prospect of yeast probiotic inclusion enhances livestock feeds utilization and performance: An overview / M. M. Elghandour et al. *Biomass. Convers. Bior.* 2022. P. 1–13.

16. Research progress on application of *Saccharomyces cerevisiae* in animal production / D. Bin et al. *Feed Res.* 2019. 7. P. 114–116.

17. *Saccharomyces cerevisiae* and *Hanseniaspora osmophila* strains as yeast active cultures for potential probiotic applications / P. Fernandes-Pacheco et al. *Food Funct.* 2019. 10. P. 4924–4931.

18. Scientific and practical aspects of the use of pro-, pre- and synbiotics in the feeding of ruminants against the background of research conducted in Ukraine / S. Vovk et al. *Acta Sci. Pol. Zootechnica.* 2022. (21) 4. P. 5–16. DOI: 10.21005/asp.2022.21.4.01.

19. Shurson G. C. Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2018. Vol. 235. P. 60–76.

20. Singhal B., Chaudhary N. Metabiotics as functional metabolites of probiotics: An emerging concept and its potential application in food and health. *Biotechnical Processing in the Food Industry*. Apple Academic Press, 2021. P. 207–236.

21. Staniszewski A., Kordowska-Wiater M. Probiotic and Potentially Probiotic Yeasts – Characteristics and Food Application. *Foods.* 2021. Vol. 10. Issue 6. P. 1306–1315. DOI: 10.3390/foods10061306.

22. The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics / M. J. Mbarga et al. *Vet. World.* 2021. 14 (2). P. 319–328.

23. Yeast Probiotic and Yeast Products in Enhancing Livestock Feeds Utilization and Performance: An Overview / Y. Pang et al. *J. Fungi.* 2022. Vol. 8. Issue 11. P. 1191–1203. DOI: 10.3390/jof8111191.

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-14

Оригінальна наукова стаття

УДК 636.32.38

**ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРІВ СИМЕНТАЛЬСЬКОЇ ПОРОДИ
ЗА РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ПІДБОРУ
В УМОВАХ ПЕРЕДГІРНОЇ ЗОНИ КАРПАТ****М. А. Петришин, В. Я. Даньків, Н. М. Федак, О. І. Стадницька**

Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

Про авторів:

Мирон ПЕТРИШИН,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-6610-5804

Вікторія ДАНЬКІВ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-4988-2353

Наталія ФЕДАК,
кандидат біологічних наук
ORCID: 0000-0003-1988-8591

Ольга СТАДНИЦЬКА,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0001-6574-4068

Для листування:

Мирон ПЕТРИШИН
e-mail: ma.petryshyn@gmail.com

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

2 лютого 2026 р.

Погоджено до друку:

20 лютого 2026 р.

Опубліковано:

31 березня 2026 р.

Мета досліджень: оцінити ефективність різних варіантів племінного підбору при розведенні симентальської худоби в умовах передгірної зони Карпатського регіону. Об'єкт дослідження: молочна продуктивність та тривалість господарського використання корів симентальської породи за використання гомо- і гетерогенного підбору. Методи досліджень: загальноприйняті зоотехнічні та статистичні. Встановлено певні відмінності за молочною продуктивністю та тривалістю господарського використання між коровами, отриманими за різних варіантів підбору. Дочки корів «мінус» варіантів суттєво не відрізняються між собою за продуктивністю та тривалістю господарського використання незалежно від походження за батьком. Всі різниці за величиною надоїв, кількістю молочного жиру та білка, тривалістю господарського використання перебувають в межах статистичної помилки. За підбору до корів модального класу бугаїв модального класу і бугаїв «мінус» варіантів отримано нащадків, які за молочною продуктивністю та тривалістю господарського використання не відрізняються між собою. Дочки бугаїв «плюс» варіантів за величиною надою за першу, вищу і середню лактації переважали дочок бугаїв модального класу. У дочок бугаїв «мінус» варіантів надій за першу, вищу і середню лактації був нижчий, ніж у дочок бугаїв «плюс» варіантів, однак за величиною пожиттєвої продуктивності суттєвих відмінностей не спостерігалось. За тривалістю господарського використання дочки бугаїв «плюс»-варіантів суттєво поступалися дочкам бугаїв «мінус» варіантів. Коефіцієнти успадкування довічної молочної продуктивності, визначені як співвідношення факторіальної мінливості до загальної, свідчать про статистично значущий вплив батьківської спадковості на фенотиповий прояв цієї ознаки.

Ключові слова: симентальська порода, племінний підбір, молочна продуктивність, успадкування.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Петришин М. А., Даньків В. Я., Федак Н. М., Стадницька О. І., 2026

Productivity of Simmental cows under different selection options in the pre-mountain zone of the Carpathians

Institute of Agriculture of
Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5,
Obroshyne village, Lviv district,
Lviv region, 81115

About authors:

Myron PETRYSHYN
ORCID: 0000-0002-6610-5804

Victoriya DANKIV
ORCID: 0000-0002-4988-2353

Nataliya FEDAK
ORCID: 0000-0003-1988-8591

Olha STADNYTSKA
ORCID: 0000-0001-6574-4068

For corresponding:

Myron PETRYSHYN
e-mail: ma.petryshyn@gmail.com

Funding information:

Ministry of Education and Sciences
of Ukraine

Received:
February 2, 2026
Accepted:
February 20, 2026
Published:
March 31, 2026

Research objective: to evaluate the effectiveness of various breeding selection options for Simmental cattle breeding in the foothills of the Carpathian region. Research object: milk productivity and duration of economic use of Simmental cows by homo- and heterogeneous selection. Research methods: generally accepted zootechnical and statistical methods. Specific differences in milk productivity and the duration of economic use were observed between cows selected using different options. The daughters of cows from the minus variants do not differ significantly in terms of productivity and duration of economic use, regardless of their paternal origin. All differences in milk yield, milk fat and protein content, and duration of economic use are within the limits of statistical error. When selecting cows of the modal class, bulls of the modal class and bulls of the minus variants produced offspring that did not differ in milk productivity and duration of economic use. The daughters of bulls of the plus variants exceeded the daughters of bulls of the modal class in terms of milk yield for the first, higher and average lactation. The daughters of bulls of the minus variant had lower milk yield during the first, higher and average lactation than the daughters of bulls of the plus variant. Still, there were no significant differences in lifetime productivity. In terms of economic use, the daughters of bulls of the plus variant were significantly inferior to the daughters of bulls of the minus variant. The heritability coefficients for lifetime milk productivity, defined as the ratio of factorial to total variability, indicate a statistically significant influence of paternal heredity on the phenotypic expression of this trait.

Keywords: Simmental breed, breeding selection, milk productivity, heredity.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Планування селекційних заходів, спрямованих на отримання наступного покоління тварин із цільовим комплексом господарсько-корисних показників, базується на практичному застосуванні методів генетики кількісних ознак, основні положення яких були узагальнені та викладені у класичній роботі професора J. L. Lush “Animal breeding plans” [19]. У розвиток теоретичних основ племінного підбору як методу цілеспрямованого впливу на формування селекційних стад бажаного напряму продуктивності суттєвий внесок зроблено науковими роботами вітчизняного вченого, професора М. А. Кравченка. Розробленим ним концептуальні підходи до методології

добору та підбору з метою отримання тварин бажаного типу із стійкою спадковістю є актуальними і в сучасних умовах великомасштабної селекції [5].

При плануванні підбору необхідно враховувати цілий ряд факторів, які будуть мати вплив на отримання цільових параметрів продуктивності у потомстві. Серед них відзначають такі: приналежність батьківських пар до певних ліній видатних плідників з урахуванням результатів їх попередніх поєднань; адаптаційна здатність у конкретних господарських та природно-кліматичних умовах; різниця у рівні продуктивності батьківських пар та розвитку інших цінних якостей. З метою закріплення у потомстві бажаних

спадкових комплексів господарсько-корисних ознак використовують однорідний (гомогенний) підбір, який характеризується схожими параметрами продуктивності у спаровуваних особин. Як наслідок, відбувається до певного рівня консолідація і типізація стада за бажаними ознаками [1, 3]. У дослідженнях із великомасштабного геномного оцінювання лінійних ознак, проведеного серед більш ніж 2,3 млн голів голштинської породи, встановлено, що однорідний підбір (*positive assortative mating*) може впливати на внутрішньо-родинну генетичну варіативність, знижуючи відмінності між плідниками і потомством [7, 8, 15]. Завдяки широкому впровадженню штучного осіменіння корів значно зменшилася чисельність бугаїв, необхідних для відтворення стада, інтенсивне використання найкращих дає можливість досягати визначних успіхів у підвищенні молочної продуктивності.

В сучасній популяції голштинської худоби Північної Америки майже всі бугаї, які використовуються для штучного осіменіння, є нащадками лише двох родоначальників ліній – Pawnee Farm Arlinda Chief та Round Oak Rag Apple Elevation. До цих ліній у 2013 р. належало відповідно 48,8 і 51,1 % бугаїв-плідників [14]. При аналізі внутрішньопородної мінливості Y-хромосоми у бугаїв 12 порід встановили, що її рівень надзвичайно низький [11]. При активному впровадженні штучного осіменіння це може мати негативний вплив на генетичний прогрес у відповідній породі. Зменшення рівня генетичної мінливості в стаді може призводити до непрогнозованих результатів через перехід у гомозиготний стан летальних алелей [6, 16, 20]. Особливо небезпечною може бути наявність рецесивних летальних алелей у видатних за молочною продуктивністю потомства плідників, які можуть їх поширювати в породі через своїх нащадків. Знаменитий родоначальник лінії Pawnee Farm Arlinda Chief, гени якого несуть близько 14 % сучасної голштинської породи, є носієм

рецесивного алеля HH1, пов'язаного із ембріональною смертністю телят [10, 13]. В такому випадку виникає питання вибору програми розведення, спрямованої на оптимізацію економічного ефекту від поєднання прибутків внаслідок зростання надоїв та збитків від абортів корів [9, 17, 21].

Гетерогенний (різнорідний) підбір полягає у спаровуванні тварин, які мають певні фенотипові відмінності, що можуть виражатися як у рівні продуктивності, так і в екстер'єрних особливостях. Виходячи з адитивного характеру успадкування переважної більшості кількісних ознак, різнорідний підбір доцільно використовувати у програмах розведення, спрямованих на отримання потомства із проміжним розвитком селекційних ознак. Інший варіант використання гетерогенного підбору – коригуючий підбір, спрямований на використання плідників із видатним розвитком певних ознак для посилення у маточному стаді, де їх розвиток є недостатнім. Значення різнорідного підбору (*negative assortative mating*) полягає у підвищенні генетичної та фенотипової мінливості потомства, зростанні його адаптаційної здатності, формуванні нових комплексів господарсько-корисних ознак, здатних стійко успадковуватися [12, 18, 22]. Встановлено залежність екстер'єрних особливостей корів-первісток української чорно-рябої молочної породи, включаючи будову та функціональні властивості вим'я, а також показників відтворної здатності від ступеня гетерогенності підбору [2]. При оцінюванні ефективності різних варіантів підбору під час створення української червоної молочної породи встановлено, що корови, отримані при гетерогенному підборі, мали вищу молочну продуктивність, ніж отримані при гомогенному підборі [1, 4].

Мета представленої роботи – оцінити вплив різних варіантів племінного підбору, які базувалися на схожості чи відмінності за рівнем надою матерів та матерів батьків, на молочну продуктивність корів сментальської породи молочно-м'ясного

напряму продуктивності. Для досягнення поставленої мети було передбачено виконання таких завдань:

- провести генеалогічний аналіз стада, визначити продуктивні якості батьківських пар (матерів та матерів батьків), розробити критерії оцінки типів підбору;

- оцінити показники молочної продуктивності корів у динаміці залежно від типу підбору батьківських пар;

- встановити рівень фенотипової мінливості та характер успадкування показників молочної продуктивності корів при різних варіантах підбору.

Матеріали і методи. Дослідження проведено методом ретроспективного аналізу на поголів'ї корів симентальської породи молочно-м'ясного напряму продуктивності, що належить ТзОВ «Літинське» Дрогобицького району Львівської області. На підставі інформації первинного зоотехнічного обліку (форми № 1-Мол. та № 2-Мол) сформована база даних піддослідного поголів'я із використанням електронних таблиць MS Excel, яка включає інформацію про походження та продуктивність корів та бугаїв.

В якості критерію оцінки типів підбору було визначено рангове положення спаровуваних тварин відповідно до рівня молочної продуктивності за найвищу лактацію кожної вибірки (окремо матерів і матерів батька). Відповідно до цього розподіл батьківських пар було проведено на такі групи:

- модальний клас – надій матерів (матерів батька) у межах середнього

арифметичного по відповідній групі (батьків чи матерів) плюс середнє квадратичне відхилення;

- мінус варіанти – надій матерів (матерів батька) менший за нижнє значення модального класу;

- плюс варіанти – надій матерів (матерів батька) більший за верхнє значення модального класу.

Статистичну обробку проведено із використанням стандартних формул MS Excel із обчисленням таких показників:

- середнє арифметичне;
- середнє квадратичне відхилення;
- помилка середнього арифметичного;
- коефіцієнт мінливості.

Вірогідність отриманих даних оцінена на підставі критерію Стьюдента.

Вплив материнської та батьківської спадковості на фенотиповий прояв продуктивних ознак нащадків оцінювали на підставі коефіцієнтів успадкування шляхом обчислення подвоєного коефіцієнта кореляції дочки-матері за формулою $h^2 = 2r$ д/м та визначення співвідношення генетичної мінливості до загальної фенотипової мінливості за формулою $h^2 = S_x/S_y$ методом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) відповідно. Вірогідність впливу батьківської спадковості на фенотиповий прояв досліджуваних ознак у дочок визначали на підставі критерію Фішера.

Результати та обговорення. Характеристика батьківських пар, які були використані при досліджуваних варіантах підбору (окремо бугаїв і корів), наведена в таблицях 1 і 2.

1. Розподіл бугаїв-плідників відповідно до молочної продуктивності їх матерів

Група бугаїв за молочною продуктивністю матерів	Продуктивність матері			Комплексний клас
	надій, кг	% жиру	молочний жир, кг	
1	2	3	4	5
Мінус варіанти, $< M - \sigma$, надій матері < 7360 кг				
Ферковен 2638	6818	4,2	286	еліта рекорд
Обрій 938	7341	4,2	308	еліта рекорд
Модальний клас, $= M \pm \sigma$, 7360 кг $<$ надій матері < 9225 кг				
Дінгоб 74311414	8737	4,3	374	еліта рекорд

1	2	3	4	5
Вікхт 75771	7963	3,9	314	еліта рекорд
Плюс варіанти, $> M + \sigma$, надій матері > 9225 кг				
Мох 6706	9443	3,9	366	еліта
Імаго 9727	9460	3,8	359	еліта рекорд

Наведені в табл. 1 дані свідчать про рівномірний розподіл бугаїв-плідників, оцінених за походженням на підставі молочної продуктивності їх матерів – до кожної із визначених груп (до модального класу, плюс- та мінус-варіантів) було віднесено по двоє бугаїв. Найвищий вміст жиру у молоці та вихід молочного жиру був у матері бугая Дінгоб 74311414 із

модального класу. Вміст жиру в молоці у матерів бугаїв групи мінус-варіантів був однаковим і становив 4,2 %, однак вихід молочного жиру у них був нижчим, ніж у інших порівнюваних групах.

Характеристика корів-матерів, віднесених до різних груп в залежності від рівня власної молочної продуктивності, наведено в таблиці 2.

2. Показники молочної продуктивності корів-матерів порівнюваних груп

Показники	Група					
	Мінус варіанти, $< M - \sigma$, надій < 4173 кг, (n = 96)		Модальний клас, $= M \pm \sigma$ 4173 кг $<$ надій < 6475 кг (n = 284)		Плюс варіанти, $> M + \sigma$ надій $>$ 6475 кг (n = 64)	
	M \pm m, кг	CV, %	M \pm m, кг	CV, %	M \pm m, кг	CV, %
1 лактація						
Надій за 305 днів, лактації, кг	3280 \pm 53	13,7	3714 \pm 45	19,7	3850 \pm 90	18,7
Кількість, кг:						
молочного жиру	121,7 \pm 2,1	14,4	135,0 \pm 1,7	20,6	141,4 \pm 3,8	21,3
молочного білка	97,9 \pm 1,6	13,4	111,5 \pm 1,4	20,6	117,5 \pm 3,1	21,0
Найвища лактація						
Надій за 305 днів лактації, кг	3900 \pm 26	6,6	5383 \pm 40	12,6	7198 \pm 87	9,7
Кількість, кг:						
молочного жиру	145,3 \pm 1,4	9,2	202,7 \pm 1,9	16,2	275,2 \pm 4,1	12,0
молочного білка	118,8 \pm 1,6	12,8	167,40 \pm 1,5	15,4	226,4 \pm 3,6	12,6

Як видно з даних табл. 2, найбільша частина корів зосереджена в модальному класі – 64,0 %, тварини мінус і плюс варіантів становили відповідно 21,6 і 14,4 %. Різниця за величиною надоїв, виходом молочного жиру та білку між усіма групами статистично високо вірогідні ($P < 0,001$). Рівень фенотипової мінливості надою за 305 днів лактації характеризується середніми за величиною значенням коефіцієнта варіації, коефіцієнти фенотипової мінливості виходу молочного жиру і молочного білку дещо вищі, ніж мінливість надою.

З метою оцінки впливу материнської спадковості на формування продуктивності та тривалості господарського використання дочок проведено аналіз динаміки величини надоїв, виходу молочного жиру та білку за першу та найвищу лактації, а також довічного надою та кількості лактацій за період від першого отелення до вибракування із основного стада. Показники молочної продуктивності корів, народжених від матерів порівнюваних груп наведено в таблиці 3.

3. Молочна продуктивність корів у залежності від величини надою їх матерів

Показники	Матері					
	Мінус варіанти (n = 96)		Модальний клас (n = 284)		Плюс варіанти (n = 64)	
	M ± m, кг	CV, %	M ± m, кг	CV, %	M ± m, кг	CV, %
І лактація						
Надій за 305 днів лактації, кг	3518 ± 77	21,5	4074 ± 52***	21,7	4044 ± 109***	21,6
Кількість, кг:						
молочного жиру	132,2 ± 3,0	22,1	153,2 ± 2,2***	23,8	156,9 ± 4,2***	21,5
молочного білка	105,7 ± 2,4	22,4	123,7 ± 1,8***	24,4	127,2 ± 3,9***	24,5
Найвища лактація						
Надій за 305 днів лактації, кг	5058 ± 138	26,8	5593 ± 72***	21,8	5256 ± 140	21,3
Кількість, кг:						
молочного жиру	190,9 ± 5,6	28,7	213,2 ± 2,9***	22,9	202,0 ± 5,6	22,3
молочного білка	152,4 ± 4,4	28,5	173,4 ± 2,6***	24,8	161,9 ± 4,8	23,9
Пожиттєва продуктивність						
Тривалість використання, лактацій	4,9 ± 0,3	53,2	4,4 ± 0,1	56,4	3,8 ± 0,3**	58,0
Довічний надій, кг	21139 ± 1339	62,1	20469 ± 706	58,1	17681 ± 1420	64,3
Кількість, кг:						
молочного жиру	799,1 ± 50,9	62,4	782,9 ± 27,0	58,1	676,8 ± 54,1	64,0
молочного білка	642,7 ± 41,3	63,0	633,2 ± 21,7	57,8	549,6 ± 43,8	63,7
Середній надій за лактацію, кг	4073 ± 76	18,4	4612 ± 44***	15,9	4472 ± 109**	19,6

На підставі аналізу даних табл. 3 можна стверджувати, що корови-первістки, які походять від матерів групи мінус-варіантів за продуктивністю, статистично вірогідно поступаються ровесницям, народженим від корів модального класу і групи плюс-варіантів. Різниця за величиною надою становить відповідно 556 і 525 кг, кількістю молочного жиру – 21,1 і 24,7 кг, кількістю молочного білку – 18,0–21,5 кг. В усіх випадках $P < 0,001$. Між дочками корів модального класу і групи плюс-варіантів різниці показників за першу лактацію були несуттєвими. Показники молочної продуктивності за найвищу лактацію були у дочок корів модального класу. У порівнянні із коровами групи мінус-варіантів у них надій був вищим на 534 кг, молочний жир і білок відповідно на 22,3 і 21,0 кг. Вказані різниці статистично вірогідні, $P < 0,001$. Між дочками групи плюс-варіантів та модального класу за

показниками найвищої лактації спостерігається вірогідне ($P < 0,05$) переважання останніх за величиною надою (+336 кг) та кількістю молочного білка (+11,4 кг). Найменша тривалість господарського використання була найнижчою у дочок корів плюс-варіантів. Різниця із групою мінус-варіантів становила 0,6 лактації та була статистично вірогідною ($P < 0,01$). Показники позиттєвої продуктивності також були найнижчими у цій групі, але всі вони були в межах статистичної помилки. За величиною середнього надою спостерігалось вірогідне переважання корів модального класу та плюс-варіантів над коровами мінус-варіантів, відповідно $P < 0,001$ і $P < 0,001$.

При порівнянні продуктивності дочок і матерів встановлено, що за величиною надою як за першу, так і вищу лактацію дочки корів мінус-варіантів переважали

своїх матерів відповідно на 239 і 1158 кг ($P < 0,05$) і ($P < 0,01$). Аналогічні різниці у модальному класі становили 361 і 209 кг ($P < 0,001$) і ($P < 0,05$). У групі плюс-варіантів різниця між матерями та дочками за величиною надою за першу лактацію була незначною, а за найвищу лактацію надій у дочок був на 1941 кг нижчим, ніж у матерів ($P < 0,001$). Відомо, що за однакового рівня молочної продуктивності матерів дочки можуть як переважати, так і суттєво поступатися їм за величиною надоїв, не залежно від походження за батьком. За повідомленням Є. М. Зайцева (2017) від високопродуктивних голштинських корів з середнім надоєм 9911 кг молока отримано дочок, надій яких на 1842 кг ($P < 0,001$) молока був нижчим, ніж у їх матерів.

Розглядаючи мінливість показників молочної продуктивності, слід відзначити, що за першу лактацію коефіцієнти варіації у всіх порівнюваних групах практично однакові. За найвищу лактацію більша

мінливість спостерігається у корів, які походять від матерів мінус-варіантів. Мінливість показників пожиттєвої продуктивності у 2,4–3 рази вища від показників за першу лактацію, що очевидно слід пов'язати із їхньою залежністю від тривалості господарського використання корів, діапазон якої у порівнюваних групах в межах від однієї до п'ятнадцяти лактацій. Найнижчі значення коефіцієнтів мінливості у дочок корів модального класу, які для довічного надою становлять 4–6,2, кількості молочного жиру – 4,3–6,0, молочного білка – 5,2–5,3 абсолютних відсотків, нижчі, ніж у інших порівнюваних групах. Це є очевидним наслідком складної взаємодії спадкових та паратипових факторів, які впливають на тривалість продуктивного довголіття корів.

Показники молочної продуктивності корів, отриманих від окремих варіантів підбору батьківських пар за рівнем надою, наведено в таблиці 4.

4. Продуктивність корів, отриманих при досліджуваних варіантах підбору, $M \pm m$

Показники	Матері			Всього за групою бугаїв
	Мінус варіанти (n = 96)	Модальний клас (n = 284)	Плюс варіанти (n = 64)	
1	2	3	4	5
Бугаї – мінус варіанти				
Кількість тварин, голів	45	89	8	142
Перша лактація				
Надій за 305 діб, кг	3566 ± 119	3840 ± 73	4116 ± 205	3768 ± 62
Кількість, кг:				
молочного жиру	132,6 ± 4,5	142,5 ± 3,0	153,0 ± 8,2	140,0 ± 2,4
молочного білка	105,7 ± 3,6	115,3 ± 2,4	121,6 ± 6,4	112,6 ± 2,0
Найвищий надій				
Надій за 305 діб, кг	5077 ± 219	5321 ± 108	6126 ± 289	5289 ± 100
Кількість, кг:				
молочного жиру	191,9 ± 9,0	203,5 ± 4,4	236,4 ± 11,9	201,7 ± 4,1
молочного білка	153,2 ± 7,2	163,4 ± 3,5	188,4 ± 10,0	161,6 ± 3,3
Пожиттєва продуктивність				
Використання, лактацій	4,9 ± 0,4	4,9 ± 0,3	6,6 ± 0,8	5,0 ± 0,2
Довічний надій, кг	21019 ± 2048	21725 ± 1342	31170 ± 3881	22033 ± 1101
Кількість, кг:				
молочного жиру	795,6 ± 78,1	823,3 ± 51,1	1177,8 ± 148,1	834,5 ± 41,9
молочного білка	641,4 ± 69,9	664,2 ± 41,2	953,2 ± 121,9	673,3 ± 34,0

1	2	3	4	5
Середній надій за лактацію, кг	4118 ± 112	4328 ± 56	4716 ± 184	4283 ± 52
Бугаї – модальний клас				
Кількість тварин, голів	18	44	13	75
Перша лактація				
надій за 305 діб, кг	3640 ± 132	3843 ± 22	4248 ± 350	3786 ± 113
кількість, кг:				
молочного жиру	134,7 ± 4,9	139,6 ± 0,9	157,5 ± 13,8	141,5 ± 4,4
молочного білка	108,7 ± 4,0	111,8 ± 0,7	135,4 ± 14	115,2 ± 3,94
Найвищий надій				
Надій за 305 діб, кг	4891 ± 286	5449 ± 28	5184 ± 426	5269 ± 152
Кількість, кг:				
молочного жиру	180,9 ± 11,3	206,5 ± 1,1	198,0 ± 16,2	198,9 ± 6,1
молочного білка	147,9 ± 9,0	165,8 ± 0,9	164,2 ± 15,1	151,2 ± 5,1
Позиттєва продуктивність				
Використання, лактацій	4,5 ± 0,6	4,5 ± 0,1	3,0 ± 0,7	4,2 ± 0,3
Довічний надій, кг	19492 ± 3223	19614 ± 256	13452 ± 3386	18517 ± 1417
Кількість, кг:				
молочного жиру	736,7 ± 122	745,0 ± 9,8	513,0 ± 128,6	702,8 ± 54
молочного білка	590,6 ± 97,9	600,4 ± 7,9	414,1 ± 102,5	565,7 ± 43,4
Середній надій за	4069 ± 174	4372 ± 18	4225 ± 338	4274 ± 101
Бугаї – плюс варіанти				
Кількість тварин, голів	33	151	43	227
Перша лактація				
Надій за 305 діб, кг	3387 ± 134	4280 ± 74	4130 ± 104	4122 ± 60
Кількість, кг:				
молочного жиру	130,2 ± 5,5	163,4 ± 3,0	158,4 ± 4,4	157,7 ± 2,4
молочного білка	103,9 ± 4,5	133,3 ± 2,6	126,6 ± 3,5	127,8 ± 2,1
Найвищий надій				
Надій за 305 діб, кг	5124 ± 217	5794 ± 104	5173 ± 137	5580 ± 83
Кількість, кг:				
молочного жиру	194,9 ± 8,6	220,9 ± 4,2	198,9 ± 5,8	213,0 ± 3,3
молочного білка	153,7 ± 6,6	181,4 ± 3,8	158,0 ± 4,7	173,0 ± 3,0
Позиттєва продуктивність				
Використання, лактацій	5,3 ± 0,4	4,1 ± 0,2	3,8 ± 0,3	4,2 ± 0,2
Довічний надій, кг	22201 ± 2053	19978 ± 938	17530 ± 1562	19838 ± 758
Кількість, кг:				
молочного жиру	838,0 ± 77,9	770,1 ± 36,1	674,2 ± 60	761,8 ± 29,0
молочного білка	672,7 ± 62,8	624,4 ± 28,9	547,9 ± 48,0	617,0 ± 23,0
Середній надій за лактацію, кг	4011 ± 129	4850 ± 60	4538 ± 117	4669 ± 53

На підставі аналізу даних табл. 4 можна зробити висновок про наявність певних відмінностей за молочною продуктивністю та тривалістю господарського використання між

коровами, отриманими за різних варіантів підбору. Дочки корів мінус-варіантів суттєво не відрізняються між собою за продуктивністю та тривалістю господарського використання незалежно

від походження за батьком. Всі різниці за величиною надоїв, кількістю молочного жиру та білка, тривалістю господарського використання перебувають в межах статистичної помилки.

За підбору до корів модального класу бугаїв модального класу і бугаїв мінус-варіантів отримано нащадків, які за молочною продуктивністю та тривалістю господарського використання не відрізняються між собою. Дочки бугаїв плюс-варіантів за величиною надою за першу, вищу і середню лактації переважали дочок бугаїв модального класу відповідно на 437, 346 і 478 кг, за кількістю молочного жиру і білка за першу та вищу лактації відповідно на 24 і 14 кг та на 22 і 16 кг. Всі перелічені різниці статистично вірогідні, $P < 0,01-0,001$. У дочок бугаїв мінус-варіантів надій за першу, вищу і середню лактації був відповідно на 440, 474 і 521 кг нижчий, ніж у дочок бугаїв плюс-варіантів, за кількістю молочного жиру і білка за першу та вищу лактації відповідно на 21, 18, 17 та 18 кг нижчий, ніж у дочок бугаїв плюс-варіантів, $P < 0,01-0,001$. Однак за величиною пожиттєвої продуктивності суттєвих відмінностей не спостерігалось, а за тривалістю господарського використання дочки бугаїв плюс-варіантів суттєво поступалися дочкам бугаїв мінус-варіантів, $P < 0,05$.

Молочна продуктивність корів-первісток, які походили від матерів класу «плюс-варіанти», не залежала від походження за батьком, і всі різниці між дочками бугаїв порівнюваних груп були несуттєвими. Однак продуктивність за найвищу лактацію, тривалість господарського використання та довічна продуктивність були вищими у дочок бугаїв групи «мінус-варіанти», які за цими показниками статистично вірогідно переважали нащадків бугаїв модального класу і бугаїв «плюс-варіантів», $P < 0,01$.

При порівнянні продуктивних якостей дочок бугаїв порівнюваних груп в цілому встановлено:

– нащадки бугаїв групи плюс-варіанти мали вищу молочну

продуктивність за першу лактацію (надій – +353 кг, молочний жир – +18 кг, молочний білок – +15 кг, $P < 0,001$) і найвищу лактацію (відповідно +291 кг, +11 кг і +11 кг, $P < 0,05$), а також за середню лактацію (надій – +385 кг, $P < 0,001$) ніж дочки бугаїв групи мінус-варіанти. Останні відзначалися більш тривалим терміном господарського використання ($P < 0,01$), але різниці за довічною продуктивністю були статистично не вірогідними;

– нащадки бугаїв групи плюс-варіантів характеризувалися вищою молочною продуктивністю за першу лактацію, ніж первістки від бугаїв модального класу (надій – +336 кг, молочний жир – +16 кг, молочний білок – +13 кг, $P < 0,01$); більшим виходом молочного жиру – +14 кг і білку – +12 кг за найвищу лактацію ($P < 0,05$), та вищим середнім надоєм за лактацію (+395 кг, $P < 0,001$);

– при порівнянні нащадків бугаїв модального класу та бугаїв «мінус» варіантів встановлено, що дочки бугаїв «мінус» варіантів відзначалися більшою тривалістю господарського використання (+0,8 лактації) та вищими показниками довічного надою (+3516 кг). Вказані різниці статистично вірогідні, $P < 0,05$. Всі інші показники були в межах статистичної помилки.

Одне із важливих завдань, які передбачають при плануванні підбору, може бути або закріплення певних спадково зумовлених комплексів господарсько-корисних ознак, або створення нового поєднання цінних властивостей, притаманних батьківським формам. Такі завдання вирішуються використанням однорідного чи різнорідного варіантів підбору відповідно, кожен з яких матиме певний вплив на характер мінливості ознак, за якими ведеться селекція.

Динаміка показників фенотипової мінливості показників молочної продуктивності корів за досліджуваних варіантів підбору наведена в таблиці 5.

5. Коефіцієнти мінливості молочної продуктивності корів за досліджуваних варіантів підбору, %

Показники	Матері			Всього по групі бугаїв
	Мінус варіанти	Модальний клас	Плюс варіанти	
1	2	3	4	5
Бугаї – мінус варіанти				
Кількість тварин, голів	45	89	8	142
Перша лактація				
Надій за 305 діб	22,5	18,0	14,1	19,6
молочного жиру	22,9	19,6	15,2	20,7
молочного білка	23,0	19,6	14,9	20,8
Найвищий надій				
Надій за 305 діб	29,0	19,1	13,4	22,6
молочного жиру	31,5	20,3	14,3	24,3
молочного білка	31,7	20,4	15,0	24,4
Пожиттєва продуктивність				
Використання, лактацій	57,2	54,7	34,5	54,6
Довічний надій	65,4	58,3	35,2	59,6
молочного жиру	65,8	58,5	35,6	59,9
молочного білка	66,8	58,6	36,2	60,2
Середній надій за лактацію	18,3	18,1	11,0	14,6
Бугаї – модальний клас				
Кількість тварин, голів	18	44	13	75
Перша лактація				
Надій за 305 діб	15,4	25,2	36,4	26,0
молочного жиру	15,5	27,9	31,6	27,2
молочного білка	15,4	27,1	38,2	29,5
Найвищий надій				
Надій за 305 діб	24,8	27,8	29,6	24,9
молочного жиру	26,5	24,4	29,7	26,4
молочного білка	25,9	25,0	33,1	27,2
Пожиттєва продуктивність				
Використання, лактацій	60,7	54,6	81,6	61,0
Довічний надій	70,2	57,4	90,8	66,3
молочного жиру	70,0	57,8	90,4	66,3
молочного білка	70,3	58,2	89,3	66,5
Середній надій за лактацію	18,1	18,0	28,9	20,5
Бугаї – плюс варіанти				
Кількість тварин, голів	33	151	43	227
Перша лактація				
Надій за 305 діб, кг	22,8	21,2	16,5	22,0
молочного жиру	24,1	22,8	18,2	23,4
молочного білка	24,7	23,6	18,3	24,2
Найвищий надій				
Надій за 305 діб, кг	24,3	22,2	17,4	22,4
молочного жиру	25,3	23,2	19,1	23,5
молочного білка	24,9	25,8	19,6	25,8

1	2	3	4	5
Пожиттєва продуктивність				
Лактацій	43,2	56,8	50,2	54,5
Довічний надій, кг	53,1	57,7	58,4	57,6
молочного жиру	53,4	57,6	58,3	57,4
молочного білка	53,6	57,0	57,5	56,9
Середній надій за лактацію, кг	18,5	15,3	16,9	17,2

На підставі даних табл. 5 можна зробити висновок про наявність певної залежності рівня мінливості показників молочної продуктивності у нащадків від продуктивності матерів та матерів батька. В цілому, для надою за першу та вищу лактації, а також вмісту молочного жиру та білку характерний середній за величиною рівень мінливості. Показники тривалості господарського використання та довічної продуктивності відзначаються високими значеннями коефіцієнтів варіації, що зумовлено їх залежністю як від величини надою, так і від кількості лактацій. Остання може коливатися в межах від однієї до десяти-дванадцяти лактацій. Найнижчі значення коефіцієнтів варіації спостерігаються у первісток від усіх поєднань бугаїв групи мінус-варіантів, для найвищого надою – у їх дочок від корів модального класу та групи плюс-варіантів, а для позиттєвої продуктивності – у дочок від корів плюс-варіантів. Серед нащадків бугаїв модального класу має місце досить широкий розкид значень коефіцієнтів варіації. У їх дочок-первісток від корів

мінус-варіантів ці показники були в межах 15,4–15,5 %, а від корів модального класу та плюс-варіантів майже удвічі вищі. Мінливість показників довічної продуктивності у нащадків бугаїв модального класу та корів мінус і плюс-варіантів надзвичайно висока у порівнянні з іншими групами. У нащадків бугаїв групи плюс-варіантів і корів групи мінус-варіантів та модального класу значення коефіцієнтів мінливості практично однакові для досліджуваних ознак, а з коровами плюс-варіантів рівень мінливості дещо нижчий.

Вплив материнської спадковості на фенотиповий прояв молочної продуктивності дочок оцінювали на підставі коефіцієнтів успадкування обчислених як подвоєний коефіцієнт кореляції дочки-матері за формулою $h^2 = 2r$ д/м. У таблиці 6 наведено два варіанти обчислення коефіцієнтів успадкування, які відрізняються за принципом групування пар дочки-матері. Перший варіант – групування за величиною надою матері, другий – за величиною надою матері батька.

6. Коефіцієнти успадкування показників молочної продуктивності за першу та вищу лактації у піддослідних групах ($h^2 = 2*r$ д/м)

Група	Надій за 305 дів лактації, кг		Молочний жир, кг		Молочний білок, кг	
	перша	вища	перша	вища	перша	вища
Групування за надоєм матері						
Мінус варіанти, n = 96	0,120	0,288	0,106	0,173	0,157	0,547
Модальний клас, n = 284	0,004	0,246	0,041	0,217	0,054	0,281
Плюс варіанти, n = 64	0,024	0,120	0,157	0,194	0,311	0,277
Групування за надоєм матері батька						
Мінус варіанти, n = 142	-0,058	0,421	0,169	0,364	0,103	0,542
Модальний клас, n = 75	-0,091	0,109	-0,119	-0,147	0,042	0,249
Плюс варіанти, n = 227	0,268	0,251	0,310	0,086	0,122	0,152

На підставі даних таблиці 6 можна стверджувати, що у обох варіантах групування низькі значення коефіцієнтів успадкування показників продуктивності за першу лактацію свідчать про те, що у даному випадку на фенотиповий прояв досліджуваних ознак вплив паратипових факторів є більш суттєвим, ніж вплив материнської спадковості. При цьому слід відзначити, що найнижчі значення коефіцієнтів успадкування спостерігаються у первісток – дочок як корів, так і бугаїв модального класу. Коефіцієнти успадкування надою за вищу лактацію у переважній більшості порівнюваних груп мають дещо вищі значення, ніж за першу лактацію. Це, очевидно, пов'язано з тим, що вищої продуктивності досягають повновікові корови, які вже краще, ніж первістки, адаптовані до негативних впливів паратипових факторів.

У дочок бугаїв мінус варіантів за вищу лактацію спостерігаються найвищі

значення коефіцієнтів успадкування надою, кількості молочного жиру та білку у порівнянні з коровами інших груп. У дочок бугаїв модального класу зв'язок із показниками продуктивності матерів практично відсутній – коефіцієнти успадкування мають низькі та в окремих випадках від'ємні значення. У дочок бугаїв плюс варіантів прослідковується позитивний невисокий зв'язок із продуктивністю матерів – коефіцієнти успадкування надою за першу і вищу лактацію, а також кількості молочного жиру за першу лактацію мають середні значення.

Результати оцінки впливу батьківської спадковості шляхом визначення співвідношення генетичної мінливості до загальної фенотипової мінливості за формулою $h^2 = S_x/S_y$ методом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) наведено в таблиці 7.

7. Коефіцієнти успадкування у піддослідних групах розраховані методом ANOVA ($h^2 = S_x/S_y$)

Група	Мінус варіанти		Модальний клас		Плюс варіанти	
	h^2	F	h^2	F	h^2	F
1	2	3	4	5	6	7
Групування за надоєм матері						
Надій, кг:						
перша лактація	0,170**	3,7	0,152***	10,0	0,036	0,5
вища лактація	0,137*	2,8	0,056**	3,3	0,086	1,4
довічний	0,065	1,2	0,061**	3,6	0,231**	4,4
Молочний жир, кг:						
перша лактація	0,227***	5,3	0,171***	11,4	0,081	1,3
Вища лактація	0,141*	3,0	0,070***	4,1	0,084	1,3
Довічний	0,066	1,3	0,054**	3,2	0,223**	4,2
Молочний білок, кг:						
перша лактація	0,239***	5,6	0,178***	12,1	0,068	1,1
вища лактація	0,152**	3,2	0,085***	5,2	0,073	1,1
довічний	0,068	1,3	0,053**	3,1	0,220**	4,1
Групування за надоєм матері батька						
Надій, кг:						
перша лактація	0,094***	14,6	0,001	0,01	0,232***	67,9
вища лактація	0,037*	5,3	0,014	1,0	0,045***	10,5
довічний	0,008	1,2	0,067*	5,2	0,023*	5,3
Молочний жир, кг:						
перша лактація	0,076***	11,5	0,002	0,1	0,233***	68,2

1	2	3	4	5	6	7
вища лактація	0,039*	5,6	0,020	1,5	0,049***	11,6
довічний	0,007	0,9	0,067*	5,2	0,018*	4,1
Молочний білок, кг:						
перша лактація	0,091***	14,0	0,002	0,1	0,240***	71,4
вища лактація	0,047**	7,0	0,015	1,1	0,065***	15,7
довічний	0,006	0,9	0,058*	4,4	0,015	3,4

У табл. 7 наведено коефіцієнти успадкування, обчислені методом однофакторного дисперсійного аналізу, де визначальним фактором впливу є походження за батьком. Оцінка вірогідності впливу батьківської спадковості на фенотиповий прояв досліджуваних ознак у дочок проведена на підставі критерію Фішера.

У дочок корів мінус-варіантів встановлено вірогідний вплив генотипу батьків на рівень надою молока за 305 днів першої та вищої лактації, а також кількість молочного жиру та білку за ці лактації ($P < 0,05-0,001$). У дочок корів модального класу вірогідні значення успадкування спостерігаються відносно до надою за першу та вищу лактації, довічного надою, а також отриманих за ці періоди кількостей молочного жиру та білку ($P < 0,01-0,001$). У групі корів, отриманих від матерів плюс-варіантів, частка впливу батьківського фактору була вірогідною лише для довічної продуктивності ($P < 0,01$). В усіх інших випадках мав місце переважаючий вплив паратипових факторів.

Аналізом значень коефіцієнтів успадкування у дочок бугаїв порівнюваних груп встановлено вірогідний вплив бугаїв групи мінус-варіантів на показники надою, кількість молочного жиру та білку за першу та вищу лактації ($P < 0,05-0,001$), бугаїв модального класу – на показники довічної продуктивності (надій, молочний жир і білок, $P < 0,05$), бугаїв плюс-варіантів – на

всі оцінювані показники продуктивності за винятком довічної кількості молочного білка ($P < 0,05-0,001$). Вірогідний вплив бугаїв модального класу не спостерігався на інші показники довічної продуктивності дочок, $P < 0,05$.

Висновки. Результати досліджень підтверджують значний вплив материнської та батьківської спадковості на молочну продуктивність корів та їх тривалість господарського використання. Встановлено, що серед корів-матерів найбільша частка зосереджена в модальному класі (64,0 %), а мінус- і плюс-варіанти склали 21,6 та 14,4 % відповідно.

Дочки корів мінус-варіантів мали нижчу продуктивність порівняно з ровесницями модального класу та плюс-варіантів, але відзначалися довшим періодом господарського використання. Водночас дочки бугаїв плюс-варіантів перевершували за надоєм інші групи, хоча їх довічна продуктивність не перевищувала показники дочок бугаїв мінус-варіантів.

Коефіцієнти успадкування показали, що вплив материнської спадковості був слабшим на початкових стадіях лактації, а батьківський фактор значно впливав на рівень молочної продуктивності.

Отримані результати можуть бути використані для розробки селекційних програм, спрямованих на покращення надоїв та тривалості продуктивного використання корів.

Список використаної літератури

1. Гнатюк С. І., Гнатюк М. А. Гетерогенний підбір та його вплив на молочну продуктивність тварин різних внутрішньопородних типів української червоної молочної породи. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2014. Вип. 2/2 (25). С. 48–51.

References

1. Hnatiuk S. I., Hnatiuk M. A. Heterogeneous selection and its impact on milk productivity of animals of different intra-breed types of the Ukrainian Red Dairy breed. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Tvarynnystvo»*. 2014. Issue 2/2 (25). P. 48–51.

2. Пелехатий М. С., Кучер Д. М. Господарсько-корисні ознаки корів-первісток української чорнорябої молочної породи при різному рівні гетерогенного підбору. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2013. Вип. 7 (23). С. 59–67
3. Пелехатий М. С., Піддубна Л. М., Кучер Д. М. Племінний підбір у відкритій популяції молочної худоби. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2012. Вип. 7. С. 94–98. http://nbuv.gov.ua/UJRN/tvppt_2012_7_29.
4. Підпала Т. В., Шевчук Н. П. Особливості методів підбору в період створення української червоної молочної породи. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2019. Т. 21, № 90. С. 2631. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9005>.
5. Шульга В. П. Розвиток теорії добору та підбору тварин у науковому доробку професора М. А. Кравченка. *Наукові праці історичного факультету Запорізького національного університету*. 2017. Вип. 49. С. 285–287. DOI: <https://doi.org/10.26661/swfh-2017-49-055>.
6. Assessment of genomic selection for introgression of polledness into holstein friesian cattle by simulation / G. Gaspa et al. *Livestock Science*. 2015. Vol. 179. P. 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.020>.
7. Bias in genomic predictions by mating practices for linear type traits in a large-scale genomic evaluation / S. Tsuruta et al. *J. Dairy Sci*. 2021. Vol. 104. P. 662–677. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18668>.
8. Cheng H., Garrick D., Fernando R. XSim: Simulation of descendants from ancestors with sequence data. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 2015. Vol. 5 (7). P. 1415–1417. <https://doi.org/10.1534/g3.115.016683>.
9. Community-based livestock breeding programmes: Essentials and examples / J. Mueller et al. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2015. Vol. 132 (2). P. 155–168. <https://doi.org/10.1111/jbg.12136>.
10. Considering genetic characteristics in German Holstein breeding programs / D. Segelke et al. *J. Dairy Sci*. 2016. Vol. 99 (1). P. 458–467. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9764>.
11. Escouflaire C., Capitan A. Analysis of pedigree data and whole-genome sequences in 12 cattle breeds reveals extremely low within-breed Y-chromosome diversity. *Anim Genet*. 2021. Vol. 52. P. 725–729. <https://doi.org/10.1111/age.13104>.
12. Evaluation of breeding strategies for Polledness in dairy cattle using a newly developed simulation framework for quantitative and Mendelian traits / C. Scheper et al. *Genetics Selection Evolution*. 2016. Vol. 48 (1). P. 50. <https://doi.org/10.1186/s12711-016-0228-7>.
13. Genomic selection in dairy cattle: The USDA experience / G. R. Wiggans et al. *Annu. Rev. Anim. Biosci*. 2017. Vol. 5. P. 309–327. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021815-111422>.
2. Pelechaty M. S., Kucher D. M. Economically useful traits of first-calf heifers of the Ukrainian Black-and-White dairy breed at different levels of heterogeneous selection. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia «Tvarynnystvo»*. 2013. Issue 7 (23). P. 59–67.
3. Pelechaty M. S., Piddubna L. M., Kucher D. M. Breeding selection in an open dairy cattle population *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnystva»*. 2012. Issue 7. P. 94–98. http://nbuv.gov.ua/UJRN/tvppt_2012_7_29.
4. Pidpala T. V., Shevchuk N. P. Features of selection methods during the creation of the Ukrainian Red Dairy breed. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S. Z. Gzhytskoho. Seriiia: Silskohospodarski nauky*. 2019. Vol. 21, no. 90. P. 26–31. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9005>.
5. Shulha V. P. The development of the theory of animal selection and breeding in the scientific work of Professor M. A. Kravchenko. *Naukovi pratsi istorychnoho fakultetu Zaporizkoho natsionalnoho universytetu*. 2017. Issue 49. P. 285–287. DOI: <https://doi.org/10.26661/swfh-2017-49-055>.
6. Assessment of genomic selection for introgression of polledness into holstein friesian cattle by simulation / G. Gaspa et al. *Livestock Science*. 2015. Vol. 179. P. 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.020>.
7. Bias in genomic predictions by mating practices for linear type traits in a large-scale genomic evaluation / S. Tsuruta et al. *J. Dairy Sci*. 2021. Vol. 104. P. 662–677. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18668>.
8. Cheng H., Garrick D., Fernando R. XSim: Simulation of descendants from ancestors with sequence data. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 2015. Vol. 5 (7). P. 1415–1417. <https://doi.org/10.1534/g3.115.016683>.
9. Community-based livestock breeding programmes: Essentials and examples / J. Mueller et al. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2015. Vol. 132 (2). P. 155–168. <https://doi.org/10.1111/jbg.12136>.
10. Considering genetic characteristics in German Holstein breeding programs / D. Segelke et al. *J. Dairy Sci*. 2016. Vol. 99 (1). P. 458–467. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9764>.
11. Escouflaire C., Capitan A. Analysis of pedigree data and whole-genome sequences in 12 cattle breeds reveals extremely low within-breed Y-chromosome diversity. *Anim Genet*. 2021. Vol. 52. P. 725–729. <https://doi.org/10.1111/age.13104>.
12. Evaluation of breeding strategies for Polledness in dairy cattle using a newly developed simulation framework for quantitative and Mendelian traits / C. Scheper et al. *Genetics Selection Evolution*. 2016. Vol. 48 (1). P. 50. <https://doi.org/10.1186/s12711-016-0228-7>.
13. Genomic selection in dairy cattle: The USDA experience / G. R. Wiggans et al. *Annu. Rev. Anim. Biosci*. 2017. Vol. 5. P. 309–327. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021815-111422>.

14. Jiang-Peng Yue, Chad Dechow, Wan-Sheng Liu. A limited number of Y chromosome lineages is present in North American Holsteins. *J. Dairy Sci.* 2015. Vol. 98 (4). P. 2738–2745. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8601>.

15. Hot topic: A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score / I. Aguilar et al. *J. dairy Sci.* 2010. Vol. 93 (2). P: 743–752 DOI: 10.3168/jds.2009-2730.

16. Hot topic: Use of genomic recursions in single-step genomic best linear unbiased predictor (BLUP) with a large number of genotypes / B. O. Fragomeni et al. *J. Dairy Sci.* 2015. Vol. 98 (6). P. 4090–4094. DOI: 10.3168/jds.2014-9125.

17. How economic weights translate into genetic and phenotypic progress, and vice versa / H. Simianer et al. *Genetics Selection Evolution.* 2023. Vol. 55 (38). <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00807-0>.

18. Liu H., Henryon M., Sorensen A. C. Mating strategies with genomic information reduce rates of inbreeding in animal breeding schemes without compromising genetic gain. *Animal.* 2017. Vol. 11 (4). P. 547–555. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001786>.

19. Lush J. L. Animal breeding plans. 1943. Ames Iowa : Iowa State College Press. Edn 2, 437 p.

20. Potential of promotion of alleles by genome editing to improve quantitative traits in livestock breeding programs / J. Jenko et al. *Genetics Selection Evolution.* 2015. Vol. 47 (1), 55. <https://doi.org/10.1186/s12711-015-0135-3>.

21. Solving efficiently large single-step genomic best linear unbiased prediction models / I. Strandén et al. *J. Anim. Breed. Genet.* 2017. Vol. 134. P. 264–274. <https://doi.org/10.1111/jbg.12257>.

22. William G. Hill. Applications of Population Genetics to Animal Breeding, from Wright, Fisher and Lush to Genomic Prediction. *Genetics.* 2014. Vol. 196 Issue 1. P. 1–16. <https://doi.org/10.1534/genetics.112.147850>.

<https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021815-111422>.

14. Jiang-Peng Yue, Chad Dechow, Wan-Sheng Liu. A limited number of Y chromosome lineages is present in North American Holsteins. *J. Dairy Sci.* 2015. Vol. 98 (4). P. 2738–2745. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8601>.

15. Hot topic: A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score / I. Aguilar et al. *J. dairy Sci.* 2010. Vol. 93 (2). P: 743–752 DOI: 10.3168/jds.2009-2730.

16. Hot topic: Use of genomic recursions in single-step genomic best linear unbiased predictor (BLUP) with a large number of genotypes / B. O. Fragomeni et al. *J. Dairy Sci.* 2015. Vol. 98 (6). P. 4090–4094. DOI: 10.3168/jds.2014-9125.

17. How economic weights translate into genetic and phenotypic progress, and vice versa / H. Simianer et al. *Genetics Selection Evolution.* 2023. Vol. 55 (38). <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00807-0>.

18. Liu H., Henryon M., Sorensen A. C. Mating strategies with genomic information reduce rates of inbreeding in animal breeding schemes without compromising genetic gain. *Animal.* 2017. Vol. 11 (4). P. 547–555. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001786>.

19. Lush J. L. Animal breeding plans. 1943. Ames Iowa : Iowa State College Press. Edn 2, 437 p.

20. Potential of promotion of alleles by genome editing to improve quantitative traits in livestock breeding programs / J. Jenko et al. *Genetics Selection Evolution.* 2015. Vol. 47 (1), 55. <https://doi.org/10.1186/s12711-015-0135-3>.

21. Solving efficiently large single-step genomic best linear unbiased prediction models / I. Strandén et al. *J. Anim. Breed. Genet.* 2017. Vol. 134. P. 264–274. <https://doi.org/10.1111/jbg.12257>.

22. William G. Hill. Applications of Population Genetics to Animal Breeding, from Wright, Fisher and Lush to Genomic Prediction. *Genetics.* 2014. Vol. 196 Issue 1. P. 1–16. <https://doi.org/10.1534/genetics.112.147850>.

Оригінальна наукова стаття

УДК 636.3:636.084

**ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ПІДСИСНОГО ВИРОЩУВАННЯ
НА ПОДАЛЬШИЙ РІСТ ЯГНЯТ****І. А. Помітун¹, І. В. Корх¹, В. П. Шабля^{2,3}, Н. В. Бойко¹, Н. О. Косова¹, Л. П. Паньків¹**¹Інститут тваринництва НААН України
вул. Тваринників, 1А, м. Харків, 61026²Державний біотехнологічний
університет

вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002

³Інститут свинарства іагропромислового виробництва НААН
вул. Шведська Могила, 1, м. Полтава,
36013Про авторів:Іван ПОМІТУН,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-7743-3600Ігор КОРХ,
кандидат сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-8077-895XВолодимир ШАБЛЯ,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0001-6510-5397Наталія БОЙКО,
кандидат сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0001-6742-8456Надія КОСОВА,
кандидат сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0001-7353-1994Любов ПАНЬКІВ,
кандидат сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-3295-2132Для листування:
Володимир ШАБЛЯ
e-mail: shabliavladimir@gmail.comІнформація про фінансування:
Національна академія аграрних наук
УкраїниОтримано:
2 лютого 2026 р.
Погоджено до друку:
11 лютого 2026 р.
Опубліковано:
31 березня 2026 р.

У статті наведено результати досліджень з визначення впливу тривалості підсисного вирощування ярок на показники їх росту й розвитку до 12-місячного віку. Дослідження проведено у виробничих умовах ДП ДГ «Гонтарівка» Інституту тваринництва НААН України. Сформовано три дослідні групи ярок залежно від віку відлучення: 45 діб (надраннє), 60 діб (раннє) та 90 діб (традиційне), по 25 голів у кожній. Оцінку росту здійснювали за показниками живої маси, абсолютних, середньодобових та відносних приростів у ключові вікові періоди до річного віку. Установлено, що тривалість підсисного періоду має істотний вплив на подальшу динаміку росту ягнят. Найвищі значення живої маси у віці 180, 240 та 365 діб отримано у тварин, відлучених у 90-добовому віці. Різниця між традиційно та надранньо відлученими ягнятами була високовірогідною ($P < 0,001$) у всі контрольовані періоди, а максимальна різниця за живою масою у 365 діб становила 9,7 кг. Дисперсійний аналіз підтвердив високовірогідний вплив терміну відлучення на живу масу ягнят у річному віці ($\eta^2 = 19,4\%$). Водночас ягнята, відлучені у 45-добовому віці, проявили ознаки компенсаторного росту, що виразилося у вищих відносних приростах живої маси у період 180–240 діб. Однак реалізація компенсаторних механізмів не забезпечила повного нівелювання відставання за живою масою до кінця контрольованого періоду вирощування. Отримані результати свідчать, що традиційна тривалість підсисного вирощування ягнят забезпечує більш стабільний і прогнозований ріст, тоді як раннє та надраннє відлучення потребує ретельної корекції системи годівлі для мінімізації негативних наслідків і підвищення ефективності їх вирощування.

Ключові слова: ягнята, терміни відлучення, жива маса, середньодобовий приріст, компенсаторний ріст, годівля.

Influence of the duration of the suckling period on the subsequent growth of lambs

¹Institute of Animal Sciences of NAAS

Tvarynnikiv street, 1-A, Kharkiv, 61026

²State Biotechnological University *Alchevskykh street, 44, Kharkiv, 61002*

³Pig-breeding institute and agro-industrial production of NAAS *Shvedska Mohyla street, 1, Poltava, 36013*

About authors:

Ivan POMITUN

ORCID: 0000-0002-7743-3600

Igor KORKH

ORCID: 0000-0002-8077-895X

Volodymyr SHABLIA

ORCID: 0000-0001-6510-5397

Nataliia BOIKO

ORCID: 0000-0001-6742-8456

Nadiya KOSOVA

ORCID: 0000-0001-7353-1994

Lyubov PANKIV

ORCID: 0000-0002-3295-2132

For corresponding:

Volodymyr SHABLIA

e-mail: shabliavladimir@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

February 2, 2026

Accepted:

February 11, 2026

Published:

March 31, 2026

The article presents the results of a study to determine the impact of the duration of suckling period of lambs on their growth and development indicators up to 12 months of age. The research was conducted in the production conditions of commercial farm at the State Enterprise Experimental Farm "Hontarivka" of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Three experimental groups of lambs were formed according to weaning age: 45 days (very early weaning), 60 days (early weaning), and 90 days (traditional weaning), with 25 animals in each group. Growth performance was evaluated based on live body weight as well as absolute, average daily, and relative weight gains at key age periods up to one year of age. It was established that the duration of the suckling period had a significant effect on the subsequent growth dynamics of lambs. The highest live body weights at 180, 240, and 365 days of age were recorded in lambs weaned at 90 days. Differences between traditionally and very early weaned lambs were highly significant ($P < 0.001$) across all monitored periods, with the maximum difference in live weight at 365 days reaching 9.7 kg. Analysis of variance confirmed a highly significant effect of weaning age on lamb live body weight at one year of age ($\eta^2 = 19.4\%$). At the same time, lambs weaned at 45 days exhibited signs of compensatory growth, manifested by higher relative live weight gains during the 180–240-day period. However, the activation of compensatory mechanisms did not fully eliminate the live weight lag by the end of the controlled rearing period. The obtained results indicate that the traditional duration of feeding with maternal milk provides more stable and predictable growth, whereas early and very early weaning require careful adjustment of feeding strategies to minimize negative effects and improve the efficiency of lamb rearing.

Keywords: lambs, weaning periods, live weight, average daily gain, compensatory growth, feeding.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Тривалість періоду підсисного вирощування ягнят має ключове значення для формування їхніх подальших продуктивних якостей, оскільки саме на цьому етапі закладається потенціал росту, розвитку органів системи травлення та формування здатності до високої конверсії

поживних речовин кормів у продукцію [7, 18].

Відомо, що середньодобові прирости у перші 30–60 діб після відлучення значною мірою залежать від цілої низки чинників, серед яких вирішальним є повноцінність годівлі [5, 39]. Ягнята, які отримують молоко упродовж більш тривалого часу,

зазвичай демонструють вищі прирости живої маси після переведення на грубі та концентровані корми. Це пов'язано не лише з кращою сформованістю системи органів травлення, але й зі зниженням інтенсивності стресових реакцій у період зміни годівлі. Раннє відлучення, навпаки, у більшості випадків супроводжується різким зниженням середньодобових приростів через адаптаційний стрес, зміни поведінки та недостатню фізіологічну зрілість до перетравлення рослинних компонентів.

Упродовж останніх десятиліть питання вибору оптимального віку відлучення ягнят набуває дедалі більшої значущості, оскільки саме цей чинник значною мірою визначає ефективність технологічного процесу у вівчарстві. Тривалість підсисного періоду значно відрізняється між господарствами, що пов'язано зі специфікою виробничої системи, особливостями порід та рівнем інтенсивності ведення галузі. Зокрема, за відсутності у представників певної породи вираженої сезонності розмноження, скорочення проміжку між ягніннями може суттєво підвищувати вихід ягнят [4].

У той же час, на практиці вік, у якому здійснюють відлучення ягнят від вівцематки, визначається низкою чинників: спрямованістю виробництва, технікою і умовами утримання, їхнім станом, живою масою та здатністю споживати стартерні та грубі корми [30]. Історично вважалося, що сам по собі термін відлучення та кількість згодованого замітника молока мало позначаються на засвоєнні поживних речовин кормів. Проте слід враховувати, що вирощування із застосуванням значної кількості стартерних комбікормів потребує додаткових витрат на замітники молока, виробниче устаткування та робочу силу.

У низці досліджень підкреслюється, що ягнята з тривалішим періодом підсисного вирощування досягають вищої живої маси як на момент відлучення, так і впродовж наступних двох-трьох місяців [14, 39]. Така закономірність зберігається навіть за умов вирівнювання раціонів після

переходу на рослинні корми. Вищий стартовий рівень живої маси після відлучення створює кращі можливості для реалізації генетичного потенціалу росту та зменшує ризики затримки розвитку, які здебільшого спостерігаються у ягнят із раннім відлученням.

У більшості наукових публікацій відзначається, що триваліший доступ ягнят до материнського молока позитивно пов'язаний із вищою живою масою при відлученні, стабільнішими середньодобовими приростами та кращою адаптацією до стартерних кормів. Це пояснюється наявністю в овечому молоці оптимального балансу білків, енергії, жирів та біологічно-активних речовин, які забезпечують інтенсивний розвиток організму та закладають основу для формування високої продуктивності в подальші вікові періоди [17].

Зокрема, у дослідженні [14] виявлено, що ягнята, відлучені за досягнення віку 21 доби, в подальшому мали значно нижчий середньодобовий приріст після відлучення, ніж ті, яких відлучили у віці 49 діб. Водночас, частота прояву діареї в ранньовідлучених була вищою. Подібні висновки наведено в роботі [38], де раннє припинення підсисної годівлі ягнят, інфікованих нематодами, супроводжувалося нижчими приростами, зменшенням рухової активності та тривалості відпочинку.

Окрім того, негативні факти відлучення ягнят у 30-добовому віці описані у статті [13], де вказується на зниження у них середньодобового приросту, зменшення споживання корму і погіршення мікробіоти тонкого кишківника як свідчення порушення травлення та засвоєння поживних речовин в організмі тварин в наступні періоди вирощування.

Важливе значення у визначенні раціонального терміну відлучення ягнят від вівцематки має й напрям продуктивності. У молочному вівчарстві практикують надраннє відлучення – упродовж перших двох діб життя, що зумовлено необхідністю отримання значних обсягів товарного

молока [30]. У м'ясо-вовновому напрямі мають місце різні підходи: від раннього відлучення до перенесення цієї процедури до віку природного припинення годівлі. Дослідження [22] демонструє, що прискорені системи ягніння для окремих порід вовнового напрямку продуктивності не знижують продуктивності тварин, а використання пізнішого відлучення дає змогу зменшити витрати на годівлю за рахунок більш тривалого споживання ягнятами молока матері.

Разом із тим, у ряді публікацій наголошується на позитивних результатах скорочення тривалості підсисного періоду. Згідно з даними [16], переведення ягнят на стартерний комбікорм у віці 20–30 діб сприяє кращому споживанню вегетативного й концентрованого корму, підвищенню приростів і поліпшенню використання поживних речовин. Інші науковці [10, 26] пояснюють ці результати активнішим розвитком рубця та зміною його мікробіоти під впливом раннього згодовування їм комбікорму. Дослідження [15] свідчить, що додаткова підгодовля вівцематок концентрованим кормом у критичні періоди (пізня суягність, лактація) позитивно відбивається на їхньому стані, а також на живій масі новонароджених ягнят і подальших їхніх приростах.

Доведено [12], що за раннього переведення ягнят на стартерний комбікорм і згодовування його з перших тижнів життя і до 3-х місяців, вони мали кращі продуктивні показники – прискорений ріст, вищі відгодівельні показники, менший коефіцієнт «корм/приріст».

За загальним переконанням науковців і практиків, у господарствах інтенсивного напрямку, де застосовують раннє відлучення, підвищення приростів живої маси ягнят у подальшому можливе лише за умови надання їм високоякісних стартерних комбікормів, збагачених легкоперетравними вуглеводами, протеїном і біологічно активними речовинами [23, 25]. Проте навіть за найсприятливіших умов корекція

недостатньої живої маси ягнят раннього відлучення потребує більше часу та ресурсів, ніж утримання тварин до природного віку припинення лактаційної годівлі вівцематок. Відповідно, економічна доцільність раннього відлучення залежить від системи виробництва [34, 35]: у молочних господарствах воно виправдане потребою отримання товарного молока, тоді як у господарствах, де розводять овець м'ясних і м'ясо-вовнових напрямів продуктивності, триваліший підсисний період у більшості випадків сприяє підвищенню кінцевої рентабельності виробництва.

Натомість у роботі [10] доведено, що поєднання раннього переведення ягнят на стартерний комбікорм (з 7-добового віку) та відлучення їх у віці 28 діб стимулює розвиток рубця, активізує мікробіоту та позитивно впливає на прирости живої маси після відлучення – переваги помітні навіть через 2 тижні після початку відгодовлі.

Ефективність скорочення підсисного періоду вирощування ягнят підтверджена також численними роботами [26, 27], які вказують на можливість оптимізації їх росту і розвитку за рахунок корекції системи годівлі та умов утримання.

У вітчизняній практиці ведення вівчарства традиційна тривалість підсисного періоду зазвичай становить від 3-х до 4-х місяців [2, 3], проте застосування високоякісних стартерних комбікормів і заміників молока відкриває можливості для його скорочення без негативних наслідків для росту молодняка та отримання додаткової продукції – молока для переробки [8, 33, 39].

Разом із тим, як свідчить досвід, переваги раннього відлучення не завжди дають стабільний ефект у довгостроковій перспективі: зниження приростів живої маси, проблеми з травленням, стрес адаптації, недостатнє формування травної системи – чинники, які можуть знизити ефективність вирощування та збільшити витрати [7].

Вказується [32], що вік відлучення ягнят від вівцематки взагалі не впливає на

загальний ріст або характеристики туші овець породи Ху.

Ще одним чинником впливу на характер наслідків відлучення є те, що цей процес може бути як різким, так і поступовим. Швидке припинення підсисної годівлі молоком матері супроводжується соціальним, поведінковим і харчовим стресом для ягнят та вівцематок [20, 26], що проявляється у зниженні приростів живої маси, змінах поведінки та переважному виникненні супровідних захворювань [21, 23, 31].

Відтак, підвищення результативності вирощування після відлучення можливе за умови використання інноваційних технологічних і організаційних рішень, удосконалених систем годівлі, селекції та технічного забезпечення [9]. Світовий досвід і практика провідних господарств свідчать, що найвищих виробничих показників досягають за умов впровадження сучасних інтенсивних технологій, насамперед у сфері годівлі – одній із найзатратніших ланок виробництва [1]. Водночас застарілі технологічні підходи не забезпечують конкурентоспроможності продукції в умовах ринку, що вимагає нових рішень для подолання ключових проблем вівчарства [6, 36].

Отже, сучасні публікації демонструють, що вибір оптимального віку відлучення і тривалості підсисного періоду – це баланс між раннім переходом на комбікорм (із можливістю скорочення лактаційного періоду і заощадження ресурсів) та забезпеченням фізіологічної й травної зрілості ягнят для подальшого стабільного росту. Ключовими чинниками у той же час є: своєчасне введення високоякісного стартерного комбікорму, правильна адаптація рубця до годівлі грубими кормами, грамотне дозування раціонів, ретельний моніторинг здоров'я та підвищення ефективності конверсії кормів [28, 29].

Таке комплексне розуміння годівлі ягнят упродовж підсисного періоду дає змогу обґрунтувати оптимальні

технологічні рішення: або впровадження тривалішого терміну підсису для досягнення стабільного росту, або ж раннє відлучення за умов високоякісної годівлі й доброго менеджменту, з оцінкою ризиків і витрат.

Підсумовуючи, можна зазначити, що терміни відлучення формують основу майбутньої продуктивності ягнят, визначають динаміку їх росту, ефективність засвоєння корму та швидкість досягнення забійної маси [37]. Тому обґрунтування оптимального балансу між тривалістю підсисного вирощування та економічними інтересами виробництва є необхідною передумовою для підвищення ефективності сучасного вівчарства.

Метою роботи було визначити вплив різних термінів відлучення ягнят від вівцематки на подальші темпи їх росту до 12-місячного віку.

Матеріали і методи. Дослідження проводили у виробничих умовах ДП ДГ «Гонтарівка» Інституту тваринництва НААН (Чугуївський район, Харківська область). Для досліду сформували три групи ярок харківського внутрішньопородного типу породи прекос за віком відлучення: у 45 діб (I – надраннє), 60 діб (II – раннє) та 90 діб (III – традиційне). До кожної групи включали по 25 голів. Годівлю ярок у підсисний період здійснювали за розробленими схемами за однакового середньорічного рівня, який становив 4,2 ц енергетичних кормових одиниць на структурну голову.

Оцінювання впливу термінів відлучення ягнят від вівцематки здійснювали за показниками живої маси, абсолютних, середньодобових і відносних приростів на фоні визначення динаміки зазначених показників упродовж усього періоду вирощування.

Зважування тварин проводили індивідуально: у першу добу після народження (точність вимірювання $\pm 0,1$ кг) та у віці, близькому до 20; 45; 60; 90; 180; 240 та 365 діб (точність вимірювання $\pm 0,5$ кг). На основі одержаних масових даних приводили значення живої маси

кожної тварини до стандартних контрольних дат.

Ступені впливу тривалості підсисного вирощування на основні показники росту ягнят визначали методами дисперсійного аналізу.

Усі цифрові дані опрацьовували біометричними методами за допомогою пакета прикладних програм Microsoft Excel 2010. Вірогідними вважали відмінності між групами за $R < 0,05$.

Графічні інтерпретації результатів оцінювали шляхом застосування візуального програмування в середовищі Microsoft Excel 2010.

Результати та обговорення.

Дослідженнями встановлено, що в усі контрольовані періоди росту (у віці ягнят 180, 240 і 365 дів) найвищу середню живу масу мали ягнята, відлучені від вівцематок у віці 90 дів, тобто за застосування традиційного для господарства терміну (рис. 1). Отримані результати відповідають твердженням інших авторів [14, 39] про те, що ягнята, які довше споживають материнське молоко на підсисі, у підсумку за період вирощування досягають більшої живої маси.

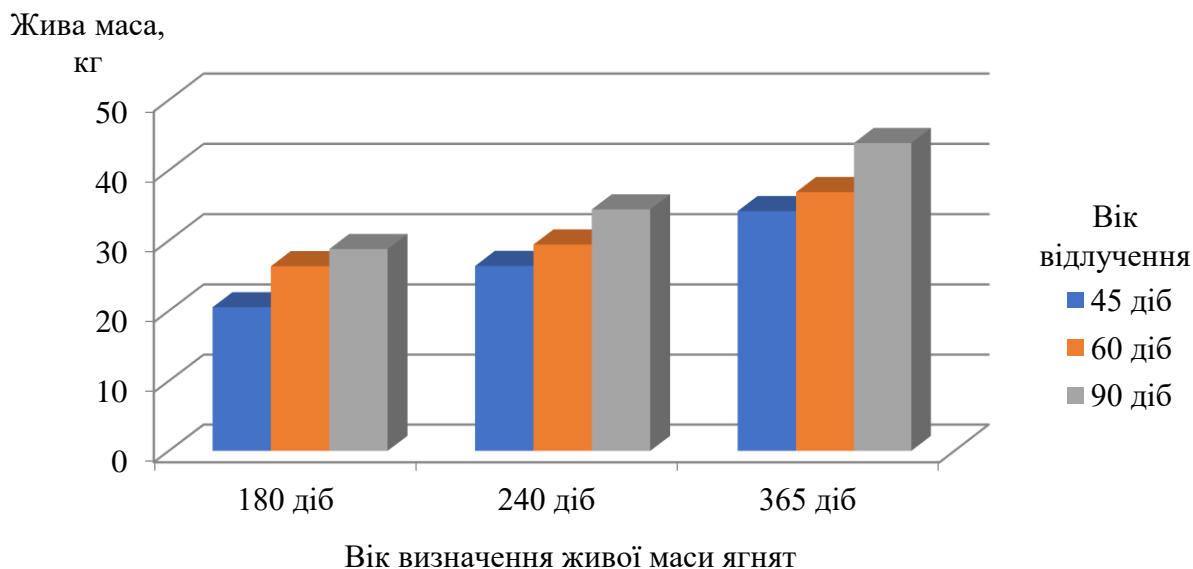


Рис. 1. Динаміка живої маси ягнят залежно від термінів відлучення

Відмінності між живою масою традиційно відлучених (у віці 90 дів) ягнят і особин, відлучених надрано (у віці 45 дів), були високовірогідними ($P < 0,001$) за їх оцінки в інших проаналізованих періодах росту. Окрім того, найбільша абсолютна різниця за живою масою (9,7 кг) спостерігалася у віці 365 дів.

Щодо різниць за живою масою ягнят цієї (традиційно відлученої) групи і представників із раннім відлученням, то у віці 180 і 365 дів вони були невірогідними (табл. 1), хоча й зафіксовано певну перевагу за цим показником у ягнят, відлучених у 90 дів, над відлученими у 45 дів. І лише у

віці 240 дів між порівнюваними групами за параметрами росту встановлено вірогідну різницю ($P < 0,05$) на користь традиційно відлучених ягнят.

За відлучення у ранньому (60 дів) віці також спостерігається вірогідна перевага ягнят цієї групи над відлученими надрано. Утім, максимальною (на 5,8 кг) вона була лише у віці 180 дів.

У цілому, дисперсійний аналіз виявив високовірогідний ($P < 0,001$) вплив групи ягнят за терміном відлучення на їх живу масу у віці 365 дів, при цьому ступінь впливу становив $\eta^2 = 19,4\%$.

1. Різниця за живою масою у між групами ягнят, відлучених у різному віці

Вік, діб	Різниця за живою масою між групами					
	II група (раннє) – I група (надраннє)		III група (традиційне) – II група раннє		III (традиційне) – I група (надраннє)	
	значення, кг	вірогідність, р	значення, кг	вірогідність, р	значення, кг	вірогідність, р
180	5,8	< 0,001	2,4	> 0,05	8,3	< 0,001
240	3,0	< 0,01	5,0	< 0,05	8,0	< 0,001
365	2,7	< 0,001	7,0	> 0,05	9,7	< 0,001

У той же час, як за аналізу середньодобових приростів ягнят, які відрізнялися за тривалістю підсисного періоду, встановлено інші тенденції та закономірності. Зокрема, з'ясовано, що упродовж періоду росту від 180 до 240 діб тварини, відлучені у віці 45 діб, переважали (хоча й невірогідно) особин інших піддослідних груп за середньодобовими приростами (рис. 2). На власний погляд, це

пов'язано з реалізацією компенсаторних механізмів росту, які спрямовувалися на подолання відставання в початкові періоди вирощування після відлучення. А оскільки відмінності в годівлі між групами ягнят після завершення молочного періоду були переважно нівельовані, то це дало змогу тваринам із затримками росту надолужити втрачене.

Середньодобовий приріст, г

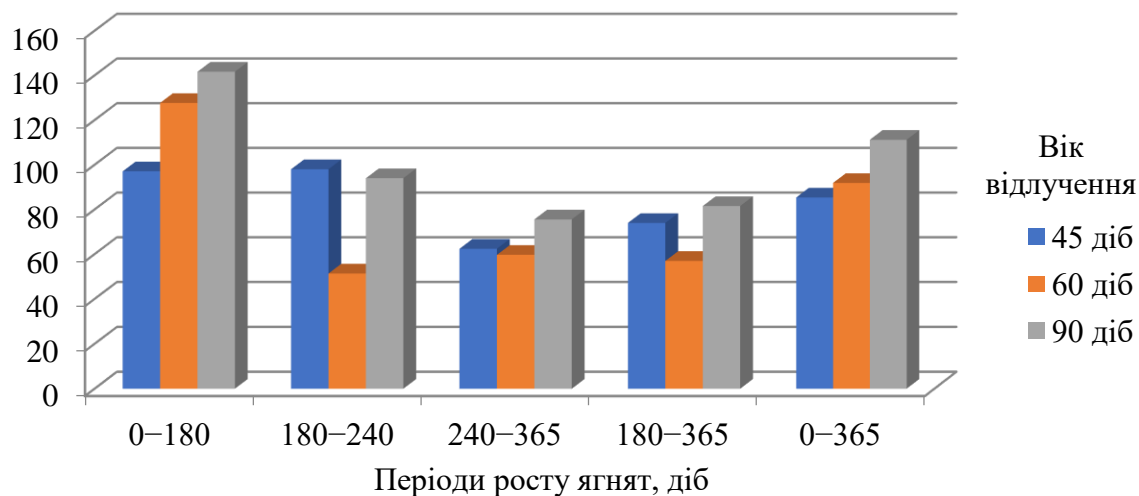


Рис. 2. Середньодобові прирости живої маси ягнят у різні періоди росту залежно від термінів відлучення

На практиці цей компенсаторний ріст виразився в тому, що ягнята, відлучені в надранні терміни, зберегли в період росту 180–240 діб майже ті самі середньодобові прирости, які були притаманні їм у віці від народження до 180 діб (97 г і 98 г відповідно). Водночас в інших групах прирости живої маси суттєво знизилися.

Натомість вже в наступному віковому періоді дія компенсаторних механізмів зменшилася, що знову призвело до виходу на перші позиції за середньодобовими приростами живої маси тварин, відлучених у традиційному віці. До того ж ця тенденція зберігалася й пізніше.

Слід відзначити також зниження середньодобових приростів живої маси в

усіх піддослідних тварин після 8-місячного віку. Зокрема, якщо у період від 180 до 240 діб цей показник становив 81 г, то надалі він зменшився до 66–71 г, або на 12,3–18,5 %. Для порівняння, середньодобові прирости у розрізі загальної вибірки за період від народження до 180-добового віку становили 122 г, а від народження до 365-добового – 96 г, що

суттєво вище, ніж за період після 8-місячного віку. Аналогічна динаміка є закономірною, оскільки інтенсивність росту з віком суттєво знижується.

Ще рельєфніше простежуються тенденції компенсаторного росту ягнят, відлучених у надранні терміни, за аналізу даних про відносні прирости в різні вікові періоди (табл. 2).

2. Відносні прирости (%) ягнят у різні періоди росту залежно від термінів їх відлучення

Період росту	Термін відлучення		
	I група надраннє (45 діб)	II група раннє (60 діб)	III група традиційне (90 діб)
Від народження до віку 180 діб	572,8	679,9	772,7
Від віку 180 діб до віку 240 діб	28,7	11,7	19,6
Від віку 240 діб до віку 365 діб	29,5	25,3	27,4
Від віку 180 діб до віку 365 діб	66,7	40,0	52,4
Від народження до віку 365 діб	367,6	323,0	402,9
Від відлучення до річного віку	261,5	121,1	111,5

Зокрема встановлено, що показники росту ягнят у групі з надраннім відлученням були суттєво вищими порівняно з особинами інших груп в усі періоди росту після відлучення. При цьому перевага цієї групи за відносним приростом коливалася від 7,66 % до 2,45 раза.

Ця закономірність узгоджується з результатами досліджень [19], котрі вказують, що ягнята з вищою живою масою характеризувалися більшим зниженням темпів росту після відлучення порівняно з тими, які мають нижчу живу масу.

Проте в усі періоди, які враховували час підсисного вирощування ягнят (тобто періоди, які брали початок від їх народження), навпаки, виявлено перевагу за відносними приростами ягнят, відлучених у традиційні для господарства терміни. Зокрема, за період від народження до 6-місячного віку ягнята, які знаходилися на підсисі 90 діб, збільшили свою живу масу в середньому в 7,73 рази, тоді як ягнята групи, яких відлучили у віці 45 діб, – лише в 5,73 рази.

Висновки. Дисперсійним аналізом встановлено високовірогідний ($P < 0,001$) вплив групи ягнят за терміном відлучення на їх живу масу у віці 365 діб. Ступінь

впливу становить $\eta^2 = 19,4$ %. Найвищу середню живу масу в усі контрольовані періоди росту (у віці 180, 240 і 365 діб) мали ягнята, відлучені від вівцематок у віці 90 діб, тобто за застосування традиційного для господарства терміну.

Різниці між живою масою традиційно відлучених (у віці 90 діб) ягнят і особин, відлучених надрано (у 45 діб), були високовірогідними ($P < 0,001$) за їх оцінки в будь-якому проаналізованому віці. До того ж найбільша абсолютна різниця за живою масою у ягнят (9,7 кг на користь традиційно відлучених) мала місце у віці 365 діб.

Ягнята, відлучені в надранні терміни (45 діб), мали у період росту 180–240 діб майже аналогічні середньодобові прирости, які були притаманні їм у віці від народження до 180 діб (97–98 г), що свідчить про прояв механізмів компенсаторного росту та тлі суттєвого зниження цих показників у решти груп.

Ягнята групи з надраннім відлученням характеризувалися суттєво вищими відносними приростами в усі періоди росту після відлучення, порівняно з тваринами інших груп (перевага коливалася від 7,66 % до 2,45 разів).

Список використаної літератури

1. Ергономічна оцінка процесів приготування та роздавання кормів / В. П. Шабля та ін. *Вісник аграрної науки*. 2014. Вип. 6. С. 68–72.
2. Молочна продуктивність та якісні показники молока і бринзи за використання в раціонах вівцематок БМВД оптимізованого складу / Г. М. Седіло та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. С. 211–218.
3. Особливості протеїнового і енергетичного живлення вівцематок / Г. М. Седіло та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 61. С. 183–194.
4. Шабля В. П., Шабля П. В., Задорожна І. Ю. Роль вівчарства і козівництва у відновленні деокупованих та постраждалих від військових дій територій. «Відновлення та інноваційний розвиток тваринництва в умовах сучасних викликів»: тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції науковців, викладачів та аспірантів (23–24 квітня 2024 р.). Харків, 2024. С. 34–37. https://www.researchgate.net/publication/382090470_STAN_TVARNICTVA_V_UKRAINI.
5. A comparison of liveweight gain of lambs weaned early onto a herb-clover mixed sward and weaned conventionally onto a ryegrass-clover pasture and herb-clover mixed sward / W.E.M.L.J. Ekanayake et al. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*. 2019. Vol. 32. No. 2. P. 201–208. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0301>.
6. Analysis of Factors Affecting the Rearing of Early-Weaned Lambs of Dairy Breeds for the Meat Market / V. Aguasca et al. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, No. 11. 694. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110694>.
7. Behavioral and physiological adjustments by lambs in response to weaning stress / A. Mohapatra et al. *Journal of Veterinary Behavior*. 2020. Vol. 41. P. 47–51. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2020.07.009>.
8. Cardell K. Practical sheep keeping. Ramsbury, 2012. 160 p.
9. Determination of the breeding value of studrams, taking into account the influence of the level of feeding on the manifestation of productivity in their offspring / I. Pomitun et al. *Scientific and Technical Bulletin of Livestock farming institute of NAAS*. 2025. Vol. 34. P. 150–169. <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2025-134-150-169>.
10. Early feeding strategies in lambs affect rumen development and growth performance, with advantages persisting for two weeks after the transition to fattening diets / T. Liu et al. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 9. 925649. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.925649>.
11. Early solid diet supplementation influences the proteomics of rumen epithelium in goat kids / Y. Zhuang et al. *Biology*. 2023. Vol. 12. 684. <https://doi.org/10.3390/biology12050684>.
12. Early Supplementation with starter can improve production performance of lambs but this growth advantage disappears after 154 days of age / J. Xu et al.

References

1. Ergonomic assessment of feed preparation and distribution processes / V. P. Shablia et al. *Visnyk ahrarnoyi nauky*. 2014. No. 6. P. 68–72.
2. Milk productivity and quality indicators of milk and cheese when using optimized composition of BMD ewes in their diets / G. M. Sedilo et al. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2016. No. 59. P. 211–218.
3. Features of protein and energy nutrition of ewes / G. M. Sedilo et al. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2017. No. 61. P. 183–194.
4. Shablia V. P., Shablia P. V., Zadorozhna I. Yu. The role of sheep and goat breeding in the restoration of deoccupied and war-affected territories. «Vidnovlennya ta innovatsiynyy rozvytok tvarynnytstva v umovakh suchasnykh vyklykiv»: Tezy dopovidey Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi naukovtsiv, vykladachiv ta aspirantiv (April 23–24, 2024). Kharkiv. P. 34–37. https://www.researchgate.net/publication/382090470_STAN_TVARNICTVA_V_UKRAINI.
5. A comparison of liveweight gain of lambs weaned early onto a herb-clover mixed sward and weaned conventionally onto a ryegrass-clover pasture and herb-clover mixed sward / W.E.M.L.J. Ekanayake et al. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*. 2019. Vol. 32. No. 2. P. 201–208. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0301>.
6. Analysis of Factors Affecting the Rearing of Early-Weaned Lambs of Dairy Breeds for the Meat Market / V. Aguasca et al. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, No. 11. 694. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110694>.
7. Behavioral and physiological adjustments by lambs in response to weaning stress / A. Mohapatra et al. *Journal of Veterinary Behavior*. 2020. Vol. 41. P. 47–51. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2020.07.009>.
8. Cardell K. Practical sheep keeping. Ramsbury, 2012. 160 p.
9. Determination of the breeding value of studrams, taking into account the influence of the level of feeding on the manifestation of productivity in their offspring / I. Pomitun et al. *Scientific and Technical Bulletin of Livestock farming institute of NAAS*. 2025. Vol. 34. P. 150–169. <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2025-134-150-169>.
10. Early feeding strategies in lambs affect rumen development and growth performance, with advantages persisting for two weeks after the transition to fattening diets / T. Liu et al. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 9. 925649. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.925649>.
11. Early solid diet supplementation influences the proteomics of rumen epithelium in goat kids / Y. Zhuang et al. *Biology*. 2023. Vol. 12. 684. <https://doi.org/10.3390/biology12050684>.
12. Early Supplementation with starter can improve production performance of lambs but this growth advantage disappears after 154 days of age / J. Xu et al.

Animals. 2023. Vol. 13, No. 3. 372. <https://doi.org/10.3390/ani13030372>.

13. Early weaning impairs the growth performance of Hu lambs through damaging intestinal morphology and disrupting serum metabolite homeostasis / H. Jiang et al. *Animals*. 2025. Vol. 15, No. 1. 113. <https://doi.org/10.3390/ani15010113>.

14. Effect of Age and Weaning on Growth Performance, Rumen Fermentation, and Serum Parameters in Lambs Fed Starter with Limited Ewe–Lamb Interaction / S. Wang et al. *Animals*. 2019. Vol. 9, No. 10. 825. <https://doi.org/10.3390/ani9100825>.

15. Effect of concentrate supplementation on production performance of ewes grazing on community rangeland / O. H. Chaturvedi et al. *Indian Journal of Animal Sciences*. 2008. Vol. 78. P. 1162–1164.

16. Effect of early weaning age on growth performance, nutrient digestibility, and serum parameters of lambs / J. Chai et al. *Animal Production Science*. 2016. Vol. 57, No. 1. P. 110–115. <https://doi.org/10.1071/AN15079>.

17. Effect of Milk Intake, Its Composition, and Fatty Acid Profile Distribution on Live Weight of Suckling Wallachian Lambs until Their Weaning / M. Ptáček et al. *Animals*. 2019. Vol. 9, No. 10. 718. <https://doi.org/10.3390/ani9100718>.

18. Effects of weaning age on growth, nutrient digestibility and metabolism, and serum parameters in Hu lambs / J. Chai et al. *Animal Nutrition*. 2015. Vol. 1, No. 4. P. 344–348. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.11.007>.

19. Fraser T. J., Saville D.J. The effect of weaning weight on subsequent lamb growth rates. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 2000. Vol. 62. P. 75–79. <https://doi.org/10.33584/jnzs.2000.62.2395>.

20. Freitas-de-Melo A., Ungerfeld R. Destete artificial en ovinos: respuesta de estrés y bienestar animal. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2016. Vol. 7, No. 3. P. 361–375. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i3.4215>.

21. Freitas-de-Melo A., Ungerfeld R., Pérez-Clariget R. Behavioral pattern in Texel × Corriedale terminal crossbreeding: Maternal behavior score at birth, lambs' feeding behaviors, and behavioral responses of lambs to abrupt weaning. *Journal of Veterinary Behavior*. 2019. Vol. 30. P. 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2018.10.007>.

22. Godfrey R. W., Weis A. J. Effect of weaning age on hair sheep lamb and ewe production traits in an accelerated lambing system in the tropics. *Journal of Animal Science*. 2016. Vol. 94, No. 3. P. 1250–1254. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9987>.

23. Growing without a mother during rearing affects the response to stressors in rams / J. P. Damián et al. *Applied Animal Behaviour Science*. 2018. Vol. 209. P. 36–40. doi.org/10.1016/j.applanim.2018.08.022.

24. Hassan T. M. M. Effects of weaning age and some other factors on growth performance of Ossimi lambs. *Egyptian Journal of Sheep Goat Sciences*. 2017. Vol. 12, No. 1. P. 29–38.

Animals. 2023. Vol. 13, No. 3. 372. <https://doi.org/10.3390/ani13030372>.

13. Early weaning impairs the growth performance of Hu lambs through damaging intestinal morphology and disrupting serum metabolite homeostasis / H. Jiang et al. *Animals*. 2025. Vol. 15, No. 1. 113. <https://doi.org/10.3390/ani15010113>.

14. Effect of Age and Weaning on Growth Performance, Rumen Fermentation, and Serum Parameters in Lambs Fed Starter with Limited Ewe–Lamb Interaction / S. Wang et al. *Animals*. 2019. Vol. 9, No. 10. 825. <https://doi.org/10.3390/ani9100825>.

15. Effect of concentrate supplementation on production performance of ewes grazing on community rangeland / O. H. Chaturvedi et al. *Indian Journal of Animal Sciences*. 2008. Vol. 78. P. 1162–1164.

16. Effect of early weaning age on growth performance, nutrient digestibility, and serum parameters of lambs / J. Chai et al. *Animal Production Science*. 2016. Vol. 57, No. 1. P. 110–115. <https://doi.org/10.1071/AN15079>.

17. Effect of Milk Intake, Its Composition, and Fatty Acid Profile Distribution on Live Weight of Suckling Wallachian Lambs until Their Weaning / M. Ptáček et al. *Animals*. 2019. Vol. 9, No. 10. 718. <https://doi.org/10.3390/ani9100718>.

18. Effects of weaning age on growth, nutrient digestibility and metabolism, and serum parameters in Hu lambs / J. Chai et al. *Animal Nutrition*. 2015. Vol. 1, No. 4. P. 344–348. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.11.007>.

19. Fraser T. J., Saville D.J. The effect of weaning weight on subsequent lamb growth rates. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 2000. Vol. 62. P. 75–79. <https://doi.org/10.33584/jnzs.2000.62.2395>.

20. Freitas-de-Melo A., Ungerfeld R. Destete artificial en ovinos: respuesta de estrés y bienestar animal. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2016. Vol. 7, No. 3. P. 361–375. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i3.4215>.

21. Freitas-de-Melo A., Ungerfeld R., Pérez-Clariget R. Behavioral pattern in Texel × Corriedale terminal crossbreeding: Maternal behavior score at birth, lambs' feeding behaviors, and behavioral responses of lambs to abrupt weaning. *Journal of Veterinary Behavior*. 2019. Vol. 30. P. 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2018.10.007>.

22. Godfrey R. W., Weis A. J. Effect of weaning age on hair sheep lamb and ewe production traits in an accelerated lambing system in the tropics. *Journal of Animal Science*. 2016. Vol. 94, No. 3. P. 1250–1254. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9987>.

23. Growing without a mother during rearing affects the response to stressors in rams / J. P. Damián et al. *Applied Animal Behaviour Science*. 2018. Vol. 209. P. 36–40. doi.org/10.1016/j.applanim.2018.08.022.

24. Hassan T. M. M. Effects of weaning age and some other factors on growth performance of Ossimi

https://www.researchgate.net/publication/332014300_EFFECTS_OF_WEANING_AGE_AND_SOME_OTHER_FACTORS_ON_GROWTH_PERFORMANCE_OF_OSSIMI_LAMBS.

25. Impact of early weaning on small intestine, metabolic, immune and endocrine system development, growth and body composition in artificially reared lambs / S. A. McCoard et al. *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98, skz356. <https://doi.org/10.1093/jas/skz356>.

26. Impact of weaning age on rumen development in artificially reared lambs / O. C. Carballo et al. *Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 97, No. 8. P. 3498–3510. <https://doi.org/10.1093/jas/skz148>.

27. Jamroz D., Potkanskij A. *Zywnienie zwierząt i paszoznawstwo*. Warszawa, 2004. 957 p.

28. Kenyon P. R. The use of nutrition to increase sheep performance. *Agricultural Research*. 2014. Vol. 57. P. 38–64.

29. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean oilpartially replaced by fish oil blend / F. E. Maia et al. *Livestock Science*. 2014. Vol. 163, No. 1. P. 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.009>.

30. Lambs prevented from suckling their mothers display behavioural, immune, and endocrine disturbances / F. Napolitano et al. *Physiology Behavior*. 2003. Vol. 78, No. 1. P. 81–89. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(02\)00892-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(02)00892-2).

31. Low pasture allowance until late gestation in ewes: behavioural and physiological changes in ewes and lambs from lambing to weaning / A. Freitas-de-Melo et al. *Animal*. 2017. Vol. 11, No. 2. P. 285–294. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001427>.

32. Mao H., Wang C., Yu Z. Weaning ages do not affect the overall growth or carcass traits of Hu sheep. *Animals*. 2019. Vol. 9. 356. <https://doi.org/10.3390/ani9060356>.

33. Mason B.D. *Nutrition guide for B. C. Sheep producers*. British Columbia, 2010. 110 p.

34. Mohapatra A., Shinde A. K., Singh R. Sheep milk: A pertinent functional food. *Small animal research*. 2019. Vol. 181. P. 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.10.002>.

35. Principal component analysis of preweaning growth traits in Santa Inês lambs / N. A. Koritiaki et al. *Ciências Agrárias*. 2019. Vol. 40, No. 6. P. 3269–3278. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p3269>.

36. Serum blood components during preoestrus, oestrus and pregnancy phases in Egyptian Suffolk ewes as affected by heat stress: under the conditions of Egypt / I. F. M. Marai et al. *Egyptian Journal of Sheep, Goat and Desert Animals Sciences*. 2006. Vol. 1, No. 1. P. 47–62. <https://doi.org/10.21608/EJSGS.2006.28074>.

37. Short- and long-term effects of conventional and artificial rearing strategies on the health and performance of growing lambs / A. Belanche et al. *Animal*. 2019. Vol. 13, No. 4. P. 740–749. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002100>.

lambs. *Egyptian Journal of Sheep Goat Sciences*. 2017. Vol. 12, No. 1. P. 29–38. https://www.researchgate.net/publication/332014300_EFFECTS_OF_WEANING_AGE_AND_SOME_OTHER_FACTORS_ON_GROWTH_PERFORMANCE_OF_OSSIMI_LAMBS.

25. Impact of early weaning on small intestine, metabolic, immune and endocrine system development, growth and body composition in artificially reared lambs / S. A. McCoard et al. *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98, skz356. <https://doi.org/10.1093/jas/skz356>.

26. Impact of weaning age on rumen development in artificially reared lambs / O. C. Carballo et al. *Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 97, No. 8. P. 3498–3510. <https://doi.org/10.1093/jas/skz148>.

27. Jamroz D., Potkanskij A. *Zywnienie zwierząt i paszoznawstwo*. Warszawa, 2004. 957 p.

28. Kenyon P. R. The use of nutrition to increase sheep performance. *Agricultural Research*. 2014. Vol. 57. P. 38–64.

29. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean oilpartially replaced by fish oil blend / F. E. Maia et al. *Livestock Science*. 2014. Vol. 163, No. 1. P. 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.009>.

30. Lambs prevented from suckling their mothers display behavioural, immune, and endocrine disturbances / F. Napolitano et al. *Physiology Behavior*. 2003. Vol. 78, No. 1. P. 81–89. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(02\)00892-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(02)00892-2).

31. Low pasture allowance until late gestation in ewes: behavioural and physiological changes in ewes and lambs from lambing to weaning / A. Freitas-de-Melo et al. *Animal*. 2017. Vol. 11, No. 2. P. 285–294. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001427>.

32. Mao H., Wang C., Yu Z. Weaning ages do not affect the overall growth or carcass traits of Hu sheep. *Animals*. 2019. Vol. 9. 356. <https://doi.org/10.3390/ani9060356>.

33. Mason B.D. *Nutrition guide for B. C. Sheep producers*. British Columbia, 2010. 110 p.

34. Mohapatra A., Shinde A. K., Singh R. Sheep milk: A pertinent functional food. *Small animal research*. 2019. Vol. 181. P. 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.10.002>.

35. Principal component analysis of preweaning growth traits in Santa Inês lambs / N. A. Koritiaki et al. *Ciências Agrárias*. 2019. Vol. 40, No. 6. P. 3269–3278. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p3269>.

36. Serum blood components during preoestrus, oestrus and pregnancy phases in Egyptian Suffolk ewes as affected by heat stress: under the conditions of Egypt / I. F. M. Marai et al. *Egyptian Journal of Sheep, Goat and Desert Animals Sciences*. 2006. Vol. 1, No. 1. P. 47–62. <https://doi.org/10.21608/EJSGS.2006.28074>.

37. Short- and long-term effects of conventional and artificial rearing strategies on the health and performance of growing lambs / A. Belanche et al.

38. The effect of weaning age on animal performance in lambs exposed to naturally acquired nematode infections / N. Högberg et al. *Veterinary Parasitology*. 2023. PMID: 36863138, 316:109900. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.109900>.

39. Tyne T. The sheepbook for smallholder. Preston, 2012. 320 p.

Animal. 2019. Vol. 13, No. 4. P. 740–749. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002100>.

38. The effect of weaning age on animal performance in lambs exposed to naturally acquired nematode infections / N. Högberg et al. *Veterinary Parasitology*. 2023. PMID: 36863138, 316:109900. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.109900>.

39. Tyne T. The sheepbook for smallholder. Preston, 2012. 320 p.