

**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
сіського господарства
Карпатського регіону НААН,
протокол № 14
від 19 грудня 2025 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 78 • Частина 2 • 2025



**Видавництво
Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН
Оброшине 2025**

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:

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

Коник Григорій Станіславович, доктор сільськогосподарських наук, професор, перший заступник директора, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна, заступник головного редактора

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, заступник головного редактора

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

Члени редакційної колегії:

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

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

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

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

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

Мароунек Мілан, доктор наук, професор, старший науковий співробітник, Інститут тваринництва, Чеська Республіка

Остапів Дмитро Дмитрович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії молекулярної біології та клінічної біохімії, Інститут біології тварин НААН, Україна

Петриченко Василь Флорович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Радник при дирекції з наукової роботи, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, Україна

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

Рутковська Беата, доктор наук, професор, Варшавський університет природничих наук, Республіка Польща

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

Хойніцкий Юзеф, доктор наук, професор, Варшавський університет природничих наук, Республіка Польща

Чернявська-П'ятковська Ева, доктор наук, професор, Західнопоморський технологічний університет в м. Щецін, Республіка Польща

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 № 14 of December 19, 2025

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 78 • Issue 2 • 2025



Видавництво
Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН
Obroshyne 2025

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:

Stasiv Oleh, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of NAAS, Director, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, Ukraine, Editor-in-Chief

Konyk Hryhorii, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, First Deputy Director, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, Ukraine, Deputies Editor-in-Chief

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, Lviv, Deputies Editor-in-Chief

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

Members of the editorial board:

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

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

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

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

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

Marounek Milan, Doctor of Science, Professor, Senior Researcher, Institute of Animal Science, Czech Republic

Ostapiv Dmytro, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Molecular Biology and Clinical Biochemistry, Institute of Animal Biology of NAAS, Ukraine

Petrychenko Vasyl, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of NAAS, Professor, Scientific Advisor to the Directorate for Research, Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of NAAS, Ukraine

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

Rutkowska Beata, Doctor of Science, Professor, Warsaw University of Life Sciences, Republic of Poland

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

Jozef Chojnicki, Doctor of Science, Professor, Warsaw University of Life Sciences, Republic of Poland

Cherniavska-Piontkovska Ewa, Doctor of Science, Professor, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland

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, 2025

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

*Гнатів П. С., Піцик Ю. В., Іванюк В. Я.,
Качмар О. Й., Щерба М. М.*

Властивості темно-сірого
опідзоленого ґрунту

і точне рільництво..... 7

*Hnativ P. S., Pitsyk Yu. V., Ivaniuk V. Ya.,
Kachmar O. Y., Shcherba M. M.*

The properties of dark-gray
podzolized soil

.....and precision agriculture

*Дубицький О. Л.,
Дубицька А. О.*

Характеристики накопичення Са та Mg
в складових системи

«ґрунт – шениця озима»

за умов біологізованих

систем удобрення..... 20

*Dubytskyi O. L.,
Dubytska A. O.*

The characteristics of Ca and Mg
accumulation in the components

of the "soil – winter wheat" system

in the conditions

.....of the biologized fertilizer systems

Осадчук В. В., Мойсієнко В. В.

Врожайність насіння амаранту залежно
від елементів технології вирощування

в умовах Полісся..... 30

Osadchuk V. V., Moisiienko V. V.

Yield of amaranth seeds depending
on cultivation technology elements

.....in the conditions of Polissia

Павлов А. І., Ільчук Р. В.

Оцінка потомства гібридів картоплі
(*Solanum tuberosum* L.)

за вмістом сирого протеїну та білка..... 40

Pavlov A. I., Ilchuk R. V.

Evaluation of progeny of potato
(*Solanum tuberosum* L.) hybrids

.....for crude protein and protein content

Світельський М. М., Іщук О. В.,

Слюсар М. В., Ковальчук І. І.,

Мамченко В. Ю.

Оцінка хімічного складу

та поживної цінності зеленої маси

Inula helenium L.

в умовах Полісся України..... 53

Svitelskyi M. M., Ishchuk O. V.,

Sliusar M. V., Kovalchuk I. I.,

Mamchenko V. Yu.

Evaluation of the chemical composition
and nutritional value of the green mass

of *Inula helenium* L.

.....in the conditions of Polissia, Ukraine

Сенчина Ю. В.

Кормова цінність гібридів кукурудзи

в Карпатському регіоні..... 63

Senchyna Yu. V.

Feed value of corn hybrids

.....in the Carpathian Region

Скорик В. В., Лозінська А. С.,

Коваль Г. В., Усик С. В.,

Карнаух О. Б.

Вивчення впливу гумату калію

на густоту рослин

та урожайність зерна жита озимого..... 73

Skoryk V. V., Lozinska A. S.,

Koval H. V., Usyk S. V.,

Karnaukh O. B.

Study of the influence
of potassium humat on plant density

.....and grain yield of winter rye

Столяр С. Г., Трембіцька О. І.

Використання технологій
дистанційного зондування землі та БПЛА
для оцінки фітосанітарного стану
агроценозів сорго звичайного
двокольорового..... 82

Stoliar S. H., Trembitska O. I.

The use of remote sensing technologies
and UAVS to assess
the phytosanitary state
of agrocenoses
.....of common sorghum bicolor

Терлецька М. І., Біловус Г. Я.,

Гораши О. С., Климишина Р. І.

Адаптивність сортів ячменю озимого
до умов Карпатського регіону..... 94

Terletska M. I., Bilovus H. Ya.,

Horash O. S., Klymyshyna R. I.

Adaptability of winter barley varieties
...to the conditions of the Carpathian region

Цицюра Я. Г., Ткачук О. П.

Ефективність та доцільність
варіантів застосування сульфату амонію
у системі удобрення ріпаку озимого
на сірих лісових ґрунтах..... 103

Tsytsiura Ya. H., Tkachuk O. P.

The efficiency and feasibility
of ammonium sulfate application options
in the fertilization system of winter rapeseed
.....on grey forestal soils

ТВАРИННИЦТВО

STOCKBREEDING

Волошин Р. В.

Вплив високих температурних показників
навколишнього середовища
на молочну продуктивність
та якісні показники молока
корів голштинської породи..... 123

Voloshyn R. V.

The influence
of high ambient temperatures
on milk productivity
and milk quality indicators
.....in Holstein cows

Дяченко О. Б., Рівіс Й. Ф., Тесак Г. В.

Інтенсивність росту відгодівельних бугайців
за введення у їх раціон
джерел есенціальних жирних кислот
і препаратів селену..... 132

Diachenko O. B., Ravis Y. F., Tesak H. V.

Growth performance
of fattening young bulls with dietary
supplementation of essential fatty acids
.....and selenium preparations

Клим О. Я., Воробель М. І., Рівіс Й. Ф.,

Гутий Б. В., Ковальський Ю. В.

Важливість та унікальність
маточного молочка бджіл..... 140

Klym O. Ya., Vorobel M. I., Ravis Y. F.,

Hutyi B. V., Kovalskyi Yu. V.

The importance and uniqueness
.....of royal milk of bees

Лашин Д. А., Корх І. В.

Ефективність використання
антистресового препарату
в контексті профілактики технологічних
стрес-чинників у свинарстві..... 152

Lashyn D. A., Korkh I. V.

Effectiveness of the use
of anti-stress drug in the context
of prevention of technological stress factors
.....in pig farming

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-1

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.4:633.15:631.816

ВЛАСТИВОСТІ ТЕМНО-СІРОГО ОПІДЗОЛЕНОГО ҐРУНТУ І ТОЧНЕ РІЛЬНИЦТВО**П. С. Гнатів¹, Ю. В. Піщик², В. Я. Іванюк², О. Й. Качмар¹, М. М. Щерба¹**

¹Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

²Львівський національний
університет ветеринарної
медицини та біотехнологій імені
С. З. Ґжицького
вул. Пекарська, 50, м. Львів, 79010

Про авторів:

Петро ГНАТІВ,
доктор біологічних наук
ORCID: 0000-0003-2519-3235

Юрій ПІЩИК,
аспірант
ORCID: 0000-0003-0868-6716

Віктор ІВАНЮК,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-6885-9212

Оксана КАЧМАР,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-0382-6030

Марія ЩЕРБА,
науковий співробітник
ORCID: 0000-0002-0773-6382

Для листування:

Петро ГНАТІВ
e-mail: pshnativ@ukr.net

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних наук
України

Отримано:

11 серпня 2025 р.

Погоджено до друку:

2 грудня 2025 р.

Опубліковано:

30 грудня 2025 р.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

Мінливість фізичних та агрохімічних властивостей ґрунтів Лісостепу Західного зумовлює необхідність диференційованого дозування удобрення агрокультур не лише між їх різновидами, а й у межах одного поля, на якому, як правило, одна ґрунтова відміна. Причина цьому – фаціальна строкатість гранулометричного складу, їхніх кислотно-основних властивостей, вмісту органічних речовин та лабільних біогенних елементів. У межах одного поля темно-сірого опідзоленого крупнопилуватого легкосуглинкового ґрунту у відділені «Вирів» ТОВ "СІЕФДЖІ ТРЕЙДІНГ" ми виявили варіативність аналітичних результатів від 4,25 до 26,8 % за семи показниками. Обчислені коефіцієнти парних кореляцій для цих показників охоплювали діапазон від вельми тісних до слабких і відсутніх. Вміст гумусу в орному шарі змінювався від 2,7 до 4,0 % (коефіцієнт варіації – 11,35 %). Варіація запасів доступного азоту в ґрунті була найменшою з-поміж інших показників (від 112 до 133 мг/кг ґрунту; коефіцієнт варіації – 5,2 %). З умістом гумусу була визначена помірна кореляція вмісту легкогідролізного азоту, проте у подібному до гумусу діапазоні в ґрунті змінювався ресурс фосфатів, проте встановлена лише помітна пряма залежність між цими показниками по ділянках. Запаси обмінного калію на дванадцяти ділянках різнилися майже втричі, що перевершило варіативність усіх інших показників (від 50,2 до 138,0 мг/кг; коефіцієнт варіації – 22,3 %). Методом 3В-моделювання у програмі STATISTICA-12 встановлена сильна взаємодія показників рН та гідролітичної кислотності у синергійному впливі на місткість катіонного обміну. Вміст гумусу з місткістю катіонного обміну та гідролітичною кислотністю сумісно сильно впливали на підвищення вмісту легкогідролізного азоту в орному шарі. На основі ґрунтової карти у цифровому форматі ми побудували картограми з нанесеними контурами за шістьма показниками ґрунту. Система точного рільництва передбачає інсталяцію електронної картограми поля у пам'ять комп'ютера, агрегатів для прецизійного внесення азоту, фосфору, калію чи меліорантів, відповідно до строкатості поля.

Ключові слова: гумус, кислотність, азот, фосфор, калій, прецизійне удобрення, врожай.

The properties of dark-gray podzolized soil and precision agriculture

¹Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5,
Obroshyne village, Lviv district,
Lviv region, 81115

²Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv
Pekarska Street, 50, Lviv, 79010

About authors:

Petro HNATIV
ORCID: 0000-0003-2519-3235

Yuriy PITSYK
ORCID: 0000-0003-0868-6716

Viktor IVANIUK
ORCID: 0000-0002-6885-9212

Oksana KACHMAR
ORCID: 0000-0002-0382-6030

Mariia SHCHERBA
ORCID: 0000-0002-0773-6382

For corresponding:
Petro HNATIV
e-mail: pshnativ@ukr.net

Funding information:
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:
August 11, 2025
Accepted:
December 2, 2025
Published:
December 30, 2025

The variability of physical and agrochemical properties of soils of the Western Forest-Steppe necessitates differentiated dosage of fertilizer for agricultural crops not only between their soil varieties, but also within one field, on which, as a rule, there is one soil variety. The reason for this is the facies variegation of the granulometric composition, their acid-base properties, the content of organic matter and labile biogenic elements. Within one field of dark-gray podzolized coarse-dusty light-loamy soil in the "Vyriv" department of "CFG TRADING" LLC, we found variability of analytical results from 4.25 to 26.8 % for seven indicators. The calculated pair correlation coefficients for these indicators ranged from very close to weak and absent. The humus content in the arable layer varied from 2.7 to 4.0 % (coefficient of variation 11.35 %). The variation of available nitrogen reserves in the soil was the smallest among other indicators (from 112 to 133 mg/kg of soil; coefficient of variation 5.2 %). A moderate correlation of readily hydrolysable nitrogen content with humus content was determined, but in a range similar to humus, the phosphate resource in the soil varied, but only a noticeable direct relationship was established between these indicators across plots. Exchangeable potassium reserves in twelve plots varied almost threefold, which exceeded the variability of all other indicators (from 50.2 to 138.0 mg/kg; coefficient of variation 22.3 %). The 3B-modeling method in the STATISTICA-12 program established a strong interaction of pH and hydrolytic acidity in the synergistic effect on the cation exchange capacity. The humus content with cation exchange capacity and hydrolytic acidity jointly strongly influenced the increase in the content of easily hydrolyzed nitrogen in the arable layer. Based on the soil map in digital format, we constructed cartograms with contours for six soil indicators. The precision farming system involves installing an electronic field cartogram in the computer memory as well as the units for precise application of nitrogen, phosphorus, potassium or ameliorants, according to the variegation of the field.

Keywords: humus, acidity, nitrogen, phosphorus, potassium, precision fertilization, yield.

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

Вступ. Застосування добрив є ефективним, а іноді й вирішальним фактором, який збільшує врожайність і поліпшує його якість. Завдяки їм можна змінювати процеси обміну речовин і сприяти активнішому накопиченню в рослинах корисних компонентів – білків, жирів, вуглеводів тощо [10]. Поліпшення якості врожаю має бути спрямоване, головним чином, на підвищення вмісту в ньому білків. Цього можна досягти насамперед оптимізацією азотного

живлення рослин. В зоні Західного Лісостепу в умовах достатнього зволоження ефективність мінеральних добрив є високою, проте раціональні норми удобрення і система їхнього внесення загалом потребують додаткового вивчення [1].

В умовах постійного росту цін на мінеральні добрива актуальним залишається питання оптимізації азотного живлення культур, підвищення засвоюваності азоту із внесених добрив

шляхом вибору оптимальної схеми удобрення для конкретних ґрунтово-кліматичних умов, часу та способів внесення азотних добрив [28]. Окрім отримання високих врожаїв на високих фонах азотного живлення виробникам потрібно слідкувати й обмежувати вірогідні втрати від вимивання нітратів за межі ризосфери [17, 21], який вносять з добривами. Ці витоки азоту за межі агроєкосистеми спричиняють забруднення підземних вод і природного довкілля загалом [1, 10].

Іншим чинником рівня врожаю є родючість ґрунтів, яка залежить від їх гранулометричних, фізичних та хімічних властивостей [14], котрі змінюються тим більше, чим більші площі полів. В. Galka et al. [26] дослідили, що в глейових ґрунтах (брунатно-глейові арени солі – Brunic Gleyic Arenosols), близькому за родючістю до чорноземів, вагомо змінюються вміст органічного вуглецю, піску, мулу, глини та місткість катіонного обміну, рН у верхньому та підґрунтовому шарах. Проте, поточна просторова диференціація фізичних та хімічних властивостей ґрунту на експериментальному полі не була результатом первинних ґрунтоутворних факторів, таких як вид і текстура материнської породи, мікротопографія поверхні, режим вологості або мікрокліматичні умови, які не диференціюються по всьому полю, а зумовлена різною інтенсивністю попереднього 60-річного обробітку та удобрення на окремих ділянках поля. А. М. Gajda, Е. А. Czyż & А. R. Dexte [13] теж встановили, що є вплив тривалого використання різних систем рільництва на фізичні [14], хімічні та мікробіологічні параметри якості ґрунту.

В. Usowicz & J. Lipiec [29] фіксували просторову мінливість властивостей ґрунту за різними показниками [9] і врожайності зернових культур на оброблюваному полі на піщаному ґрунті та В. Usowicz & М. Najnos [21] раніше повідомили, що вона поширювалася на масштаби не лише поля, а цілих господарств.

Контроль та управління мінливістю ґрунту в різних просторових масштабах є основою для точного рільництва [3, 12, 18, 23]. Е. Vrindts et al. [3] представили аналіз властивостей ґрунту та агрокультур для цієї сучасної системи рільництва. Для цього застосовують різні датчики параметрів ґрунтів і рослинного асиміляційного апарата з високою роздільною здатністю і, відповідно, точністю [11], створюють просторові та навіть часові карти даних, зокрема врожайності різних частин полів [8]. Останніми десятиліттями все глибше розробляються точні методи аналізу і прогнозування вмісту азоту в ґрунті за допомогою ближньої інфрачервоної спектроскопії [9].

Фермерські господарства чи окремі поля групують у кластери просторово-часової мінливості для диференційованого удобрення строкатих ґрунтів [19]. Це дозволяє розробляти рекомендації для запобігання зменшенню вмісту органічної речовини в ґрунті, як показано на прикладі Північного Сходу Італії [22].

Точне рільництво у ЄС вважається перспективною можливістю для підвищення мотивації фермерів і Єврокомісія здійснювала підтримку його впровадження в рамках CAP 2014–2020 рр. [12, 17, 28]. Ф. К. Van Evert et al. [8] констатували підвищення прибутковості та сталого виробництва картоплі та оливки за сучасною технологією. Методи та практики точного рільництва переходять від обговорення до застосування [16], а технології точного рільництва позитивно впливають на зменшення викидів парникових газів, підвищення продуктивності агровиробництва та ефективності економіки [15].

Отже, причини виникнення проблеми максимізації ефективності добрив криються у строкатості родючості ґрунтів на полях. Сучасні системи точного рільництва дозволяють усунути або нівелювати цю проблему.

Метою нашої роботи було визначення, картографування та оцінювання внутрішньопольової варіації

фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ґрунту і пропозиції щодо врахування й використання аналітичних даних у системі точного рільництва.

Матеріали і методи. При виборі ділянки для досліджень перед закладанням варіантів удобрення поле було розбите на 12 фрагментів, на яких були зроблені відбори ґрунту з орного шару та виконаний повний агрохімічний аналіз зразків у Сервісно-аналітичному центрі (атестат акредитації № 202141 від 25.11.2022) ТОВ "УКРАВІТ САЙЕНС ПАРК" ВСП "Інститут здоров'я рослин" стандартними методами. Ґрунт – темно-сірий опідзолений крупнопилуватий легкосуглинковий на

лесі. Схема поділу поля (56 га) на п'ятигектарні ділянки. Стратегія досліджень була запозичена із закордонної практики, яка описана R. Austin, L. Gatiboni & J. Havlin [5] та іншими авторами [20]. Відбір зразків ґрунту виконали польовим буром БП-25-15 з площі кожної п'ятигектарної ділянки на глибину 0–20 см згідно з методикою Держстандарту України 4287:2004 (Якість ґрунту. Відбір проб). Кількість відборів становила 5–6 разів по маршруту зигзагом, який охоплював усю ділянку. Два об'єднані зразки з одного фрагмента поля формували з 5–6 окремих відборів. Ґрунт до повітряно-сухого стану, просіювали та подрібнювали.

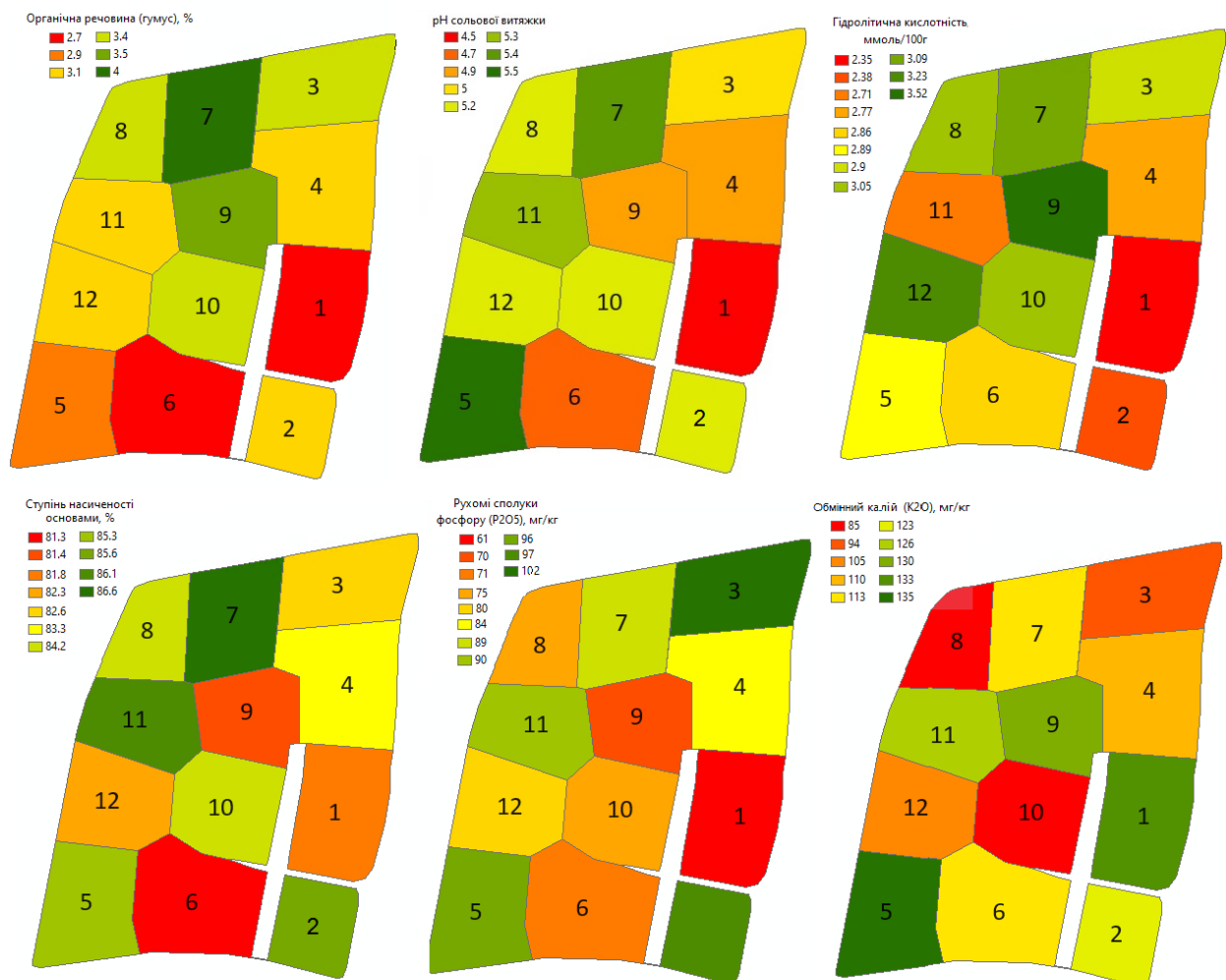


Рис. 1. Агрохімічні картографи групування ділянок дослідного поля за рівнями фізико-хімічних та агрохімічних показників темно-сірого опідзоленого ґрунту у відділенні «Вирів» ТОВ "СІЕФДЖІ ТРЕЙДИНГ"

У лабораторії були виконані наступні аналізи: органічну речовину (гумус) аналізували за ДСТУ 4289:2004 (робоча інструкція РІ 7.2-08); рН сольової витяжки – за ДСТУ ISO 10390:2007; гідролітичну кислотність – за ДСТУ 7537:2014; місткість катіонного обміну розраховали за результатами вмісту обмінних катіонів за робочою інструкцією РІ 7.2-29; азот легкогідролізний – за ДСТУ 7863:2015; рухомі сполуки фосфору (P_2O_5) – за ДСТУ 4115-2002 (п. 8.1; ISO 22036:2008); обмінний калій (K_2O) – за ДСТУ 4115-2002 (п. 8.1; ISO 22036:2008). На основі ґрунтової карти у цифровому форматі були побудовані та віддруковані агрохімічні картограми з нанесеними контурами за вказаними вище шістьма показниками. Кольором були зазначені рівні певного показника в межах поля (рис. 1).

Технологія вирощування та система удобрення кукурудзи була загальноприйнята для Лісостепу західного,

попередник – пшениця озима, фосфорно-калійні добрива вносили під зяблеву оранку, азотні – під передпосівну культивуацію.

Статистичний аналіз отриманих даних та 3D-моделювання регресії трьох показників було проведено за допомогою програми STATISTICA 12.

Результати та обговорення.

Кукурудза, поряд з озимою пшеницею, є основною зерновою культурою, під яку вносять найбільше азотних добрив. Тому основною метою нашого дослідження було випробування інгібіторів перетворення азоту на високих фонах азотного удобрення кукурудзи на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу.

Для отримання вірогідних даних щодо впливу добрив на врожайність кукурудзи потрібне рівне поле (рис. 2) зі сталими показниками родючості ґрунту у всіх напрямках розміщення варіантів внесення добрив.

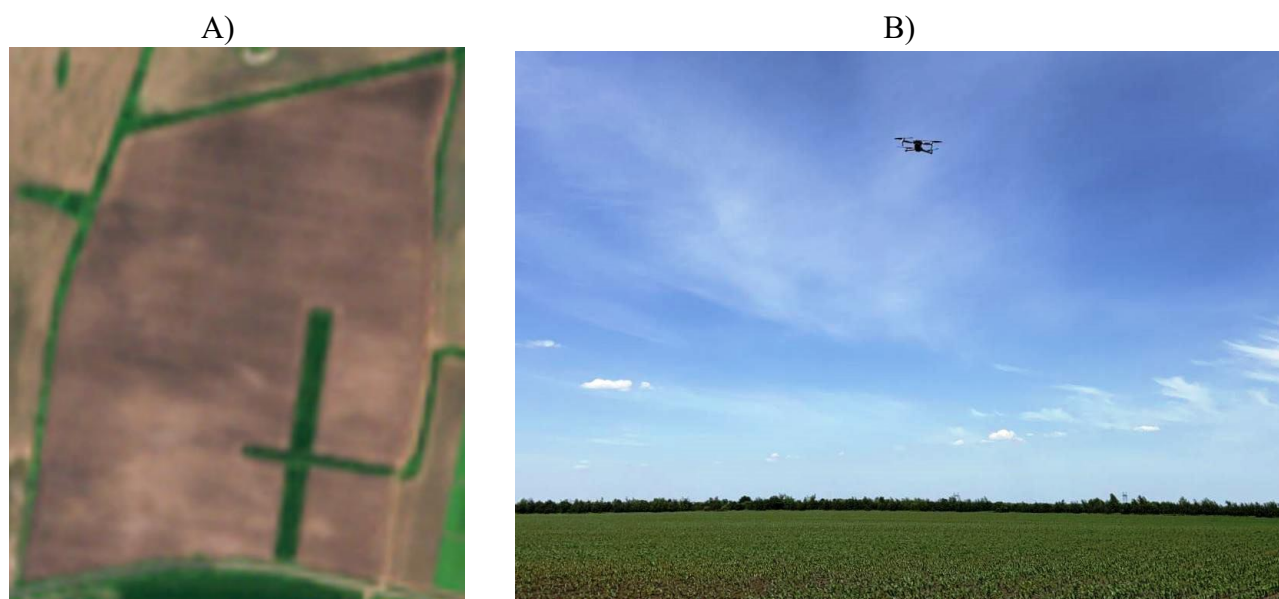


Рис. 2. Скриншот супутникового знімка (Sentinel-2 L2A – платформа Copernicus browser) (А) і натуральний вигляд сканованого дослідного поля відділення «Вирів» в ході стандартного фотографування штатною RGB-камерою БПЛА (Б)

На рисунку 3 представлена графічна модель строкатості фізико-хімічних показників родючості ґрунту, які вагомо змінюються в межах дослідного поля.

На рисунку 4 показано, що вміст гумусу в орному шарі у % змінювався від 2,7 до 4,0 % (коефіцієнт варіації 11,35 %) (табл. 1). Ця обставина за системи точного

рільництва вже служить причиною фермерських господарствах як за кордоном [2, 11, 14], так і в Україні [1, 2].

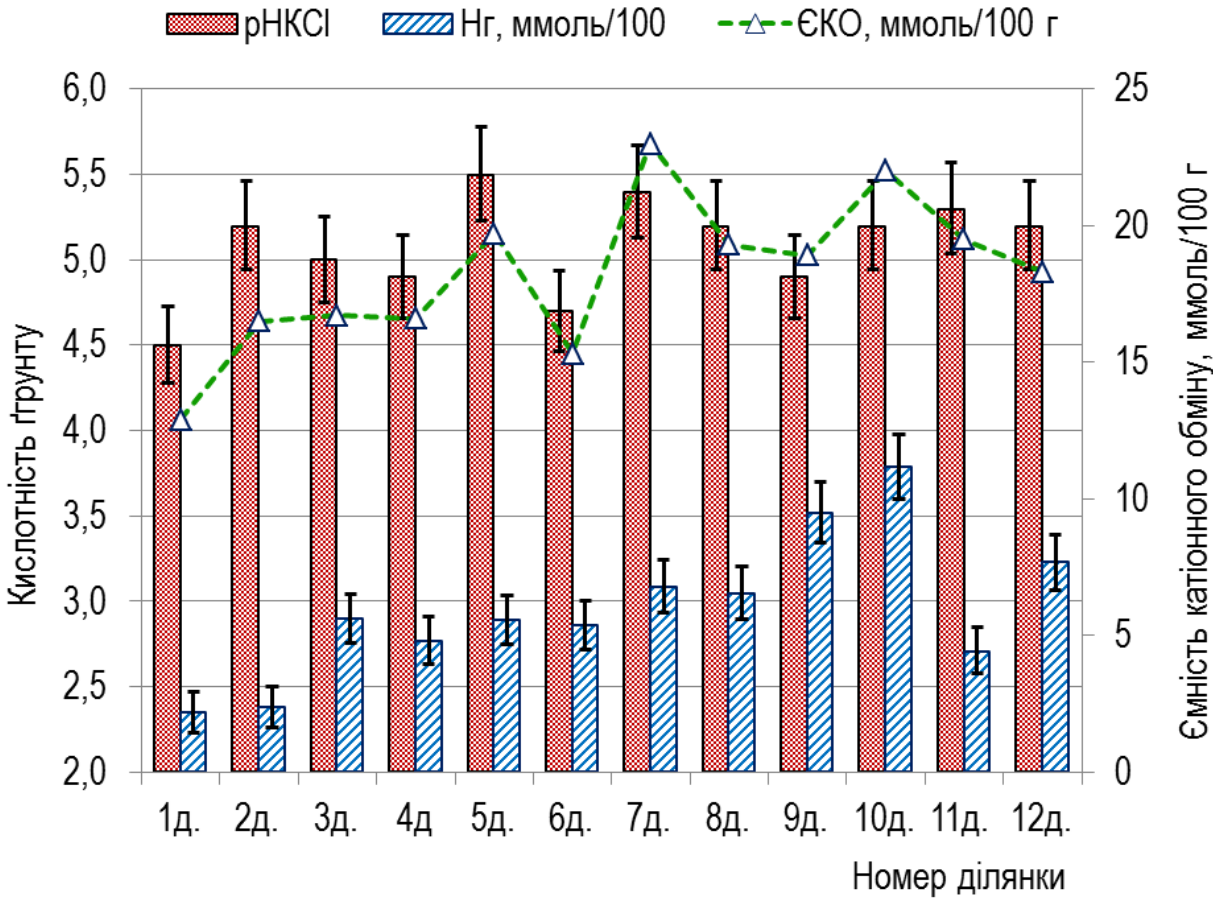


Рис. 3. Зміни основних фізико-хімічних показників темно-сірого опідзоленого ґрунту на ділянках в межах дослідного поля

1. Дисперсійний аналіз варіативності агрохімічних параметрів темно-сірого опідзоленого ґрунту на дослідному полі

Оцінка вибірки	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Hг, ммоль/100	Гумус, %	ЄКО	N-NO ₃ , мг/кг	N-NH ₄ , мг/кг	N гідр., мг/кг	P ₂ O ₅ , рухом., мг/кг	K ₂ O, обмін., мг/кг
Середнє, М	6,1	5,1	3,0	3,2	18,2	17,6	4,8	125,6	81,3	114,5
Коефіцієнт варіації, V (%)	4,25	5,74	14,13	11,35	15,46	26,8	25,6	5,2	17,3	13,6
Похибка вибіркової середньої, S _М	0,08	0,08	0,12	0,10	0,81	1,36	0,35	1,88	4,06	4,50
Відносна похибка середньої, S _М (%)	1,23	1,66	4,08	3,28	4,46	7,73	7,38	1,50	5,00	3,93

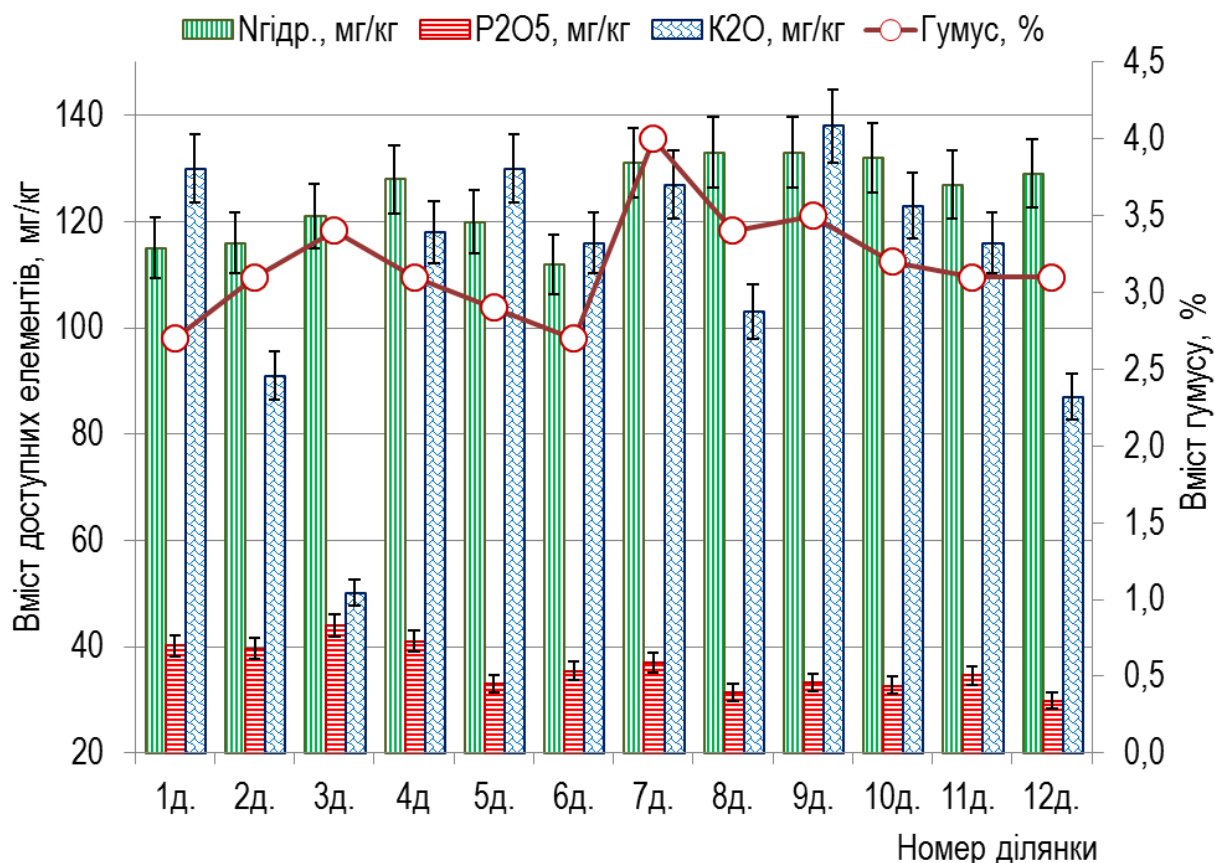


Рис. 4. Зміни основних агрохімічних показників темно-сірого опідзоленого ґрунту на ділянках в межах дослідного поля

З умістом гумусу була визначена помірна кореляція вмісту легкогідролізного азоту (табл. 2), проте варіація запасів доступного азоту в ґрунті була найменшою з-поміж інших показників (від 112 до 133 мг/кг ґрунту; коефіцієнт варіації 5,2 %) (табл. 1). У подібному до гумусу діапазоні в ґрунті змінювався ресурс фосфатів, проте встановлена лише помітна пряма залежність між цими показниками по ділянках. Запаси обмінного калію на дванадцяти ділянках різнилися майже втричі, що перевершило варіативність усіх інших показників (від 50,2 до 138,0 мг/кг; коефіцієнт варіації 22,3 %) (табл. 1). Немає жодної залежності між гумусованістю орного шару та вмістом калію в ґрунті. Фосфати та калій знаходяться у помітній оберненій залежності за показниками вмісту в ґрунті ($r = -0,36$; $N = 12$).

З умістом гумусу була визначена помірна кореляція вмісту легкогідролізного азоту (табл. 2), проте варіація запасів

доступного азоту в ґрунті була найменшою з-поміж інших показників (від 112 до 133 мг/кг ґрунту; коефіцієнт варіації 5,2 %) (табл. 1). У подібному до гумусу діапазоні в ґрунті змінювався ресурс фосфатів, проте встановлена лише помітна пряма залежність між цими показниками по ділянках. Запаси обмінного калію на дванадцяти ділянках різнилися майже втричі, що перевершило варіативність усіх інших показників (від 50,2 до 138,0 мг/кг; коефіцієнт варіації 22,3 %) (табл. 1). Немає жодної залежності між гумусованістю орного шару та вмістом калію в ґрунті. Фосфати і калій знаходяться у помітній оберненій залежності за показниками вмісту в ґрунті ($r = -0,36$; $N = 12$).

Побудова графічних 3В-моделей регресії деяких важливих для формування врожаю важливих показників від двох чинників, що мали вірогідні парні кореляції, дозволили візуалізувати вірогідні залежності у темно-сірому

легкосуглинковому ґрунті. Відображення на графічній моделі регресії (рис. 5А) місткості катіонного обміну залежно від

pH_{KCl} та гідролітичної кислотності свідчить про її зростання за паралельного підвищення обох показників ґрунту.

2. Взаємозалежність агрохімічних параметрів темно-сірого опідзоленого ґрунту на дослідному полі

Взаємозалежність показників	Коефіцієнт кореляції, $r \pm (N = 12)$	Критерій Чеддока (1925 р.)
$pH_{H_2O/KCl}$	0,98	Вельми тісна пряма
$pH_{сол.}/$ місткість КО	0,81	Тісна пряма
1	2	3
$pH_{сол.}/N_g$	0,27	Слабка пряма
N_g/N легкогідр.	0,80	Тісна пряма
Гумус/ N легкогідр.	0,62	Помірна пряма
Місткість КО/ pH_{H_2O} ; pH_{KCl} ; N_g ; Гумус; N легкогідр.;	0,82; 0,81; 0,68; 0,70; 0,71; 0,21	Помірна, тісна і слабка пряма
N легкогідр./Фосфати; Калій	-0,57; 0,22	Помітна обернена / слабка пряма
Фосфати/Калій	-0,36	Помітна обернена
Фосфати/ pH_{H_2O} , pH_{KCl} ; N_g ; Гумус; ємність КО	-0,49; -0,41; -0,58; -0,02; -0,51; 0,38; 0,20	Помітна обернена / помірна обернена / слабка пряма

Рисунок 5Б показує, як поступово накопичується в орному шарі азот легкогідролізний під впливом синергії показників місткості катіонного обміну та вмісту гумусу – бачимо практично пряму регресію. На рисунку 5В бачимо, яку роль у накопичення азоту легкогідролізного відіграє гідролітична кислотність за її низьких показників (2,2–3,0 ммоль/100 г ґрунту). Зростання гідролітичної кислотності за збільшення вмісту гумусу систематично підвищують запаси азоту легкогідролізного в орному шарі ґрунту.

Оскільки немає статистично доведеного зв'язку вмісту рухомого фосфору з вмістом гумусу, а легкогідролізний азот перебуває в негативній кореляції з фосфатами 3В-модель регресії (рис. 5Г) демонструє відсутність синергічної залежності між цими показниками родючості ґрунту. Про такі закономірності повідомляв R. C. Ward [28].

Відмінності у якості ґрунту у межах одного поля безумовно позначається на рості й розвитку культур, що показують карти сканування врожаю комбайнами з покроковим обліком маси вимолоченого зерна і фіксацією показників у комп'ютері агрегату.

Дослід з системами мінерального удобрення зернової кукурудзи (табл. 3) показав, що внесення мінімальних норм $N_{1,3}P_{39,5}K_{41,3}$ практично лише фосфору і калію уже збільшує врожайність зерна від 10,98 т/га на фоні без внесення поживних речовин на 1,01 т/га.

Збалансоване за трьома елементами удобрення $N_{90}P_{39,5}K_{41,3}$ підвищило врожай зерна до 13,30 т/га, що на 21,1 % більше, ніж на фоні без добрив. Отже, корекція ґрунтових ресурсів поживних речовин у бік їх збагачення дуже позитивно впливає на врожайність кукурудзи на зерно на темно-сірому опідзоленому ґрунті Лісостепу Західного.

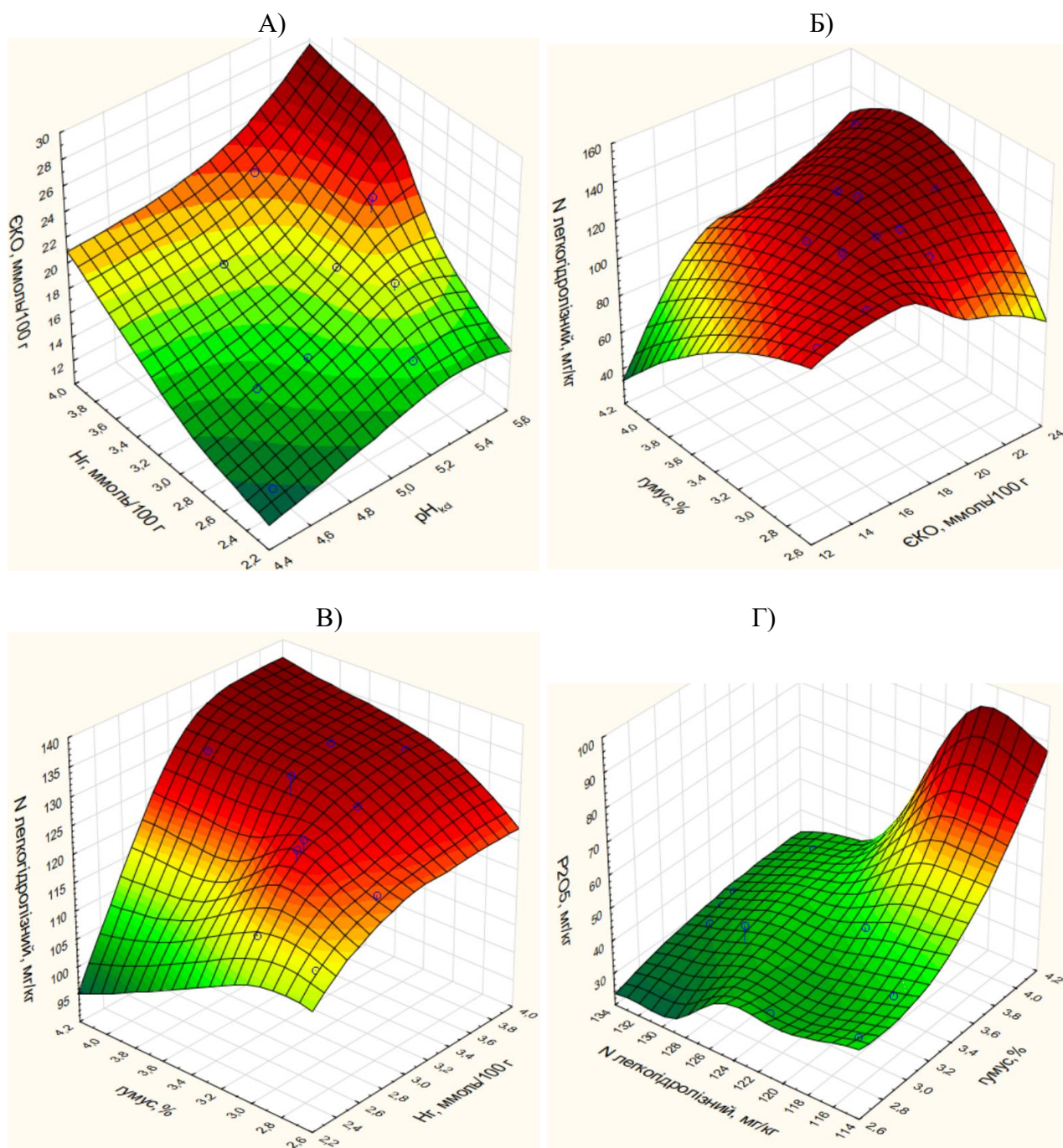


Рис. 5. Регресійні 3В-моделі взаємовпливу основних агрохімічних показників темно-сірого опідзоленого ґрунті на ділянках в межах дослідного поля

3. Залежність урожаю зерна кукурудзи від мінеральних добрив на темно-сірому опідзоленому ґрунті на дослідному полі у 2024 р.

Варіант мінерального удобрення (кг/га діючої речовини)	Урожай зерна кукурудзи, т/га	Надвишка	
		т/га	%
Без добрив (контроль)	10,98	—	—
N _{1,3} P _{39,5} K _{41,3}	11,99	1,01	9,2
N ₉₀ P _{39,5} K _{41,3}	13,30	2,68	21,1

На опрацьованому прикладі ми переконуємося, наскільки важливе диференційоване внесення агрохімікатів (добрив, меліорантів тощо) і змінні норми та глибина сівби насіння за допомогою агрегатів точного рільництва [6]. Змінна норма внесення матеріалів у точному рільництві передбачає їх використання на унікально різних ділянках поля відповідно до заздалегідь підготовленої карти поля, яка розроблена на основі різних типів інформації: ґрунтові відміни, аналіз ґрунту, карти урожайності й рельєфу [12, 17]. До цього переліку ще додають карти електропровідності ґрунту і вегетаційних індексів, ділянки за потенціалом родючості тощо.

Висновки. Вивчення фізичних та агрохімічних властивостей темно-сірого опідзоленого крупнопилуватого легкосуглинкового ґрунту дослідного поля відділення «Вірів» ТОВ "СІЕФДЖІ ТРЕЙДИНГ" (с. Вірів, Львівського р-ну Львівської обл., Лісостеп Західний) за показниками лабораторних аналізів показало велику фаціальну строкатість його родючості. Зокрема, вміст нітратів коливався від 10,5 до 24,8 мг/кг ґрунту, азоту амонійного – від 3,5 до 8,4; рухомих фосфатів – від 29,9 до 44,0 мг/кг ґрунту.

Графічне 3В-модельовання регресії показало, що параметри місткості катіонного обміну (ЄКО) мають практично рівнозначну пряму залежність від збільшення показників гідролітичної кислотності сольового рН, запаси азоту легкогідролізного стрімкіше збільшуються за найвищих показників ЄКО, гідролітичної кислотності та високого рівня вмісту гумусу, малі запаси рухомих фосфатів спостерігаємо за низьких показників вмісту гумусу і практично не зв'язані з ресурсами азоту легкогідролізного.

Збалансоване за трьома елементами мінеральне удобрення $N_{90}P_{39,5}K_{41,3}$ підвищило врожай зерна до 13,30 т/га, що на 21,1 % більше, ніж на фоні без добрив.

Отже, строкатість родючості ґрунту одного невеликого поля свідчить, що корекція ґрунтових ресурсів поживних речовин у бік їх збагачення вкрай необхідна і дуже позитивно впливає на врожайність кукурудзи на зерно на темно-сірому опідзоленому ґрунті Лісостепу Західного.

Система точного рільництва передбачає аналіз окресленої мінімальної ділянки поля детально. На основі аналізу нами створені точні електронні картографи ґрунтових умов та потреб рослин з огляду на актуальну родючість ґрунту. Такі карти, інсталювані в комп'ютери агрегатів, надають змогу змінювати традиційні агротехнічні способи: від норм і глибини сівби до прецизійного внесення потрібних норм різних видів добрив. Диференційоване внесення добрив агрегатом прецизійного удобрення враховує особливості кожної частини поля, оскільки на зміну традиційного розподілу агрохімікатів практикують цільовий підхід з урахуванням усіх чинників. Така диференціація витрати насіння і добрив забезпечує найефективніше використання виробничих ресурсів і мінімізує негативний вплив на природне довкілля завдяки збереженню мінеральних добрив в рамках малого біогеохімічного циклу елементарної польової агроєкосистеми.

Ефективність внесення мінеральних добрив під будь-яку культуру, зокрема під кукурудзу на зерно, стає максимальною тільки за умови їх диференційованого внесення новітніми агрегатами точного рільництва, що будуть запрограмовані за картами відповідно до мінливості ґрунтових ресурсів у них поживних речовин, гранулометричного складу та кислотно-основних властивостей.

Слід брати до уваги, що ґрунтові ресурси азоту легкогідролізного, фосфатів рухомих та калію обмінного є мало пов'язані між собою чинники. Тісно і помірно корелюють лише азот легкогідролізний відповідно до гідролітичної кислотності та вмісту гумусу.

Список використаної літератури

1. Гнатів П. С., Стасів О. Ф. Системний аналіз та агроєкосистеми : наукова монографія. Оброшине, 2025. 414 с. doi.org/10.32636/9786178433079/2
2. Agrochemical analysis of soils in precision farming technologies: a case study of the Chernihiv region / V. Zatserkovnyi et al. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv Geology*. 1 (1 (108)): 85–93. DOI: 10.17721/1728-2713.108.12.
3. Analysis of Soil and Crop Properties for Precision Agriculture for Winter Wheat / E. Vrindts et al. *Biosyst. Eng.* 2003. Vol. 85. Issue 2. P. 141–152. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00040-0](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00040-0).
4. Association of Equipment Manufacturers. U. S. Precision Agriculture Study Unveiled by AEM, Ag Organizations. (2021, February 1). <https://newsroom.aem.org>.
5. Austin R., Gatiboni L. & Havlin J. Soil Sampling Strategies for Site-specific Field Management. *NC State Extension Publications*. 2020. <https://content.ces.ncsu.edu/>.
6. Blackmore S., Godwin R. J. & Fountas S. The Analysis of Spatial and Temporal Trends in Yield Map Data over Six Years. *Biosyst. Eng.* 2003, 84, 455–466. https://www.researchgate.net/publication/268200460_The_Analysis_of_Spatial_and_Temporal_Trends_in_Yield_Map_Data_over_Six_Years.
7. Burt R. Soil Survey Laboratory Methods Manual; Soil Survey Investigation Report No. 42, Version 4.0; USDA-NRCA: Lincoln, NE, USA, 2004. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1870687>.
8. Can Precision Agriculture Increase the Profitability and Sustainability of the Production of Potatoes and Olives? / F. Van Evert et al. *Sustainability*. 2017, 9 (10), 1863. DOI: 10.3390/su9101863.
9. Comprehensive analysis on soil nitrogen prediction using near-infrared spectroscopy: Models, methods, and insights for precision agriculture / X. Wang et al. *Results in Chemistry*. 2025. Vol. 16. 102416. doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102416.
10. Dynamics of the forms of nutrient nitrogen in Greyic Luvic Phaeozem when regulating their resources with fertilizers and nitrapyrin applied to winter barley / V. Shestak et al. *Journal of Elementology*. 2023. 28 (1). P. 41–58. DOI: 10.5601/jelem.2023.28.1.2352.
11. Evaluation of In-Season Management Zones from High-Resolution Soil and Plant Sensors / M. Corti et al. *Agronomy*. 2020, 10, 1124. DOI: 10.3390/agronomy10081124.
12. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers / A. P. Barnes et al. *Land Use Policy*. 2019. V. 80. P. 163–174. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.10.004.
13. Gajda A. M., Czyż E. A. & Dexte A. R. Effects of long-term use of different farming systems on some physical, chemical and microbiological parameters of soil quality. *Int. Agrophys.*, 2016, 30 (2). 165–172. DOI: 10.1515/intag-2015-0081.

References

1. Hnativ P. S., Stasiv O. F. System analysis of agroecosystems : scientific monograph. Obroshyne, 2025. 414 p. doi.org/10.32636/9786178433079/2
2. Agrochemical analysis of soils in precision farming technologies: a case study of the Chernihiv region / V. Zatserkovnyi et al. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv Geology*. 1 (1 (108)): 85–93. DOI: 10.17721/1728-2713.108.12.
3. Analysis of Soil and Crop Properties for Precision Agriculture for Winter Wheat / E. Vrindts et al. *Biosyst. Eng.* 2003. Vol. 85. Issue 2. P. 141–152. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00040-0](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00040-0).
4. Association of Equipment Manufacturers. U. S. Precision Agriculture Study Unveiled by AEM, Ag Organizations. (2021, February 1). <https://newsroom.aem.org>.
5. Austin R., Gatiboni L. & Havlin J. Soil Sampling Strategies for Site-specific Field Management. *NC State Extension Publications*. 2020. <https://content.ces.ncsu.edu/>.
6. Blackmore S., Godwin R. J. & Fountas S. The Analysis of Spatial and Temporal Trends in Yield Map Data over Six Years. *Biosyst. Eng.* 2003, 84, 455–466. https://www.researchgate.net/publication/268200460_The_Analysis_of_Spatial_and_Temporal_Trends_in_Yield_Map_Data_over_Six_Years.
7. Burt R. Soil Survey Laboratory Methods Manual; Soil Survey Investigation Report No. 42, Version 4.0; USDA-NRCA: Lincoln, NE, USA, 2004. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1870687>.
8. Can Precision Agriculture Increase the Profitability and Sustainability of the Production of Potatoes and Olives? / F. Van Evert et al. *Sustainability*. 2017, 9 (10), 1863. DOI: 10.3390/su9101863.
9. Comprehensive analysis on soil nitrogen prediction using near-infrared spectroscopy: Models, methods, and insights for precision agriculture / X. Wang et al. *Results in Chemistry*. 2025. Vol. 16. 102416. doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102416.
10. Dynamics of the forms of nutrient nitrogen in Greyic Luvic Phaeozem when regulating their resources with fertilizers and nitrapyrin applied to winter barley / V. Shestak et al. *Journal of Elementology*. 2023. 28 (1). P. 41–58. DOI: 10.5601/jelem.2023.28.1.2352.
11. Evaluation of In-Season Management Zones from High-Resolution Soil and Plant Sensors / M. Corti et al. *Agronomy*. 2020, 10, 1124. DOI: 10.3390/agronomy10081124.
12. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers / A. P. Barnes et al. *Land Use Policy*. 2019. V. 80. P. 163–174. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.10.004.
13. Gajda A. M., Czyż E. A. & Dexte A. R. Effects of long-term use of different farming systems on some physical, chemical and microbiological parameters of soil quality. *Int. Agrophys.*, 2016, 30 (2). 165–172. DOI: 10.1515/intag-2015-0081.

14. Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition / D. Coskun et al. *Nat. Plants*. 2017. 3: 17074. DOI: 10.1038/nplants.2017.74.

15. Precision Agriculture Technologies Positively Contributing to GHG Emissions Mitigation, Farm Productivity and Economics / A. Balafoutis et al. 2017. *Sustainability*. 2017. 9, 1339. <https://doi.org/10.3390/su9081339>.

16. Precision Agriculture Techniques and Practices: From Considerations to Applications / U. Shafi et al. *Sensors* 2019, 19 (17), 3796. <https://doi.org/10.3390/s19173796>.

17. Precision Agriculture: Terms And Definitions. 2015. URL: <https://www.globalagtechinitiative.com/market-watch/precision-agriculture-terms-and-definitions/>.

18. Protocol for multivariate homogeneous zone delineation in precision agriculture / M. A. Córdoba et al. *Biosyst. Eng.* 2016, 143, 95–107. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2015.12.008.

19. Rodrigues M. S. & Cora J. E. Management zones using fuzzy clustering based on spatial-temporal variability of soil and corn yield. *Engenharia Agrícola*. 2015, 35, 470–483. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p470-483/2015.

20. Singh B., Caughman W. & Park D. Precision Agriculture-based Soil Sampling Strategies. *Land-Grant Press by Clemson Extension*. 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.29242.41921.

21. Spatial variability of physical and chemical soil properties in a field and commune scale / B. Usowicz et al. *Acta Agrophys.* 2004. 3 (103), 1–90. <http://www.acta-agrophysica.org/pdf-145930-71946?filename=Spatial%20variability%20of.pdf>.

22. Stakeholder Perspectives to Prevent Soil Organic Matter Decline in Northeastern Italy / N. D. Ferro et al. 2020. *Sustainability*. 2020, 12 (1). 378. DOI: 10.3390/su12010378.

23. Stoorvogel J. J., Kooistra L. & Bouma J. Managing Soil Variability at Different Spatial Scales as a basis for precision agriculture. In book: *Soil-Specific Farming: Precision Agriculture*; Edition: *Advances In Soil Science*. Chapter: 2. Publisher: CRC Press. Editors: R. Lal, B. A. Stewart. 2015. P. 37–72. DOI: 10.1201/b18759-3.

24. U. S. Government Accountability Office. Precision Agriculture: Benefits and Challenges for Technology Adoption and Use. *Full report GAO-24-105962*. 2024. P. 1–80. <https://www.gao.gov/products/gao-24-105962>.

25. Usowicz B. & Lipiec J. Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. *Soil and Tillage Research*. 2017. Vol. 174: 241–250. doi.org/10.1016/j.still.2017.07.015.

26. Variability of soil properties in an intensively cultivated experimental field / B. Galka et al. *Soil Science Annual*. 2016. Vol. 67. No. 1. P. 10–16. DOI: 10.1515/ssa-2016-0002.

14. Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition / D. Coskun et al. *Nat. Plants*. 2017. 3: 17074. DOI: 10.1038/nplants.2017.74.

15. Precision Agriculture Technologies Positively Contributing to GHG Emissions Mitigation, Farm Productivity and Economics / A. Balafoutis et al. 2017. *Sustainability*. 2017. 9, 1339. <https://doi.org/10.3390/su9081339>.

16. Precision Agriculture Techniques and Practices: From Considerations to Applications / U. Shafi et al. *Sensors* 2019, 19 (17), 3796. <https://doi.org/10.3390/s19173796>.

17. Precision Agriculture: Terms And Definitions. 2015. URL: <https://www.globalagtechinitiative.com/market-watch/precision-agriculture-terms-and-definitions/>.

18. Protocol for multivariate homogeneous zone delineation in precision agriculture / M. A. Córdoba et al. *Biosyst. Eng.* 2016, 143, 95–107. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2015.12.008.

19. Rodrigues M. S. & Cora J. E. Management zones using fuzzy clustering based on spatial-temporal variability of soil and corn yield. *Engenharia Agrícola*. 2015. 35. 470–483. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p470-483/2015.

20. Singh B., Caughman W. & Park D. Precision Agriculture-based Soil Sampling Strategies. *Land-Grant Press by Clemson Extension*. 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.29242.41921.

21. Spatial variability of physical and chemical soil properties in a field and commune scale / B. Usowicz et al. *Acta Agrophys.* 2004. 3 (103), 1–90. <http://www.acta-agrophysica.org/pdf-145930-71946?filename=Spatial%20variability%20of.pdf>.

22. Stakeholder Perspectives to Prevent Soil Organic Matter Decline in Northeastern Italy / N. D. Ferro et al. 2020. *Sustainability*. 2020, 12 (1). 378. DOI: 10.3390/su12010378.

23. Stoorvogel J. J., Kooistra L. & Bouma J. Managing Soil Variability at Different Spatial Scales as a basis for precision agriculture. In book: *Soil-Specific Farming: Precision Agriculture*; Edition: *Advances In Soil Science*. Chapter: 2. Publisher: CRC Press. Editors: R. Lal, B. A. Stewart. 2015. P. 37–72. DOI: 10.1201/b18759-3.

24. U. S. Government Accountability Office. Precision Agriculture: Benefits and Challenges for Technology Adoption and Use. *Full report GAO-24-105962*. 2024. P. 1–80. <https://www.gao.gov/products/gao-24-105962>.

25. Usowicz B. & Lipiec J. Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. *Soil and Tillage Research*. 2017. Vol. 174. P. 241–250. doi.org/10.1016/j.still.2017.07.015.

26. Variability of soil properties in an intensively cultivated experimental field / B. Galka et al. *Soil Science Annual*. 2016. Vol. 67. No. 1. P. 10–16. DOI: 10.1515/ssa-2016-0002.

27. Ward, R. C. (n.d.). Figure 3–1: Four Relationships between Broadcast and Band Phosphorus. In Ward Guide. Ward Laboratories. Retrieved February 16, 2025. P. 80–81. <https://www.wardlab.com/>.

28. Zarco-Tejada P.J., Hubbard N., Loudjani P. Precision Agriculture: An Opportunity for E. U. Farmers – Potential Support with the CAP 2014–2020. Joint Research Centre (JRC) of the European Commission, Monitoring Agriculture Resources (MARS) Unit H04. 2014. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL-AGRI_NT\(2014\)529049](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL-AGRI_NT(2014)529049).

27. Ward, R. C. (n.d.). Figure 3–1: Four Relationships between Broadcast and Band Phosphorus. In Ward Guide. Ward Laboratories. Retrieved February 16, 2025. P. 80–81. <https://www.wardlab.com/>.

28. Zarco-Tejada P.J., Hubbard N., Loudjani P. Precision Agriculture: An Opportunity for E. U. Farmers – Potential Support with the CAP 2014–2020. Joint Research Centre (JRC) of the European Commission, Monitoring Agriculture Resources (MARS) Unit H04. 2014. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL-AGRI_NT\(2014\)529049](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL-AGRI_NT(2014)529049).

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-2

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.11:631.811.631.58

**ХАРАКТЕРИСТИКИ НАКОПИЧЕННЯ Ca ТА Mg
В СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ «ГРУНТ – ПШЕНИЦЯ ОЗИМА»
ЗА УМОВ БІОЛОГІЗОВАНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ****О. Л. Дубицький, А. О. Дубицька**

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

Про авторів:

Олександр ДУБИЦЬКИЙ,
кандидат біологічних наук
ORCID: 0000-0002-8293-4119

Ангеліна ДУБИЦЬКА,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-5685-0237

Для листування:

Олександр ДУБИЦЬКИЙ
e-mail: dubytskyoleksandr@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія
аграрних наук України

Отримано:
22 вересня 2025 р.
Погоджено до друку:
11 грудня 2025 р.
Опубліковано:
30 грудня 2025 р.

Одним із важливих напрямків розвитку сучасного землеробства є використання біологізованих систем удобрення, скомпонованих на базі соломи сільськогосподарських культур, зокрема гороху, з додаванням біоефекторів (біостимулятор, гумусне, мікробіологічне добрива) або хелатного добрива. Метою досліджень було вивчення характеристик накопичення макроелементів Ca і Mg в складових системи «грунт – пшениця озима» за умов біологізованих систем удобрення. У дослідженнях використано польові та лабораторно-аналітичні методи. Застосування $N_{30}P_{45}K_{45}$ на фоні соломи гороху з додаванням біостимулятора та гумусного добрива в найбільшій мірі демонструвало сучасні підходи до технологій управління родючістю сірих лісових ґрунтів на основі принципів екологічної безпеки. Така система забезпечила найвищий сумарний вміст Ca і Mg у ґрунті в фазі трубкування – 4,98 мг-екв/100 г ґрунту, що супроводжувалось помітним підлужненням ґрунтового розчину. Серед вивчених біологізованих систем удобрення, поєднання соломи гороху + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + гумусне добриво було найефективнішим напрямком посилення процесів накопичення Ca та Mg у верхніх листках пшениці. Застосування мікробіологічних добрив на фоні соломи + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + біостимулятор створювало можливості для оптимізації біологічних механізмів живлення рослин, забезпечивши вміст Ca і Mg у верхніх листках у фазу трубкування на рівні 3,92 г/кг сирої речовини. У ході досліджень з'ясовані особливості макроелементного складу зерна пшениці озимої (Ca, Mg) за біологізованих систем удобрення. Найвищий рівень їх вмісту мав місце за умов використання гумусного або мікробіологічного добрива та біостимулятора.

Ключові слова: біологізовані системи удобрення, пшениця озима, ґрунт, верхні листки, зерно, Ca і Mg.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Дубицький О. Л., Дубицька А. О., 2025

The characteristics of Ca and Mg accumulation in the components of the "soil – winter wheat" system in the conditions of the biologized fertilizer systems

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

About authors:

Alexander DUBYTSKYI
ORCID: 0000-0002-8293-4119

Anhelina DUBYTSKA
ORCID: 0000-0002-5685-0237

For corresponding:

Alexander DUBYTSKYI
e-mail: dubytskyoleksandr@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

September 22, 2025

Accepted:

December 11, 2025

Published:

December 30, 2025

One of the important areas of modern agriculture development is the use of biologized fertilizer systems, composed on the basis of agricultural crop straw, in particular peas, with the addition of bioeffectors (biostimulator, humic, microbiological fertilizers) or chelate fertilizer. The aim of the research was to study the characteristics of accumulation of macroelements Ca and Mg in the components of the "soil – winter wheat" system in the conditions of biologized fertilizer systems. The research used field and laboratory-analytical methods. The use of $N_{30}P_{45}K_{45}$ on the background of pea straw with the addition of a biostimulant and humus fertilizer demonstrated to the greatest extent modern approaches to fertility management technologies of gray forestal soils based on the principles of environmental safety. This system provided the highest total content of Ca and Mg in the soil in the jointing stage – 4.98 mg-eq/100 g of soil, which was accompanied by a noticeable alkalization of the soil solution. Among the studied biologized fertilization systems, the combination of pea straw + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + humus fertilizer was the most effective in enhancing the processes of Ca and Mg accumulation in the upper leaves of wheat. The use of microbiological fertilizers on the background of straw + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + biostimulant created opportunities for optimizing the biological mechanisms of plant nutrition, ensuring the content of Ca and Mg in the upper leaves in the jointing stage at the level of 3.92 g/kg of dry matter. During the studies, the features of the macroelement composition of winter wheat grain (Ca, Mg) were determined in the conditions of biologized fertilizer systems. The highest level of their content occurred by using humus or microbiological fertilizer and a biostimulant.

Keywords: biologized fertilizer systems, winter wheat, soil, upper leaves, grain, Ca and Mg.

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

Вступ. Сучасне сільське господарство стикається з низкою критичних викликів включаючи повсюдну деградацію ґрунтів, виснаження органічної речовини, зростаючий екологічний вплив інтенсивних хімічних засобів, які спрацьовують на погіршення поживного режиму, зокрема підкислення ґрунту, а відтак нестачу Ca і Mg – макроелементів, які мають вагоме значення в житті рослин [19] особливо для пшениці озимої забезпечуючи метаболізм, фотосинтез. Перехід від конвенційного до сталого сільського господарства є не тільки екологічним вибором, а економічною необхідністю [5, 8]. В цьому контексті запровадження екологізованих або біологізованих елементів землеробства,

зокрема системи удобрення з вмістом соломи зернових або бобових здатне спричинити значні позитивні зміни у властивостях ґрунту та біопродуктивності пшениці озимої [2, 3, 10, 11].

Солома бобових, зокрема, гороху є багата на вміст Ca (11,92 г/кг) та Mg (1,92 г/кг) і є хорошим субстратом для поповнення ґрунту даними макроелементами [7, 12]. Крім того, в соломі є достатня кількість целюлози, геміцелюлози, хітину [15, 24], що стає хорошим джерелом вуглецю в ґрунті [22].

Стратегічне заорювання соломи бобових як самостійно, так і в поєднанні з NPK забезпечують сприятливі зміни у ключових властивостях ґрунту, зокрема, покращується його поживний режим і

підвищується pH_{KCl} ґрунту, що є ключовим і здатне підвищити рівень Ca та Mg в ґрунті [1, 21, 27] поліпшити мікробіологічні процеси.

Своєю чергою ці покращені ґрунтові умови позитивно впливають на ріст та розвиток рослин [24, 27] і здатні спричинити комплексні покращення біопродуктивності та якості зерна [16, 21, 22, 28]. Це охоплює збільшення вмісту Ca та Mg, вуглецю, сухої речовини у прапорцевому та передпрапорцевому листках, а також покращення фотосинтетичних процесів [6, 14]. Дія заорювання соломи або соломи + NPK потенційно може бути модифікована та посилена за допомогою біостимуляторів, мікробіологічних та гумусних добрив, а також хелатних.

Біостимулятори, до складу яких входять екстракти морських водоростей та мікроорганізми, гідролізати білків стимулюють процеси живлення, толерантність до абіотичних стресів та якісні ознаки врожаю зернових [13, 17, 29, 30].

Біодобрива, зокрема мікробіологічні, які містять мікробні культури можуть збільшувати доступність поживних речовин та як наслідок ріст рослин і покращувати якість зерна [4, 9]. Позакореневе застосування хелатних добрив в посівах пшениці озимої це внесення добрив на листя, колос, стебло, це безпечний засіб підвищення продуктивності та якості врожаю в межах 9–29 % [25, 29].

Польські дослідження подають кількісні оцінки внесення мікроелементів (ХД), що забезпечувало 18 % збільшення врожаю пшениці; це еквівалентно 1,39 т/га, та збільшення вмісту білка в зерні на 8 %.

Щодо вмісту Ca та Mg в зерні пшениці, то наявність Mg в зерні є відчутно більша Ca, що формує співвідношення Ca : Mg менше одиниці [19]. Достатня кількість Mg забезпечує хороші показники озерненості колоса, масу 1000 зерен [20]. Стимулятори росту та хелатні добрива

сприяють збільшенню макроелементів в зерні, однак внаслідок "ефекту розведення врожаю" вміст вказаних елементів може мати зворотний зв'язок з урожайністю.

Таким чином аналізуючи роль Ca і Mg в ґрунті за умов біологізованих систем удобрення та їх дію на вміст елементів у верхніх листках пшениці озимої та в зерні метою досліджень є вивчення характеристики накопичення Ca і Mg в складових системи: ґрунт – пшениця озима.

Матеріали і методи. Дослідження проводили протягом 2018–2020 рр. в польових умовах з вивчення продуктивності сівозмін на дослідному полі Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Ставчани Львівського району Львівської області). Дослід – мікроділяночний, площа ділянки – 1 м², відстань між ділянками – 1 м, повторність – 6-разова. Схема дослідів наступна: 1) контроль (без добрив); 2) солома гороху; 3) солома гороху + N₃₀P₄₅K₄₅; 4) солома гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС (біологічний стимулятор); 5) солома гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС + ГД (гумусне добриво); 6) солома + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС + МД (мікробіологічне добриво); 7) солома гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + ХД (хелатне добриво). Польові дослідження проводили з пшеницею озимою (*Triticum aestivum*) сорту Бенефіс. Маса приораної соломи гороху під пшеницю озиму становила 2,5 т/га.

Дослідні системи удобрення були скомпоновані на базі соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ з додаванням біостимулятора, гумусного, мікробіологічного або хелатного добрив. Характеристику препаратів наведено нижче:

Біостимулятор – терра-сорб. Склад препарату: 25 % – загальна кількість органічних речовин, 20 % – амінокислоти, загальна кількість азоту – 5,5 %, В – 1,5 %, Fe – 1,0 %, Mg – 0,8 %, Zn і Mn – по 0,1 %, Мо – 0,001 %.

Гумусне добриво екоімпульс являє собою концентрований водний розчин солей гумінових кислот, склад: масова частка органічних речовин – 43,5 %, масова

частка золи – 56,5 %. Препарат підвищує родючість ґрунту, покращує екологічний стан – зв'язує продукти техногенного забруднення, запобігає нагромадженню нітратів в рослинній продукції, активізує дозрівання.

Мікробіологічне добриво екоґрунт, склад якого містить мікроорганізми *Bacillus subtilis*, *Rhodococcus erythropolis* в кількості 1000 млн шт./г.

Хелатне добриво розасоль 18-18-18 + 125 + МЕ. До його складу входить: N, P, K – 18 %; B – 128; Mn – 400; Cu – 94; Fe – 325 і Zn – 287 мг/100 г. Мікроелементи, крім бору знаходяться в хелатній формі з ЕДТА. Препарат забезпечує рівномірний розвиток культури та наростання вегетативної маси; підвищення стійкості рослин до температурних стресів і хвороб, ефективний на ґрунтах з кислим рН.

Препарати використовували наступним чином: біостимулятором (БС) терра-сорб обробляли посіви пшениці озимої в фазах весняного кущення та виходу в трубку – 0,5 л/га; гумусне добриво (ГД) – екоімпульс вносили на відповідні ділянки з осені при загортанні соломи гороху – доза 3,0 л/га; мікробіологічне добриво (МД) вносили в дозі 3,0 л/га між фазою весняного кущення і виходу в трубку; хелатне добриво (ХД) вносили в фазі виходу в трубку в дозі 3,0 кг/га.

Ґрунт дослідних ділянок – сірий лісовий поверхнево оглеєний, легкосуглинковий. Проведено визначення фізико-хімічних та агрохімічних показників ґрунту перед закладкою досліду: рН_{KCl} – 4,85, гідролітична кислотність Нг – 2,58 мг-екв/100 г ґрунту, сума увібраних основ САВ – 4,5 мг-екв/100 г ґрунту, вміст легкогідролізного азоту – 98,0 мг/кг ґрунту, доступного фосфору й обмінного калію (0,2 н HCl) – 108 та 87 мг/кг ґрунту відповідно; рівень загального гумусу за Тюрнімом в модифікації Нікітіна – 2,1 %.

Кліматичні умови за роки проведення досліджень (2018–2020 рр.) мали свої особливості. Характеризувались

перепадами температурного режиму та різкі зміни кількості опадів, особливо в весняно-літній періоді. У 2019 р. максимальна кількість опадів випала в травні, а у 2020 р. в червні на фоні підвищення температури повітря на 0,9–1,6 °С, порівняно з середнім багаторічним. Умови вегетації рослин пшениці озимої були цілком задовільними, дозрівання культур проходило в оптимальних умовах.

Відбір зразків ґрунту (глибина 0–30 см) з дослідних варіантів, та їх підготовку до лабораторно-аналітичних робіт здійснювали згідно з ДСТУ ISO 11464-2001. В отриманих зразках ґрунту визначали рН_{KCl} потенціометрично (згідно з ДСТУ ISO 10390-2001), вміст обмінних форм кальцію та магнію – тригонометричним методом (згідно з ДСТУ 7945:2015). Вміст Са та Mg в листках і зерні – атомно-абсорбційним методом за допомогою спектрофотометра.

Результати та обговорення.

Встановлено, що застосування біологізованих систем удобрення (БСУ) за вирощування пшениці озимої зумовило зміну вмісту рухомих форм кальцію та магнію в ґрунті, верхніх листках пшениці озимої, зерні.

За вказаних умов стан ґрунтового вбирного комплексу покращився і значною мірою це обумовлено використанням соломи гороху, яка містить у своєму складі 11,6 г/кг Са і 1,86 г/кг Mg. Рівень вказаних макроелементів у варіанті заораної соломи становив 3,92–0,57 мг-екв/100 г ґрунту і сприяв підлучено ґрунту.

За внесення соломи на фоні N₃₀P₄₅K₄₅ спостерігалась тенденція збільшення актуальної кислотності (рН_(KCl)) до рівня 5,12 одиниць, що обумовлено інтенсивним розкладом соломи та вивільненням Са і Mg у ГВК, які відповідно стримували підкислення ґрунту.

Дія приораної соломи або соломи з NPK на ґрунт та рослини потенційно модифікована в напрямку посилення за допомогою біостимулятора, гумусного та мікробіологічного добрив, а також

хелатного. Варіант 4 з використанням біостимулятора на фоні соломи NPK сприяв пом'якшенню стресу рослин, покращенню росту, однак вміст Ca та Mg за цих умов виявився близьким до варіанту 3 (солома + NPK). Не було відмічено ефекту системи з використанням БС на кальцій-магнієвий режим ґрунту. Використання ГД на фоні соломи + NPK + БС сприяло активізації мікробної діяльності ґрунту, покращенню гумусного стану. Своєю чергою це сприяло підвищенню вмісту Ca та Mg в ґрунті до величини: 4,1 та 0,79 мг-екв/100 г ґрунту (табл. 1). Для посилення екологізації в умовах України використання рідкого гумусного добрива SMART на основі гумінових речовин покращує кальцій-магнієве живлення

томатів і підвищує їх врожайність, що вказує на позитив використання таких добрив, які можуть стати складовими у “технологіях майбутнього”. Внесення мікробіологічного (мікробного добрива), яке містить у своєму складі (гриби, бактерії) на фоні (солома + NPK + БС) вар. 6 забезпечило рівень суми вмісту Ca + Mg – 4,93 мг-екв/100 г ґрунту, що суттєво не відрізнялось від значення у варіанті 5. На фоні використання хелатного добрива + солома гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ певною мірою зменшилась кількість Ca та Mg в ґрунті (табл. 1). Не виключено, що останнє може бути зумовлено реутилізацією цих елементів у верхніх листках пшениці озимої.

1. Вплив БСУ на вміст кальцію та магнію в ґрунті під пшеницею озимою, мг-екв/100 г ґрунту

№ вар.	Системи удобрення	Трубкування			Молочно-воскова стиглість			pH _(KCl)
		Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	
1	Контроль (без добрив)	3,81	0,51	4,32	3,70	0,43	4,13	4,90
2	Солома гороху (г.)	3,92	0,57	4,49	3,77	0,46	4,23	5,08
3	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	4,03	0,72	4,75	3,65	0,57	4,22	5,12
4	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + БС	4,10	0,74	4,84	3,70	0,60	4,30	5,10
5	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + БС + ГД	4,19	0,79	4,98	3,88	0,63	4,51	5,16
6	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + БС + МД	4,17	0,76	4,93	3,76	0,61	4,37	5,11
7	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + ХД	3,90	0,73	4,63	3,80	0,70	4,50	5,10

Заорювання соломи впливає на pH ґрунту та доступність поживних речовин, це опосередковано впливає на вміст кальцію та магнію в верхніх листках рослин пшениці озимої, які є вкрай важливими для оптимального росту культури та її продуктивності. У житті рослинного організму ці елементи відіграють важливу роль. Вони входять до складу протоплазми, забезпечують її в'язкість та стійкість, відповідають за рівень pH рослинного соку, входять до складу життєво необхідних ферментів для росту та розвитку рослин.

слід вказати на наявність магнію, елементу, який необхідний для фотосинтезу рослин. Прапорцевий та передпрапорцевий листки є основними функціональними листками для фотосинтетичних процесів, впливаючи таким чином на налив колоса та відповідно врожайність культури.

Біологізовані системи удобрення проявили різноспрямований вплив на вміст Ca та Mg в верхніх листках пшениці озимої. Так, в контрольному варіанті у фазі трубкування їх вміст був найменшим (табл. 2).

2. Вплив БСУ на накопичення кальцію та магнію у верхніх листках пшениці озимої, г/кг сирової речовини

№ вар.	Системи удобрення	Mg		Ca	
		I*	II	I	II
1	Контроль (без добрив)	2,25	1,88	0,67	0,52
2	Солома гороху (г.)	2,51	1,93	0,78	0,63
3	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	2,70	2,38	0,87	0,67
4	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + БС	2,88	2,43	0,96	0,87
5	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + БС + ГД	2,92	2,55	1,08	0,82
6	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + БС + МД	2,90	2,60	1,02	0,80
7	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + ХД	2,76	2,74	0,96	0,77

*Примітка: I – фаза трубкування; II – фаза молочно-воскової стиглості.

Заорювання лише соломи гороху сприяло підвищенню даних елементів до рівня 0,78 та 2,51 мг/кг. Сумісне використання соломи з мінеральними добривами N₃₀P₄₅K₄₅ сприяло збільшенню вмісту Ca і Mg у верхніх листках пшениці озимої, оскільки покращення умов росту рослин обумовило більшу потребу в згаданих вище макроелементах. У фазі трубкування їх вміст становив 0,87 та 2,70 мг/кг. Додавання біостимулятора (БС) до (солома + N₃₀P₄₅K₄₅) варіанту 4 значно стимулювало ріст рослин, оскільки цей препарат у своєму складі має готові макроелементи (Ca і Mg), які сприяють нагромадженню їх у верхніх листках пшениці озимої до рівня 2,88 мг/кг. Аналогічними дослідженнями (позакоренева обробка посівів пшениці озимої стимуляторами росту, або ретардантами (терпал, мед кас топ) забезпечувала підвищення врожайності пшениці озимої. Використання системи удобрення з вмістом гумусного добрива, яке здатне адсорбувати Ca та Mg з ґрунту та покращувати його мікробіологічний стан забезпечило відчутне підвищення вмісту Ca та Mg до рівня 2,92 (Mg) та 1,08 (Ca) г/кг сирової речовини.

Додавання біодобрива, а саме мікробіологічного на фоні соломи та N₃₀P₄₅K₄₅ + БС покращило кальцій-магнієве живлення рослин пшениці. Відповідно вміст елементів у листках виявився на рівні 2,90 та 1,02 г/кг.

Автори цієї праці спостерігали зниження вмісту макроелементів у верхніх

листках за умов системи удобрення сьомого варіанту, де використовується ХД для обробки рослин. Очевидно, що дія даного мікродобрива на рослини стимулювала ріст стебла та колоса, зумовлюючи таким чином, атрагування ними Ca та Mg з решти частин рослини, в тому числі верхніх листків. Своєю чергою, це могло спричинити зменшення вмісту Ca і Mg у зазначених частинах рослини.

Таким чином використання БСУ за вирощування пшениці озимої загалом, позитивно вплинуло на накопичення макроелементів (Ca і Mg) в верхніх листках рослин. Слід відзначити, що варіант з додаванням БС та ГД виявився найбільш ефективним щодо нагромадження елементів, вміст яких виявився найвищим. До кінця вегетації в результаті росту та розвитку рослин за умов старіння вміст Ca і Mg в верхніх листках зменшувався в середньому на 17–29 %.

За результатами визначення вмісту кальцію та магнію у зразках (зерно) пшениці озимої, з'ясовано, що БСУ вплинули на величину їх вмісту. Особливо показово це виявлено за присутності біоефекторів. Обробка рослин біостимулятором (вар. 4) забезпечила відчутне зростання Ca та Mg в зерні (табл. 3). Разом з тим внесення додатково гумусного добрива викликало ще більший приріст вмісту цих макроелементів (табл. 3). Використання МД або ХД призводило до дещо меншого вмісту неорганічних елементів в зерні, порівняно з 5 варіантом.

3. Вплив БСУ на накопичення макроелементів в зерні пшениці озимої, г/кг повітряно сухої речовини

№ вар.	Системи удобрення	Mg	Ca
1	Контроль (без добрив)	0,47	0,04
2	Солома гороху (г.)	0,56	0,05
3	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	0,73	0,07
4	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + БС	0,77	0,08
5	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + БС + ГД	0,93	0,11
6	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + БС + МД	0,85	0,09
7	Солома г. + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + ХД	0,82	0,08

Таким чином найбільший вміст Ca та Mg в зерні за дії БСУ з використаними біоефекторами (БС, ГД, МД), що свідчить про покращення технологічної цінності зерна пшениці за таких умов.

Висновки. Використання біологізованих систем удобрення з вмістом соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ та за дією біоефекторів (біостимулятор, гумусне, мікробіологічне) та хелатне добрива формують сприятливе ґрунтове середовище, що посилює ріст та розвиток пшениці озимої, забезпечуючи покращення якості врожаю.

Дослідження підтверджують, що застосування БС та ГД на фоні соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ забезпечило вміст суми кальцію та магнію в ґрунті на рівні 4,98 мг-екв/100 г ґрунту у фазі молочно-воскової стиглості, що супроводжувалось відчутним підлуженням ґрунту до рівня 5,16 одиниць, що на 6–7 % більше ніж в контрольному варіанті.

Список використаної літератури

1. Агрохімічні властивості сірого лісового ґрунту залежно від вапнування та різних систем удобрення / М. А. Ткаченко та ін. *Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства НААН"*. 2016. Вип. 3–4. С. 3–11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znzpzeml_2016_3-4_3 (дата звернення: 27.08.2025).
2. Бордюжа Н. П. Вплив удобрення на акумуляцію макроелементів рослинами різних сортів пшениці озимої у Правобережному Лісостепу. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2014. Вип. 195 (1). С. 27–33.
3. Використання органічних ресурсів для відтворення родючості ґрунтів в умовах Черкащини / О. В. Демиденко та ін. *Землеробство*. 2017. Вип. 1. С. 54–61. URL:

Біологізовані системи удобрення з наявністю біоефекторів (БС, ГД, МД) виявили позитивний вплив на вміст Ca + Mg у верхніх листках пшениці озимої, який був на рівні 3,79–4,10 г/кг.

Найефективнішими у процесах накопичення Ca і Mg в зерні пшениці озимої були органо-мінеральні системи на базі: солома гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ з додаванням біоефекторів. Присутність ХД в композиції системи призвела до зменшення Ca + Mg в верхніх листках пшениці озимої та в зерні культури.

Експериментальні дослідження в напрямку з'ясування співвідношення характеристик накопичення, зокрема Ca і Mg в елементах системи "ґрунт-рослина" у перспективі важливо доповнити аналізом вмісту і розподілу зазначених макроелементів у інших складових рослин (наприклад: стебло, вузол кушення тощо).

References

1. Agrochemical properties of gray forestal soil depending on liming and various fertilization systems / M. A. Tkachenko et al. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovooho tsentru "Instytut zemlerobstva NAAN"*. 2016. Issue 3–4. P. 3–11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znzpzeml_2016_3-4_3 (access date: 27.08.2025).
2. Bordiuzha N. P. The influence of fertilizer on the accumulation of macrolelements by plants of different varieties of winter wheat in the Right-Bank Forest-Steppe. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia: Ahronomiia*. 2014. Issue 195 (1). P. 27–33.
3. Use of organic resources for the reproduction of soil fertility in the conditions of the Cherkasy region / O. V. Demydenko et al. *Zemlerobstvo*. 2017. Issue 1. P. 54–61. URL:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2017_1_12
(дата звернення: 27.08.2025).

4. Вплив добрив у сівозміні на родючість ґрунту і продуктивність культур / С. Е. Дегодюк та ін. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. 2010. Київ : ВД “ЕКМО”. Вип. 4. С. 3–10.

5. Дегодюк С. Е., Дегодюк Е. Г., Пипчук Н. М. Формування потенційної родючості сірого лісового ґрунту за інтенсивного і органічного вирощування кукурудзи. *Землеробство*. 2020. Вип. 1. С. 55–68. URL: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2020/12/zemlerobstvo-1-98-2020.pdf> (дата звернення: 25.08.2025).

6. Дзєндзель А. Ю. Фізіологічні основи регуляції росту та продуктивності помідора їстівного (*Lycopersicon esculentum* Mill.) за впливу органо-мінеральних добрив : дис. ... д-ра філософії 091 : 09. Тернопіль, 2022. 205 с. URL: https://tnpu.edu.ua/naukova-robota/documents-download/razovi_rady/Dis_Dzendzel_A.pdf (дата звернення: 25.08.2025).

7. Зміни елементного складу рослин пшениці озимої за дії Мегафолу та ретардантів / І. М. Мірошніченко та ін. *Regulatory mechanisms in biosystems*. 2017. Т. 3. № 8. С. 403–409.

8. Польовий В. М., Ященко Л. А. Оптимізація умов вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті за удобрення і вапнування в західному Поліссі України. *Publishing House “Baltija Publishing”*. 2021. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-086-5-38> (дата звернення: 25.08.2025).

9. Рязанова М. Є. Застосування фунгіцидів на початкових фазах розвитку як можливий фактор впливу на елементний склад рослин. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції: “IV осінні наукові читання”; 1 частина (м. Київ, 12 жовт. 2015 р.). Київ, 2015. С. 43–47. URL: https://elibrary.kubg.edu.ua/10970/1/Kiev_october_2015_part1.pdf#page=43 (дата звернення: 06.08.2025).

10. Самохвалова В. С. Макроелементи рослин за впливу надлишку важких металів у системі ґрунт–рослина. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2009. Вип. 50. С. 164–176. URL: <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/biology/article/view/9163/9134>. (дата звернення: 01.08.2025).

11. Тараріко О. Г. Біологізація та екологізація ґрунтозахисного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 10. С. 5–9.

12. Ткаченко М., Борис Н. Оптимізація живлення сільськогосподарських культур за фізико-хімічної деградації кислих ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2021. Т. 99. № 1. С. 15–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-02>.

13. Швартау В. В., Михальська Л. М., Маковейчук Т. І. Вміст мікроелементів у рослинах озимої пшениці за дії ретардантів. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т. 50. № 6. С. 474–483. DOI: <https://doi.org/10.15407/frag2018.06.474>.

http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2017_1_12
(access date: 27.08.2025).

4. The impact of fertilizers in crop rotation on soil fertility and crop productivity / S. E. Dehodiuk et al. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru Instytut zemlerobstva NAAN*. 2010. Kyiv : VD “EKMO”. Iss. 4. P. 3–10. (access date: 20.08.2025).

5. Dehodiuk S. E., Dehodiuk E. H., Pypchuk N. M. Formation of potential fertility of gray forest soil with intensive and organic cultivation of corn. *Zemlerobstvo*. 2020. Issue 1. P. 55–68. URL: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2020/12/zemlerobstvo-1-98-2020.pdf> (access date: 25.08.2025).

6. Dzendzel A. Yu. Physiological bases for the regulation of growth and productivity of edible tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under the influence of organomineral fertilizers : dys. ... d-ra filosofii 091 : 09. Ternopil, 2022. 205 p. URL: https://tnpu.edu.ua/naukova-robota/documents-download/razovi_rady/Dis_Dzendzel_A.pdf (access date: 25.08.2025).

7. Changes in the elemental composition of winter wheat plants under the influence of Megafol and retardants / I. M. Miroshnychenko et al. *Regulatory mechanisms in biosystems*. 2017. Vol. 3. No. 8. P. 403–409.

8. Poliovyi V. M., Yashchenko L. A. Optimization of winter wheat growing conditions on sod-podzolic soil with fertilization and liming in the western Polissia of Ukraine. *Publishing House “Baltija Publishing”*. 2021. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-086-5-38> (access date: 25.08.2025).

9. Riazanova M. Ye. The use of fungicides in the initial stages of development as a possible factor influencing the elemental composition of plants. *Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii: “IV osinni naukovy chytannia”; 1 chastyna* (m. Kyiv, 12 zhovt. 2015 r.). Kyiv, 2015. P. 43–47. URL: https://elibrary.kubg.edu.ua/10970/1/Kiev_october_2015_part1.pdf#page=43 (access date: 06.08.2025).

10. Samokhvalova V. S. Macroelements of plants under the influence of excess heavy metals in the soil-plant system. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya biolohichna*. 2009. Issue 50. P. 164–176. URL: <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/biology/article/view/9163/9134>. (access date: 01.08.2025).

11. Tarariko O. H. Biologization and ecologization of soil conservation agriculture. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 1999. No. 10. 5–9.

12. Tkachenko M., Borys N. Optimization of crop nutrition during physicochemical degradation of acidic soils. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2021. Vol. 99. No. 1. P. 15–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-02>.

13. Shvartau V. V., Mykhalska L. M., Makoveichuk T. I. Microelement content in winter wheat plants under the influence of retardants. *Fiziologiya rasteniy i*

14. Foliar nutrition: potential and challenges under multifaceted agriculture / M. Ishfaq et al. *Environmental and experimental botany*. 2022. V. 200. Article number 104909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104909>.
15. Interaction of lime application and straw retention on ammonia emissions from a double-cropped rice field / P. Liao et al. *Agriculture, ecosystems & environment*. 2023. V. 344. Article number 108309. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108309>.
16. Mineral composition of soil and the wheat grain in intensive and conservation cropping systems / Ž. Dolijanović et al. *Agronomy*. 2022. V. 12, No. 6. P. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061321>.
17. Monitoring of changes in the macro-and micro-element and heavy metal / M. M. Özcan et al. *Arch lebensmittelhyg.* 2024. V. 75. P. 106–111. <https://doi.org/10.53194/0003-925X-75-106>.
18. Nutrients and their importance in agriculture crop production: a review / M. Toor et al. *Indian journal of pure & applied biosciences*. 2021. V. 9. No. 1. P. 1–6. DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2582-2845.8527>.
19. Ostrowska A., Porębska G. The content of calcium and magnesium and the Ca:Mg ratio in cultivated plants in the context of human and animal demand for nutrients. *Journal of elementology*. 2017. V. 22. No. 3. P. 995–1004. DOI: <https://doi.org/10.5601/jelem.2016.21.4.1246>.
20. Physiological essence of magnesium in plants and its widespread deficiency in the farming system of China / M. Ishfaq et al. *Frontiers in plant science*. 2022. V. 13. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.802274>.
21. Plant availability of magnesium in typical tea plantation soils / Q. Zhang et al. *Frontiers in plant science*. 2021. V. 12. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.641501>.
22. Saito S., Uozumi N. Calcium-regulated phosphorylation systems controlling uptake and balance of plant nutrients. *Frontiers in plant science*. 2020. V. 11. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00044>.
23. Sasmal D., Khatun A., Bhattacharya P. Unlocking the potential: harnessing secondary nutrients for enhanced crop yield and environmental sustainability / Ed. T. Sarkar, S. Sengupta. New Delhi, 2024. P. 35–44. DOI: <https://doi.org/10.22271/ed.book.2965>.
24. Soil and leaf potassium, calcium and magnesium in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantations grown on three different soils of India: status, stoichiometry and relations / S. K. Behera et al. *Industrial crops and products*. 2021. V. 168. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113589>.
25. Straw return enhances the risks of metals in soil? / Y. Su et al. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2021. V. 207. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111201>.
26. Takamoto A., Takahashi T., Togami K. Effect of changes in the soil calcium-to-magnesium ratio by calcium application on soybeans, *Glycine max* (L.) Merr., growth. *Soil science and plant nutrition*. 2021. *genetika*. 2018. Vol. 50. No. 6. P. 474–483. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2018.06.474>.
14. Foliar nutrition: potential and challenges under multifaceted agriculture / M. Ishfaq et al. *Environmental and experimental botany*. 2022. Vol. 200. Article number 104909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104909>.
15. Interaction of lime application and straw retention on ammonia emissions from a double-cropped rice field / P. Liao et al. *Agriculture, ecosystems & environment*. 2023. V. 344. Article number 108309. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108309>.
16. Mineral composition of soil and the wheat grain in intensive and conservation cropping systems / Ž. Dolijanović et al. *Agronomy*. 2022. V. 12, No. 6. P. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061321>.
17. Monitoring of changes in the macro-and micro-element and heavy metal / M. M. Özcan et al. *Arch lebensmittelhyg.* 2024. V. 75. P. 106–111. <https://doi.org/10.53194/0003-925X-75-106>.
18. Nutrients and their importance in agriculture crop production: a review / M. Toor et al. *Indian journal of pure & applied biosciences*. 2021. V. 9. No. 1. P. 1–6. DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2582-2845.8527>.
19. Ostrowska A., Porębska G. The content of calcium and magnesium and the Ca:Mg ratio in cultivated plants in the context of human and animal demand for nutrients. *Journal of elementology*. 2017. V. 22. No. 3. P. 995–1004. DOI: <https://doi.org/10.5601/jelem.2016.21.4.1246>.
20. Physiological essence of magnesium in plants and its widespread deficiency in the farming system of China / M. Ishfaq et al. *Frontiers in plant science*. 2022. V. 13. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.802274>.
21. Plant availability of magnesium in typical tea plantation soils / Q. Zhang et al. *Frontiers in plant science*. 2021. V. 12. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.641501>.
22. Saito S., Uozumi N. Calcium-regulated phosphorylation systems controlling uptake and balance of plant nutrients. *Frontiers in plant science*. 2020. V. 11. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00044>.
23. Sasmal D., Khatun A., Bhattacharya P. Unlocking the potential: harnessing secondary nutrients for enhanced crop yield and environmental sustainability / Ed. T. Sarkar, S. Sengupta. New Delhi, 2024. P. 35–44. DOI: <https://doi.org/10.22271/ed.book.2965>.
24. Soil and leaf potassium, calcium and magnesium in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantations grown on three different soils of India: status, stoichiometry and relations / S. K. Behera et al. *Industrial crops and products*. 2021. V. 168. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113589>.

V. 67. No. 2. P. 139–149. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.2021.1872350>.

27. The course of physiological processes, yielding, and grain quality of hybrid and population wheat as affected by integrated and conventional cropping systems / M. Jańczak-Pieniążek et al. *Agronomy*. 2022. V. 12. No. 6. P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061345>.

28. The nutrient magnesium in soil and plant: a review / L. de Sousa Ferreira et al. *International journal of plant & soil science*. 2023. V. 35. No. 8. P. 136–144. DOI: <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2023/v35i82890>.

29. Wysocka K., Cacak-Pietrzak G., Sosulski T. Mineral concentration in spring wheat grain under organic, integrated, and conventional farming systems and their alterations during processing. *Plants*. 2025. V. 14. No. 7. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14071003>.

25. Straw return enhances the risks of metals in soil? / Y. Su et al. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2021. V. 207. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111201>.

26. Takamoto A., Takahashi T., Togami K. Effect of changes in the soil calcium-to-magnesium ratio by calcium application on soybeans, *Glycine max* (L.) Merr., growth. *Soil science and plant nutrition*. 2021. V. 67. No. 2. P. 139–149. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.2021.1872350>.

27. The course of physiological processes, yielding, and grain quality of hybrid and population wheat as affected by integrated and conventional cropping systems / M. Jańczak-Pieniążek et al. *Agronomy*. 2022. V. 12. No. 6. P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061345>.

28. The nutrient magnesium in soil and plant: a review / L. de Sousa Ferreira et al. *International journal of plant & soil science*. 2023. V. 35. No. 8. P. 136–144. DOI: <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2023/v35i82890>.

29. Wysocka K., Cacak-Pietrzak G., Sosulski T. Mineral concentration in spring wheat grain under organic, integrated, and conventional farming systems and their alterations during processing. *Plants*. 2025. V. 14. No. 7. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14071003>.

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-3

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.559:582.663:631.5(477.42)

**ВРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ АМАРАНТУ
ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
В УМОВАХ ПОЛІССЯ****В. В. Осадчук, В. В. Мойсієнко**

Поліський національний
університет
б-р Старий, 7, м. Житомир, 10008

Про авторів:

Василь ОСАДЧУК,
аспірант
ORCID: 0009-0000-4843-1449

Віра МОЙСІЄНКО,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0001-8880-9864

Для листування:
Віра МОЙСІЄНКО
e-mail: veraprof@ukr.net

Інформація про фінансування:
Міністерство освіти і науки
України

Отримано:
6 жовтня 2025 р.
Погоджено до друку:
20 жовтня 2025 р.
Опубліковано:
30 грудня 2025 р.

Результати досліджень і інтерпретація наукових матеріалів дає змогу стверджувати, що амарант є важливою олійною культурою, у насінні та олії якої містяться цінні біологічно активні речовини для використання у народній і науковій медицині. Експериментальні дослідження проводили в умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів ФГ «ОФендП» Звягельського району Житомирської області впродовж 2023–2025 рр. Рослини амаранту є надзвичайно пластичними, позитивно реагують на ґрунтові і погодні умови та удосконалення елементів технології вирощування. Установлено, що вегетаційні періоди 2023 та 2024 рр. були найбільш сприятливими для росту і розвитку рослин амаранту у фазах ВВСН 51–79. Різниця температур 2023 р. порівняно з 2025 р. у 1,5 °С значно вплинула на зниження врожаю у 2025 р. – до 0,53–0,81 т/га. Врожайність насіння у 2023 та 2024 рр. коливалася в межах від 0,60 до 0,91 т/га. Проведення звичайної оранки сприяло отриманню у сортів Лера та Студентський 0,78–0,86 т/га насіння, а мінімального обробітку – 0,58–0,66 т/га. Середня врожайність сортів Лера та Студентський за варіантами досліду знаходилася майже на однаковому рівні. Найбільшу врожайність насіння отримано за внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ і проведення позакореневого підживлення добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га на фоні оранки у обох сортів – 0,86 т/га, а за мінімального обробітку ґрунту – 0,65–0,66 т/га, що перевищує варіант $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон), без підживлення на 0,08 та 0,06–0,08 т/га. Маса 1000 насінин за позакореневого підживлення Фулвіт Баланс, 0,5 л/га на фоні оранки становила 0,80–0,81 г, а на фоні мінімального обробітку ґрунту – 0,78–0,80 г. Масова частка олії за оранки та позакореневого підживлення досягала у сорту Лера 6,50 %, а Студентський – відповідно 6,56 %, що перевищує контрольний варіант на 0,63 і 0,56 %. Масова частка олії у перерахунку на суху речовину за мінімального обробітку ґрунту зменшилася у сорту Лера до 6,19 %, а у насінні сорту Студентський цей показник становив 6,36 %, що перевищувало варіант $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) без підживлення відповідно на 0,59 і 0,74 %.

Ключові слова: амарант, обробіток ґрунту, сорти, удобрення, врожайність, маса 1000 насінин, масова частка олії.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Осадчук В. В., Мойсієнко В. В., 2025

Yield of amaranth seeds depending on cultivation technology elements in the conditions of Polissia

Polissia National University
7, Stryi Blvd, Zhytomyr, 10008

About authors:

Vasyl OSADCHUK
ORCID: 0009-0000-4843-1449

Vira MOISIENKO
ORCID: 0000-0001-8880-9864

For corresponding:

Vira MOISIENKO
e-mail: veraprof@ukr.net

Funding information:

Ministry of Education and Science of
Ukraine

Received:

October 6, 2025

Accepted:

October 20, 2025

Published:

December 30, 2025

The results of research and interpretation of scientific materials allow us to conclude that amaranth is an important oilseed crop, whose seeds and oil contain valuable biologically active substances for use in traditional and scientific medicine. Experimental studies were conducted on sod-podzolic loamy soils at the "OfendP" farm in the Zviagelskyi district of the Zhytomyr region during 2023–2025. Amaranth plants are extremely adaptable, responding positively to soil and weather conditions and improvements in cultivation techniques. It has been established that the growing seasons of 2023 and 2024 were the most favorable for the growth and development of amaranth plants in phases BBCH 51–79. The temperature difference between 2023 and 2025 of 1.5 °C significantly affected the yield in 2025, reducing it to 0.53–0.81 t/ha. Seed yield in 2023 and 2024 ranged from 0.60 to 0.91 t/ha. Conventional plowing resulted in yields of 0.78–0.86 t/ha for the Lera and Studentskyi varieties, while minimum tillage resulted in yields of 0.58–0.66 t/ha. The average yield of the Lera and Studentskyi varieties was almost the same across all experimental variants. The highest seed yield was obtained with the application of N₈₁P₄₀K₈₄ and foliar feeding with Fulvit Balance fertilizer, 0.5 l/ha, on the background of plowing in both varieties – 0.86 t/ha, and with minimal tillage – 0.65–0.66 t/ha, which exceeds the N₈₁P₄₀K₈₄ (background) variant without fertilization by 0.08 and 0.06–0.08 t/ha. The weight of 1000 seeds after foliar feeding with Fulvit Balance, 0.5 l/ha, was 0.80–0.81 g after plowing and 0.78–0.80 g after minimum tillage. The mass fraction of oil during plowing and foliar feeding was 6.50 % for the Lera variety and 6.56 % for the Studentskyi variety, which exceeds the control variant by 0.63 and 0.56 %, respectively. The mass fraction of oil in terms of dry matter with minimal soil cultivation decreased in the Lera variety to 6.19 %, while in the seeds of Studentskyi variety this indicator was 6.36 %, which exceeded the N₈₁P₄₀K₈₄ (background) variant without fertilization by 0.59 and 0.74 %, respectively.

Keywords: amaranth, soil cultivation, varieties, fertilization, yield, weight of 1000 seeds, mass fraction of oil.

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

Вступ. Насіння амаранту (*Amaranthus*) використовують як харчовий продукт, лікувальний засіб і сировину для виробництва олії. Вживання олії амаранту підтримує серцево-судинну систему, зменшує різні запалення, гоїть шкіру, живить волосся тощо. Олія з насіння амаранту багата на сквален, вітаміни Е, А, D, а також містить омега-3 та омега-6, жирні кислоти (пальмітинова, олеїнова та лінолева) [3, 4]. Вищий відсоток лінолевої кислоти був у сортів Ацтек (51,8 %), Ультра (49,6 %) та Лера (47,1 %), що на 7–11 % більше порівняно з іншими сортами амаранту. Найбільшим вмістом олеїнової

кислоти характеризувалися сорти Харківський 1 (37,1 %), Студентський (36,7 %) та Сем (35,8 %), що на 9–11 % більше порівняно з іншими сортами [9]. Уміст лізину в амаранту вдвічі вищий, ніж у рисі, і втричі вищий, ніж у кукурудзі. Поряд з цінними агрономічними властивостями ця культура отримала величезне визнання завдяки відсутності глютену. Вона не тільки корисна для людей з алергією на глютен, але й має потенціал для постачання високоякісних білків [16].

На врожайність амаранту суттєво впливають ґрунтові і гідротермічні умови вирощування, добір сортів, строки і норми

висіву, застосування добрив і стимуляторів росту. За збалансованого підживлення середня врожайність насіння може досягати 3,0 т/га, а за сприятливих умов і впровадження оптимальної технології – до 5,0 т/га. За даними вчених, амарант хвостатий має широкі можливості виживання в різних ґрунтах і умовах навколишнього середовища. Для появи оптимальних сходів рекомендовано сіяти його у суглинистий ґрунт, що підтримується температурою 25 °C і безперервним перебуванням у темряві [20]. Завдяки високій здатності насіння амаранту до проростання, доцільно його зберігати за температури навколишнього середовища не вище ніж 15 °C і вологості повітря 55–75 %. Найвищі показники схожості насіння амаранту всіх сортів були за температури повітря 5 °C та відносної вологості 55 %. З підвищенням відносної вологості повітря погіршується показник лабораторної схожості насіння і воно стає непридатним для використання у виробничих і насінницьких посівах [7].

Найбільшу ефективність у формуванні приросту насіннєвої продуктивності амаранту мають азотно-фосфорні добрива, а внесення їх підвищених норм ($N_{90}P_{90}$ на фоні K_{30}) сприяло одержанню 1,47 т/га насіння [6]. Установлено, що застосування мінеральних добрив забезпечувало приріст урожайності насіння амаранту. Якщо на контролі у сорту Ультра вона становила 8,7 ц/га, то за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{120}P_{80}K_{120}$ зросла на 11 ц/га. Залежно від рівня удобрення величина врожаю в сорту Студентський була вищою на 3,4–4,8 ц/га щодо стандарту (сорт Ультра) [11]. Чистий прибуток на варіанті без добрив становив 33 067 грн/га. При внесенні норми добрив $N_{40}P_{20}K_{40}$ цей показник зріс до 43 673 грн. Подвоєння норми добрив у варіанті із застосуванням $N_{80}P_{40}K_{80}$ забезпечило збільшення чистого прибутку до 51 529 грн. У варіанті з нормою добрив $N_{120}P_{40}K_{80}$ він зріс до 58 908 грн, а при внесенні $N_{160}P_{60}K_{120}$ – до 66 514 грн. Найвищим цей

показник був у варіанті з внесенням $N_{200}P_{80}K_{120}$ і становив 70 813 грн [10].

Результати досліджень М. Л. Тирусь та В. В. Лихочвора, проведених в умовах темно-сірого опідзоленого ґрунту, свідчать, що найвищу врожайність насіння амаранту одержали у сорту Харківський 1 з найменшою нормою висіву (0,4 млн/га) – 4,63 т/га. Оптимальні норми висіву (0,4–0,6 млн/га) виявлено для сортів Харківський 1, Лера і Студентський; для сорту Сем – 0,6–0,8 млн/га, Ацтек – 0,6–1,0 млн/га, Ультра – 0,8–1,2 млн/га. Найменша врожайність у середньому за всіма досліджуваними сортами була за максимальної норми висіву [12].

Установлено, що застосування полімерного гідрогелю в ґрунт позитивно впливає на параметри індивідуальної продуктивності рослин амаранту і підвищує врожайність насіння завдяки оптимізації водного режиму орного шару на 16,4 % (сорт Харківський 1), 16,0 % (Геліос) та 18,3 % (Сем). Внесена норма гідрогелю акумулювала достатню кількість ґрунтової вологи для росту і розвитку рослин амаранту [14].

В умовах Південної Африки вивчали вплив раннього та нормального збору врожаю на хімічний склад та вторинні метаболіти виду *Amaranthus cruentus*. Збір зрілого зерна привів до вищого вмісту Ca, P, Mg та K у насінні. Спектр та вміст незамінних амінокислот залишалися подібними незалежно від зрілості на момент збору. Зерно містило значну кількість ненасичених жирних кислот. Найвищий відсоток становила лінолева кислота: відповідно 38,7 та 39,7 % у передчасно зібраному та зрілому зерні [19].

Основна цінність амаранту полягає в його здатності накопичувати велику кількість білка в насінні та листі. За вмістом білка в насінні (15–18 %) він перевершує пшеницю (12–14 %), рис (7–10 %), кукурудзу (9–10 %) та інші зернові культури [15]. Установлено, що за вмістом протеїну та інших цінних речовин амарант не поступається традиційним найпоширенішим культурам. Окрім умісту

збалансованого за своїм амінокислотним складом білка, зерно амаранту характеризується наявністю в олії такої речовини, як сквален, який є джерелом забезпечення організму киснем [22]. В Італії з насіння шести видів амаранту було вилучено олію для отримання фракцій, багатих на сквален. Вміст олії в насінні коливався від 5,17 % (*A. muricatus*) до 12,20 % (*A. tuberculatus*). Кількість сквалену в олії становила від 3,43 % (*A. muricatus*) до 6,09 % (*A. hypochondriacus*) [17].

Вивчення складу олії у насінні сортів Харківський, Лера, Андижан та Геліос, акліматизованих в Узбекистані, свідчить, що вміст олії у насінні амаранту був у межах від 6,39 до 7,81 % від початкової маси. Зразки амарантової олії містили досить велику кількість ненасичених жирних кислот (72,7–73,3 %), 1,17 % з яких – омега-3-альфа-ліноленова кислота. Вміст сквалену в насінні коливався від 0,35 до 0,55 %. Установлено, що вміст його в оліях, отриманих екстракцією, більший, ніж в оліях, одержаних холодним пресуванням [18]. Дані моніторингу амарантової олії за вмістом сквалену підтверджують, що метод холодного пресування насіння амаранту надає можливість вилучення сквалену в діапазоні від 5–8 % [2]. В умовах Південного Заходу Франції установлено, що вміст олії значно варіював і становив від 4,3 до 6,4 %. Сорт Лера, вирощений в Рісклі, мав найвищий вихід сквалену – 7,7 %. Лінолева та олеїнова кислоти були найпоширенішими жирними кислотами для чотирьох генотипів. У екстрактах насіння амаранту було ідентифіковано загалом 44 леткі сполуки. Його хімічний склад залежить від генетичних та екологічних факторів, які свідчать про біологічний потенціал насіння [21].

У насінні амаранту залежно від сорту найвищий вміст вуглеводів – 63,1–68,2 %. Кількість білка змінюється від 16,1 до 24,7 %. Із незамінних амінокислот фенілаланіну найбільше –

985–1155 мг/100 г насіння залежно від сорту [1, 13].

Матеріали і методи.

Експериментальні дослідження проводили в умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів ФГ «ОФенДП» Звягельського району Житомирської області впродовж 2023–2025 рр. Агрохімічна характеристика ґрунту дослідних ділянок включає такі показники: вміст гумусу – 1,48 %, гідролітична кислотність – 1,82 мг-екв/100 г, рН сольове – 5,77, уміст легкогідролізного азоту – 95,2 мг/кг, рухомих форм фосфору – 150 мг/кг, калію – 83,6 мг/кг та сірки – 13,5 мг/кг ґрунту.

Дослідження з амарантом передбачали вивчення трьох факторів: А – технологія основного обробітку ґрунту: звичайна оранка на 18 см; мінімальний обробіток ґрунту на 4–6 см (Mini-till); В – сорти амаранту: Лера; Студентський; С – позакореневе листкове підживлення на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$: без підживлення; підживлення Фулвіт (Fulvit) Баланс, 0,5 л/га. Облікова площа – 100 м², повторність досліду триразова, розміщення ділянок у досліді систематичне. Попередник амаранту – ячмінь ярий. Амарант висівали за роками у рекомендовані для Полісся строки: 15.06.2023 р.; 08.06.2024 р.; 13.06.2025 р. Температура ґрунту за сівби на глибині 4 см становила 12–13 °С. Сівбу амаранту проводили сівалкою культиваторного типу Alligator 3.1 + МТЗ 892,2. Норму висіву становила 1,0 кг на гектар.

Основний обробіток ґрунту (оранка) здійснювали за допомогою ПЛН 3-35 + МТЗ 892,2 та Alligator 3.1 + МТЗ 892,2 (Mini-till). Передпосівну культивування проводили Alligator 3.1 + МТЗ 892,2. Під основний обробіток ґрунту було внесено комплексне мінеральне добриво Tarnogran 21 (400 кг/га), що містить $N_3P_{10}K_{21}$ та $Ca_6Mg_3S_{18}$, а під час передпосівної культивування – також 150 кг/га карбаміду.

Добриво Фулвіт Баланс, що вивчали в дослідях, містить бор (100 г/л), екстракт морських водоростей (100 г/л), амінокислоти (15 г/л), органічний азот

(50 г/л) та суміш макро- і мікроелементів (5 г/л). Це органо-мінеральне добриво у рідкій формі, яке призначене для забезпечення рослин борним живленням та стимуляції їхнього росту.

Обидва сорти амаранту належать до української селекції, створені в Харківському національному аграрному університеті імені В. В. Докучаєва. Рік реєстрації сорту Лера – 2003 та Студентський – 2009 р.

Сорт Лера універсальний за використанням, середньостиглий, має кремово-золотистий колір насіння, що свідчить про відсутність токсичних алкалоїдів. Висота рослин становить 170–220 см. Веgetаційний період – 120 діб, добре підходить для вирощування на Поліссі. Стійкий до вилягання та обсіпання. У насінні має високий вміст білка (близько 20,0–20,6 %) і олії (до 7 %).

Сорт Студентський також середньостиглий, має зерновий і кормовий напрям використання. Характеризується кремово-білим зерном, висотою рослин до 150–170 см. Веgetаційний період – 105 діб. Сорт має високу стійкість до вилягання та осипання, що робить його зручним у вирощуванні. Зерно підходить для виробництва борошна, олії, а також для харчових цілей. У насінні міститься приблизно 18,6–20,6 % білка і до 8 % олії.

Урожайність насіння амаранту визначали шляхом поділянкового зважування, з подальшим коригуванням на 100 % чистоту зерна та базову вологість 10 %. Дослідження проводили з використанням таких методів: польовий – відбір зразків ґрунту (ДСТУ ISO 10381-1:2004) для визначення агрохімічної характеристики: гумус за Тюрнімом у модифікації В. М. Симакова (ДСТУ 4289:2004), азот, що легко гідролізується, за Корнфілдом (ДСТУ 4362:2004), рухомий фосфор і калій за Кірсановим (ДСТУ 4405:2005), кислотність, рН сол. (ДСТУ 4362:2004); вимірювально-ваговий – для проведення обліку врожаю насіння амаранту за В. О. Єщенком та ін. [8]; лабораторний – для визначення якісних

показників зерна амаранту згідно з ДСТУ 4234:2003 (який застосовують до зернових культур); математично-статистичний – для проведення дисперсійного аналізу і статистичної обробки даних за В. О. Ушкаренком та ін. [5].

Результати та обговорення.

Установлено, що рослини амаранту є надзвичайно пластичними і позитивно реагують на послідовне впровадження елементів технології вирощування як за основного обробітку ґрунту, добору сортів, удобрення, так і ґрунтових та погодних умов впродовж веgetаційного періоду. Це дозволяє амаранту добре адаптуватися до умов вирощування, але дотримання агротехнічних вимог є ключовим фактором формування стабільних і високих врожаїв. Оскільки амарант чутливий до надмірної вологості та посухи, то його продуктивність значно залежала від погодних умов. Оптимальна врожайність досягається, коли кількість опадів у період веgetації є помірною, а температури сприятливими. Висока вологість на початку веgetації, а також посуха можуть знизити врожай.

На основі одержаних результатів досліджень установлено, що найбільш сприятливими для формування врожайності насіння амаранту були веgetаційні періоди 2023 та 2024 рр.

В умовах 2025 р. спостерігали значне зниження врожаю насіння. Причиною було те, що середньодобові температури в період формування врожаю амаранту у фазах ВВСН 51-79 у 2023 та 2024 рр. порівняно з 2025 р. були значно сприятливішими. Різниця температур в 1,5 градуса за Цельсієм між 2023 і 2025 рр. значною мірою вплинула на зниження врожаю в 2025 р.

Результати фенологічних спостережень за рослинами амаранту у веgetаційний та генеративний періоди свідчать, що середньодобові температури мають більший вплив на формування врожаю, аніж кількість опадів та наявність продуктивної вологості в ґрунті. За період досліджень кількість опадів була достатньою для формування врожаю,

оскільки вона не є лімітуючим фактором для амаранту, який є посухостійкою рослиною з низьким транспіраційним коефіцієнтом (250–300) (табл. 1).

1. Врожайність насіння амаранту залежно від елементів технології вирощування (2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Врожайність за роками, т/га			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,80	0,79	0,75	0,78
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,88	0,88	0,81	0,86
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,83	0,78	0,75	0,79
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,91	0,87	0,79	0,86
Mini-till	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,61	0,60	0,53	0,58
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,65	0,71	0,61	0,66
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,63	0,60	0,53	0,59
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,64	0,70	0,62	0,65

НР₀₅, т/га:
2023 р. ABC – 0,06; А – 0,03; В – 0,03; С – 0,03; АВ – 0,04; АС – 0,04; ВС – 0,04
2024 р. ABC – 0,03; А – 0,02; В – 0,02; С – 0,02; АВ – 0,02; АС – 0,02; ВС – 0,02
2025 р. ABC – 0,02; А – 0,02; В – 0,02; С – 0,02; АВ – 0,01; АС – 0,01; ВС – 0,01

Найбільшу врожайність насіння амаранту одержано в агроекологічних умовах 2023 р. Незалежно від факторів, що вивчали в дослідях, вона становила від 0,61 до 0,91 т/га. Врожайність насіння в 2024 р. коливалася в межах від 0,60 до 0,88 т/га. Найменший показник відзначено у 2025 р. – 0,53–0,81 т/га.

Амарант потребує належної підготовки ґрунту, оскільки вона забезпечує сприятливі умови для росту рослин і мінімізує конкуренцію з бур'янами. Щодо основного обробітку ґрунту, то проведення звичайної оранки на глибину 18 см значно переважало обробіток ґрунту за технологією Mini-till (4–6 см). Так, за проведення оранки середня врожайність амаранту за три роки досліджень становила 0,78–0,86 т/га, а за мінімального обробітку – відповідно 0,58–0,66 т/га. Приріст урожаю насіння залежно від впливу основного обробітку ґрунту (фактора А) на сорти амаранту знаходився у межах похибки дослідів.

Порівняльна характеристика продуктивності сортів амаранту (фактор В) свідчить, що врожайність сортів Лера і Студентський в середньому за роки досліджень знаходилася майже на однаковому рівні і становила за оранки відповідно 0,78–0,86 та 0,79–0,86 т/га, а за мінімального обробітку для сорту Лера – 0,58–0,66 та Студентський – 0,59–0,65 т/га.

Установлено, що застосування добрив на дерново-підзолистих суглинкових ґрунтах значно підвищує врожайність амаранту. Так, позакореневе підживлення рослин амаранту (на фоні N₈₁P₄₀K₈₄) органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га, незалежно від факторів, що вивчали в дослідях, сприяло одержанню 0,65–0,86 т/га насіння, що на 0,06–0,08 т/га більше порівняно з внесенням N₈₁P₄₀K₈₄ (без підживлення).

Маса 1000 насінин належить до якісних показників амаранту, є важливою характеристикою крупності насіння і варіює залежно від сорту, умов вирощування та удобрення. Установлено,

що найбільший вплив на цей показник мав обробіток ґрунту. Так, маса 1000 насінин за оранки для сорту Лера варіювала за роками від 0,78 до 0,81 г, а для сорту Студентський цей показник становив 0,79–0,81 г. За

мінімального обробітку ґрунту (Mini-till) маса 1000 насінин сорту Лера зменшувалася до 0,74–0,80 г, а Студентський – відповідно до 0,74–0,79 г (табл. 2).

2. Маса 1000 насінин амаранту залежно від елементів технології вирощування (2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Маса 1000 насінин за роками, г				
			2023	2024	2025	середнє	
Оранка	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,78	0,80	0,78	0,79	
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,80	0,81	0,80	0,80	
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,79	0,79	0,79	0,79	
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,81	0,81	0,80	0,81	
	Mini-till	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,74	0,77	0,76	0,76
			Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,80	0,80	0,79	0,80
Студентський		N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,74	0,75	0,74	0,74	
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,78	0,78	0,79	0,78	
НІР ₀₅ , г			0,01	0,01	0,01	–	

Середній показник маси 1000 насінин під впливом позакореневого підживлення рослин амаранту добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га на фоні оранки збільшувався у сорту Лера на 0,01 г і Студентський – на 0,02 г. За проведення мінімального обробітку ґрунту маса 1000 насінин підвищувалася відповідно у сортів Лера і Студентський на 0,04 г.

Установлено, що масова частка олії у насінні амаранту незалежно від елементів технології вирощування коливалася за роками від 5,03 до 7,47 % у перерахунку на суху речовину. За проведення оранки на 18 см уміст олії у насінні в середньому становив від 5,87 до 6,56 %, а за мінімального обробітку ґрунту на 4–6 см – відповідно від 5,60 до 6,36 %. У насінні сорту Лера за оранки масова частка олії дорівнювала 5,87–6,50 %, а у сорту Студентський була найбільшою – 6,00–6,56 %. Мінімальний обробіток ґрунту забезпечив менший уміст олії у насінні

обох сортів, а саме: у сорту Лера 5,60–6,19 %, а Студентський – відповідно 5,62–6,36 %. Отримано достовірний приріст умісту олії за внесення N₈₁P₄₀K₈₄ та позакореневого підживлення рослин амаранту органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га порівняно з варіантом N₈₁P₄₀K₈₄, без підживлення. Найвищий уміст олії виявлено у сорту Лера за проведення звичайної оранки – 6,50 %, що на 0,63 % більше від агрофону. У сорту Студентський цей показник зріс на 0,56 %. За проведення мінімального обробітку ґрунту спостерігали аналогічну закономірність підвищення масової частки олії, але з меншими показниками. Так, у сорту Лера вміст олії становив 6,19 %, що на 0,59 % перевищує агрофон, а у насінні сорту Студентський масова частка олії у перерахунку на суху речовину дорівнювала 6,36 %, що на 0,74 % більше від контрольного варіанта N₈₁P₄₀K₈₄ (табл. 3).

3. Масова частка олії у перерахунку на суху речовину в насінні амаранту залежно від елементів технології вирощування (2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Масова частка олії за роками, %			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	6,27	5,67	5,67	5,87
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	7,17	6,17	6,17	6,50
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	6,93	5,53	5,53	6,00
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	7,47	6,10	6,10	6,56
Mini-till	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	6,13	5,33	5,33	5,60
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	6,90	5,83	5,83	6,19
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	6,80	5,03	5,03	5,62
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	7,27	5,90	5,90	6,36

НІР₀₅, %:

2023 р. ABC – 0,26; A – 0,13; B – 0,13; C – 0,13; AB – 0,18; AC – 0,18; BC – 0,18

2024 р. ABC – 0,29; A – 0,14; B – 0,14; C – 0,14; AB – 0,20; AC – 0,20; BC – 0,20

2025 р. ABC – 0,21; A – 0,11; B – 0,11; C – 0,11; AB – 0,15; AC – 0,15; BC – 0,15

Висновки. В умовах дерново-підзолистих ґрунтів Полісся амаранти є досить пластичними культурами і спроможні формувати високу врожайність насіння та олії. Установлено, що середня врожайність сортів Лера і Студентський за варіантами дослідів знаходилася майже на однаковому рівні. Максимальну врожайність насіння отримано на варіанті фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га за звичайної оранки на 18 см, яка становила у сортів Лера і Студентський 0,86 т/га. Кращим способом основного обробітку ґрунту під

амарант була оранка, яка забезпечила 0,78–0,86 т/га, що на 0,2 т/га більше порівняно з мінімальним обробітком ґрунту на 4–6 см.

Маса 1000 насінин амаранту коливалася в межах 0,74–0,81 г. Масова частка олії у перерахунку на суху речовину становила за оранки та внесення N₈₁P₄₀K₈₄ + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га у сорту Лера 6,50 %, а сорту Студентський відповідно – 6,56 %, що перевищує варіант із застосуванням N₈₁P₄₀K₈₄ (фон) на 0,63 і 0,56 %.

Список використаної літератури

1. Азотовмісний складник та жирнокислотний склад насіння різних сортів амаранту / В. В. Любич та ін. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. № 30. С. 112–118. DOI: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268938>.
2. Амарантова олія – якість та безпечність щодо використання як біологічно активної добавки / І. В. Левчук та ін. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2015. № 2. С. 74–81.
3. Ведмедева К. В., Махова Т. В., Левченко В. І. Перспективи використання амаранту *Amaranthus caudatus* L. як олійної культури на Півдні України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 31. С. 33–45. DOI: <https://doi.org/10.36710/ioc-2021-31-04>.

References

1. Nitrogen content and fatty acid composition of seeds of different amaranth varieties / V. V. Liubych et al. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. 2022. No. 30. P. 112–118. DOI: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268938>.
2. Amaranth oil – quality and safety for use as a biologically active supplement / I. V. Levchuk et al. *Intehrovani tekhnolohii ta enerhoberezhennia*. 2015. No. 2. P. 74–81.
3. Vedmedieva K. V., Makhova T. V., Levchenko V. I. Prospects for the use of *Amaranthus caudatus* L. as an oil crop in southern Ukraine. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2021. No. 31. P. 33–45. DOI: <https://doi.org/10.36710/ioc-2021-31-04>.

4. Гудковська Н. Жирнокислотний склад зерна амаранту, вирощеного в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія*. 2017. № 21. С. 76–84.
5. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2009. 372 с.
6. Краснєнков С. В., Дудка М. І., Черенкова Т. П. Вплив норм мінеральних добрив на насіннєву продуктивність амаранту. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 103–106.
7. Насіннєві якості амаранту залежно від умов зберігання / Н. О. Валентюк та ін. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 9 (858). С. 69–76. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202409-08>.
8. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко та ін. Київ : Дія, 2005. 288 с.
9. Тирус М. Л., Лихочвор В. В., Оліфір Ю. М. Вміст жирних кислот в олії сортів амаранту за вирощування в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (2). С. 91–101. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-2-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-2-9).
10. Тирус М. Л. Економічна ефективність різних рівнів мінерального живлення у технології вирощування амаранту. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 20–24. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.04>.
11. Тирус М. Продуктивність амаранту зернового залежно від сорту та рівнів удобрення. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Агрономія»*. 2022. № 26. С. 77–80. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.077>.
12. Тирус М. Л., Лихочвор В. В. Урожайність амаранту залежно від сорту та норми висіву в умовах достатнього зволоження. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73 (1). С. 88–105. DOI: [10.32636/01308521.2023-\(73\)-1-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(73)-1-6).
13. Фізико-хімічні властивості зерна амаранту залежно від сорту та вологості / В. В. Любич та ін. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11, № 1. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.275736>.
14. Формування продуктивності сортів амаранту в Правобережному Лісостепу України за дії абсорбенту MaxiMarin / В. В. Яценко та ін. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Т. 19, № 4. С. 262–269. DOI: [10.21498/2518-1017.19.4.2023.291231](https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291231).
15. Яніук Т. І., Грюнвальд Н. В. Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10, № 18. С. 179–192. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-18>.
16. Adhikary D., Khatri-Chhetri U., Slaski J. Amaranth: an ancient and high-quality wholesome crop. *Nutritional Value of Amaranth*. 2020. P. 111–142. DOI: [10.5772/intechopen.88093](https://doi.org/10.5772/intechopen.88093).
17. Characterization of Seed Oil from Six In Situ Collected Wild *Amaranthus* Species / A. N. Hussain et al. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*. 2025. Vol. 78 (2).
4. Hudkovska N. Fatty acid composition of amaranth grain grown in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu : ahronomiia*. 2017. No. 21. P. 76–84.
5. Dispersion and correlation analysis of field experiment results : monohrafiia / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Ailant, 2009. 372 p.
6. Krasnienkov S. V., Dudka M. I., Cherenkova T. P. Influence of mineral fertilizer norms on amaranth seed productivity. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2004. Issue 53. P. 103–106.
7. Seed quality of amaranth depending on storage conditions / N. O. Valentiuk et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2024. No. 9 (858). P. 69–76. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202409-08>.
8. Fundamentals of Scientific Research in Agronomy / V. O. Yeshchenko et al. Kyiv : Diia, 2005. 288 p.
9. Tyrus M. L., Lykhochvor V. V., Olifir Yu. M. Fatty acid content in amaranth oil varieties grown in the Western Forest-Steppe region. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2024. Issue 76 (2). P. 91–101. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-2-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-2-9).
10. Tyrus M. Economic efficiency of different levels of mineral nutrition in amaranth growing technology. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. No. 28 (1). P. 20–24. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.04>.
11. Tyrus M. Productivity of grain amaranth depending on variety and fertilization levels. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu pryrodokorystuvannia. Seriiia «Ahronomiia»*. 2022. No. 26. P. 77–80. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.077>.
12. Tyrus M. L., Lykhochvor V. V. Amaranth yield depending on variety and sowing rate under conditions of sufficient moisture. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2023. Issue 73 (1). P. 88–105. DOI: [10.32636/01308521.2023-\(73\)-1-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(73)-1-6).
13. Physical and chemical properties of amaranth grain depending on variety and moisture content / V. V. Liubych et al. *Novitni ahrotekhnologii*. 2023. Vol. 11, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.275736>.
14. Formation of amaranth variety productivity in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine under the action of the MaxiMarin absorbent / V. V. Yatsenko et al. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Vol. 19, no. 4. P. 262–269. DOI: [10.21498/2518-1017.19.4.2023.291231](https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291231).
15. Yaniuk T. I., Hriunvald N. V. Amaranth production in Ukraine: state and prospects. *Prodovolchi resursy*. 2022. Vol. 10, no. 18. P. 179–192. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-18>.
16. Adhikary D., Khatri-Chhetri U., Slaski J. Amaranth: an ancient and high-quality wholesome crop. *Nutritional Value of Amaranth*. 2020. P. 111–142. DOI: [10.5772/intechopen.88093](https://doi.org/10.5772/intechopen.88093).

al. *Diversity*. 2023. Vol. 15, issue 2. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.3390/d15020237>.

18. Chemical composition and biological activity of seed oil of amaranth varieties / S. S. Bozorov et al. *Nova Biotechnol. et Chimica*. 2018. Vol. 17, no. 1. P. 66–73. DOI: 10.2478/nbec-2018-0007.

19. Chemical composition and metabolomic analysis of *Amaranthus cruentus* grains harvested at different stages / T. G. Manyelo et al. *Molecules*. 2022. Vol. 27, issue 3. P. 1–12. DOI: 10.3390/molecules27030623.

20. Jimoh M. O., Afolayan A. J., Lewu F. B. Germination response of *Amaranthus caudatus* L. to soil types and environmental conditions. *Thaiszia – J. Bot.* 2019. 29 (1). P. 85–100. DOI: <https://doi.org/10.33542/TJB2019-1-07>.

21. Nutritional and Bioactive Lipid Composition of Amaranthus Seeds Grown in Varied Agro-Climatic Conditions in France / A. Azri et al. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, issue 3. P. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15030672>.

22. Valentiuk N. O., Yurkevych Ye. O., Kohut I. M. Elements of amaranth cultivation technology and post-harvest processing of amaranth grain. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 122. С. 167–173. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.24>.

17. Characterization of Seed Oil from Six In Situ Collected Wild *Amaranthus* Species / A. N. Hussain et al. *Diversity*. 2023. Vol. 15, issue 2. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.3390/d15020237>.

18. Chemical composition and biological activity of seed oil of amaranth varieties / S. S. Bozorov et al. *Nova Biotechnol. et Chimica*. 2018. Vol. 17, no. 1. P. 66–73. DOI: 10.2478/nbec-2018-0007.

19. Chemical composition and metabolomic analysis of *Amaranthus cruentus* grains harvested at different stages / T. G. Manyelo et al. *Molecules*. 2022. Vol. 27, issue 3. P. 1–12. DOI: 10.3390/molecules27030623.

20. Jimoh M. O., Afolayan A. J., Lewu F. B. Germination response of *Amaranthus caudatus* L. to soil types and environmental conditions. *Thaiszia – J. Bot.* 2019. 29 (1). P. 85–100. DOI: <https://doi.org/10.33542/TJB2019-1-07>.

21. Nutritional and Bioactive Lipid Composition of Amaranthus Seeds Grown in Varied Agro-Climatic Conditions in France / A. Azri et al. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, issue 3. P. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15030672>.

22. Valentiuk N. O., Yurkevych Ye. O., Kohut I. M. Elements of amaranth cultivation technology and post-harvest processing of amaranth grain. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2021. No. 122. P. 167–173. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.24>.

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-4

Оригінальна наукова стаття

УДК 635.21: 63.577.534: 664.38

**ОЦІНКА ПОТОМСТВА ГІБРИДІВ КАРТОПЛІ
(*SOLANUM TUBEROSUM* L.)
ЗА ВМІСТОМ СИРОГО ПРОТЕЇНУ ТА БІЛКА****А. І. Павлов, Р. В. Ільчук**

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

Про авторів:

Андрій ПАВЛОВ,
аспірант
ORCID: 0000-0002-6999-3018

Роман ІЛЬЧУК,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-3524-4844

Для листування:

Андрій ПАВЛОВ
e-mail: andrii.pavlove@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних наук
України

Отримано:

6 жовтня 2025 р.

Погоджено до друку:

21 жовтня 2025 р.

Опубліковано:

30 грудня 2025 р.

Картопля є надзвичайно важливою харчовою, технічною та кормовою культурою. Біологічна цінність картоплі, як харчового продукту, визначається вмістом у бульбах сухої речовини, крохмалю і сирого протеїну, а також інших важливих господарських ознак. Крохмаль бульб, як основний компонент сухої речовини, достатньо легко засвоюється людським організмом, де розщеплюється на прості цукри. Білки картоплі переважають білки інших культур, зокрема озимої пшениці за біологічною повноцінністю та містять усі вісім незамінних амінокислот. Метою досліджень є визначення показників якості гібридів картоплі, що створені на основі простих і складних міжсортівих схрещувань та отриманих від самозапилення культурних сортів. Актуальність дослідження полягає в оцінці новостворених гібридів картоплі за біохімічними показниками для використання кращих зразків у наступних селекційних процесах щодо створення сортів картоплі різних груп стиглості з цінними господарськими показниками та придатними для механізованого збирання і для сировини у харчовій промисловості. Біохімічний аналіз бульб гібридів проводили за визначення сухої речовини шляхом висушування до постійної маси, вміст крохмалю визначався поляриметричним методом. Вміст аскорбінової кислоти визначався титруванням, а вміст каротиноїдів – методом спектрофотометрії. У результаті лабораторного аналізу потомство гібридів мало найвищий вміст сирого протеїну. Потомство, що отримане від простого міжсортівого схрещування – Ірга × Мирослава, Фотинія × Легенда, складного міжсортівого – (Слава × Памір) × Тайфун, Тайфун × (Невська × Мавка) та потомство від самозапилення культурних сортів Легенда, Червона рута та Оксамит-99 мали найвищий вміст білка. Тому перераховані гібриди можна використовувати для подальшої селекційної роботи як донори за показниками вмісту сирого протеїну та білку, буде проведено їх розмноження і після випробувань у всіх розсадниках кращі передано на Державну науково-технічну експертизу.

Ключові слова: картопля, схрещування, гібриди, самозапильні форми, господарсько-цінні показники.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Павлов А. І., Ільчук Р. В., 2025

Evaluation of progeny of potato (*Solanum tuberosum* L.) hybrids for crude protein and protein content

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

About authors:

Andrii PAVLOV
ORCID: 0000-0002-6999-3018

Roman ILCHUK
ORCID: 0000-0002-3524-4844

For corresponding:

Andrii PAVLOV
e-mail: andrii.pavlove@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:

October 6, 2025

Accepted:

October 21, 2025

Published:

December 30, 2025

Potatoes are an extremely important food, industrial and fodder crop. The biological value of potatoes is determined by the content of dry matter, starch and crude protein in tubers, as well as other important economic attributes. Tuber starch, as the main component of dry matter, is easily absorbed by the human body, where it is broken down into simple sugars. Potato proteins are superior to proteins of other crops, including winter wheat, in terms of biological value and contain all eight essential amino acids. The aim of the research was to determine the quality indicators of potato hybrids created on the basis of simple and complex intervarietal crosses and obtained from self-pollination of cultivars. The relevance of the study is to evaluate the newly developed potato hybrids for biochemical parameters to use the best samples in the following breeding processes to create potato varieties of different maturity groups with valuable economic indicators and suitable for mechanised harvesting and for raw materials in the food industry. These varieties were created in different breeding institutions and the study of hybrids obtained by crossing these varieties and from their self-pollination was carried out at the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS. The biochemical analysis of hybrid tubers was carried out by determining the dry matter by drying to a constant weight, the starch content was determined by the polarimetric method. The content of ascorbic acid was determined by titration, and the content of carotenoids was determined by spectrophotometry. As a result of the laboratory analysis, the progeny of the hybrids had the highest crude protein content. The offspring obtained from simple intervarietal crossing – Irha × Myroslava, Fotyniia × Lehenda, complex intervarietal crossing – (Slava × Pamir) × Typhoon, Typhoon × (Nevska × Mavka) and offspring from self-pollination of cultivars Lehenda, Chervona Ruta and Oksamyт-99 had the highest protein content. Therefore, the listed hybrids can be used for further breeding work as donors for crude protein and protein content, they will be propagated and after testing in all nurseries, the best ones will be submitted to the State Scientific and Technical Expertise.

Keywords: potatoes, crossbreeding, hybrids, self-pollinated forms, economically valuable indicators.

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

Вступ. Картопля займає п'яте місце серед джерел енергії в харчуванні людей після пшениці, кукурудзи, рису і ячменю, а тому є одним з основних харчових продуктів. В 100 г свіжої маси картоплі міститься 70 ккал, але коливання цього показника можливе в діапазоні від 65 до 90 ккал, що прирівнюється до близько 295 кДж. Значення картоплі в харчуванні людини обумовлено вмістом цінних поживних речовин: крохмалю, мінеральних і баластних речовин, протеїну та вітамінів [21, 32].

Сорти столового напрямку використання являють собою комплексний харчовий продукт, який виконує одночасно декілька основних чинників здорового харчування. Концентрація енергії в бульбах не висока, але містить поживні речовини (щільність поживних речовин на 100 ккал), що є необхідними для повноцінного процесу життєвої діяльності організму людини. За показниками поживності картопля переважає м'ясо свинини та хліб, отже більше відповідає фізіологічним потребам дорослої людини [22].

Культура є важливою частиною дієтичного харчування, адже містить фізіологічно-цінні речовини, які відіграють важливу роль в профілактиці різного роду захворювань. Білок (чистий протеїн) є дуже цінним елементом для харчування людини, але вміст сирого протеїну в картоплі досить низький – близько 2 %, до 2,5 % в окремих сортів [27, 31].

Як вже зазначалось у складі картоплі міститься близько 2 % білка, а також 0,4 % жирів, а найголовніше – до 26 % крохмалю. У картопляному білку деяких сортів відмічено значну кількість лізину за недостатньої кількості сірковмісних незамінних амінокислот – метіоніну та цистину. Тому поєднанням картоплі з зерновими продуктами (борошно, хліб), що багаті сірковмісними амінокислотами, людина здатна отримати повноцінний амінокислотний набір. Вуглеводи, що містяться у картоплі являють собою істотне джерело енергії для людини. За своїми якісними показниками, білок рівноцінний білку молочної продукції, яєць та яловичини та є значно вищим якості у сої, бобових культур (квасоля, боби) і хлібних злаків. Картопля значно підвищує біологічну цінність інших продуктів і є своєрідним регулятором процесів травлення і засвоєння [30].

Картоплю вирощують у Західному Лісостепу України на площах до 560 тис. га, адже це одна з найважливіших продовольчих культур [2]. За величиною об'єму поживних речовин, що можливо отримати з одиниці площі сільськогосподарських угідь вона має практично перше місце. Відносно жита чи ячменю, культура здатна дати з 1 гектара майже у 4 рази більше поживних речовин та поступається лише цукровим бурякам і кукурудзі [34].

Система агротехнологічних та організаційних способів стосовно питань підвищення і забезпечення врожайності картоплі перше місце відводить якісним показникам сортового матеріалу, що надає можливість повній реалізації їх потенційних можливостей. Достатньо

складна як екологічна, так і енергетична ситуації, що на сьогодні склалися в сільськогосподарському виробництві свідчить, що отримання високої й сталої врожайності можливе лише за введення у виробничий цикл сортів, які адаптовані стосовно ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування [3]. Тому правильний вибір сорту картоплі є найбільш актуальним для підвищення продуктивності та покращення якості отриманої продукції.

Білки (протеїни) є основою життєвого функціонування організму людини й відіграють найважливішу роль щодо забезпечення його життєдіяльності. До складу протеїну, як органічної сполуки входить азот. У кормах рослинного походження ці азотовмісні речовини називають «сирим протеїном», а їх склад поділяють на дві групи речовин – білки та аміді. Всі білки побудовані з амінокислот, причому одних і тих самих. Незалежно від структури, їх властивостей і функцій вони відрізняються кількісним співвідношенням між собою. Білок є важливим елементом у процесах живлення і в цілому для життєдіяльності, являється складником структурного матеріалу організму, адже усі процеси життєдіяльності зв'язані з обміном білків. Вільні амінокислоти, їх аміді та глюкозиди, що містяться в азотистих речовинах небілкового походження називають амідіами [11, 33].

Задля повноцінного використання картоплі на столові цілі потрібно підвищувати в бульбах вміст білка. Селекція, поруч з агротехнологічними заходами відіграє головну роль щодо вирішення цього завдання. Селекціонери встановили певні закономірності: між вмістом білка та сухої речовини і її основного складника – крохмалю; виявлено позитивні зв'язки, тобто сортам з підвищеним умістом білка характерним є підвищений вміст крохмалю [24]. Вченими Інституту картоплярства НААН створено сорти картоплі Зарево та Світанок київський з високим вмістом сирого протеїну (від 2,8 до 3,1 %) у поєднанні з високим умістом крохмалю – 19–24 %. У

селекції картоплі на столові цілі необхідне врахування показників білка та сирого протеїну, а тому підбір вихідних батьківських форм проводять за їх фенотиповим проявом і отриманим потомством. Кращими вихідними формами в цьому напрямку гібридизації вважають сорти – Зарево, Світанок київський, Лошицька, Перлина, Бекра та ін., а також ряд міжвидових гібридів різного походження [12].

Сорт, як один з основних чинників виробничого процесу є невіддільною частиною державних біоенергетичних ресурсів. Важливість і значення сортів та видів, що культивуються, стосовно питань підвищення економічної ефективності галузі рослинництва постійно зростає в міру використання можливостей умов зовнішнього середовища [19]. Для сучасного картоплярства сорт є важливим та самостійним чинником підвищення продуктивності й покращення якості продукції та має чи не визначальне значення. За наявними оцінками впродовж останнього десятиріччя внесок сорту в підвищення врожайності найважливіших сільськогосподарських культур оцінюється у 30–60 %. Запровадження новостворених сортів картоплі, без залучення додаткових витрат дає можливість отримати 25–30 % приросту врожаю. До того ж сорти картоплі, які стійкі проти найбільш шкочинних хвороб, дають можливість виробникам заощадити кошти на придбання засобів захисту рослин та зекономити ресурси (паливно-мастильні матеріали й т. і.) за проведення обробок посівів, що своєю чергою сприяє охороні навколишнього середовища та отриманню екологічно безпечної продукції [29].

На сьогодні сорти картоплі, які дозволені для вирощування, не повною мірою задовольняють висунуті до них вимоги. Особливою вимогою є забезпечення стабільної урожайності за впливу несприятливих кліматичних умов в поєднанні з ураження хворобами та шкідниками.

У зв'язку з поставленими завданнями розробляються і напрямки селекційної роботи щодо створення сортів, що поєднують високу врожайність зі стійкістю проти фітофторозу, вірусних хвороб, а господарсько-цінні ознаки повинні відповідати високому вмісту крохмалю, білка та інших ознак. Нові напрямки, які швидше стосуються питань перероблення продукції картоплярства, ускладнили вирішення програм селекційної роботи й привели до організації проміжних етапу в гібридизації, зокрема: одержання батьківських форм спеціального призначення, тобто таких, що являються носіями певних цінних ознак та їх об'єднань, які в культурного виду *S. tuberosum* відсутні (імунітет до вірусів, фітофторозу, нематоді, колорадського жука і т. ін.) [26, 35].

Залучення у схрещування попередньо виділених за певними ознаками зразків диплоїдних культурних видів *S. phureja*, *S. rybinii* з підібраними сортами дає можливість виділити цілі високожиттєздатні популяції та окремі гібриди, що за ступенем окультурення наближаються до виду *S. tuberosum* і для яких характерним є повний комплекс господарсько-цінних ознак: високий відсоток товарності врожаю та вміст сухої речовини, крохмалю, сирого протеїну в поєднанні зі стійкістю проти вірусних та інших хвороб [17].

Для типу *S. demissum* характерним є висока польова стійкість проти фітофторозу, що тісно не пов'язана з пізньостиглістю та може поєднатися з одержанням ранньої продукції, а тому сорти та гібриди міжвидового походження, одержанні за участі виду *S. demissum* – цінний вихідний матеріал для створення сортів ранньостиглої групи, що мають високі показники фітофторостійкості [18, 23, 25].

Введення до процесу міжвидової гібридизації видів *S. demissum*, *S. gibberulosum*, *S. leptostigma*, *S. vernei* дало можливість створення сорту картоплі Бородянська рожева, де ранньостиглість

поєднано зі стійкістю бульб проти фітофтори. Поєднання згаданих ознак відзначено й у сорту Верховина, який одержано на основі міжвидової гібридизації з залучення багатьох філогенетично віддалених видів.

Вчені, для проведення практичної селекції, рекомендують використати закордонні сорти картоплі та гібриди міжвидового походження, а також вважають, що перспективним матеріалом є сорти вітчизняної селекції та гібриди міжсортового та міжвидового походження, що створено за їх участі [18, 20].

Проведення в умовах західного регіону України складних міжвидових схрещувань, в селекційному процесі з культурою картоплі, дозволило значно підвищити ефективність гібридизації на фітофторостійкість у поєднанні з господарсько-цінними показниками. За участю видів *S. demissum*, *S. vallis mexicii*, *S. stoloniferum*, *S. phureja* одержані сорти: Гібридна 14, Вереснева, Прикарпатська, Нестеровська та Оксамит-99.

Полімерний характер і гетерозиготність щодо успадкування господарсько-цінних ознак у картоплі, а також залучення до процесу схрещування багатьох видів і складних міжвидових гібридів, ведуть до відщеплення в гібридних популяціях складних трансгресивних форм (СТФ), при цьому, одночасно об'єднавчих в одному генотипі високу продуктивність – 1200 г/кущ та крохмалистість бульб – 20 % і вище, вміст вітаміну С – 16–17 мг% в поєднанні з високою польовою стійкістю проти фітофторозу на рівні 7–9 балів за шкалою СЕВ [9, 14].

Матеріали і методи. Селекційні дослідження проводились за повною схемою селекційного процесу і були закладені у 4-пільній сівозміні відділу селекції сільськогосподарських культур Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, що у с. Оброшине Львівського району Львівської області. Попередником картоплі були

сидеральні культури, що висіяні після збирання озимих зернових.

Погодно-кліматичні умови, за роки проведення досліджень, в загальному не мали суттєвих відхилень від середньо багаторічних показників, але слід відзначити, що не відмічено рівномірного розподілу тепла та вологи за місяцями вегетаційного періоду. Починаючи з квітня, усі три роки характеризувалися більшими (до 165 %) кількостями опадів порівняно з середньо багаторічними даними (84,2 мм) за пониженої (на 0,5–0,7 °C) температури повітря. Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–20 см становили 16,5 мм. Садіння картоплі проведено в III декаді квітня (2024 р.) та I декаді травня (2022–2023 рр.). У цей період спостерігали незначне (на 0,6 °C) зниження температури повітря і малу кількість опадів – 4,3 мм (18 %) за багаторічної декадної – 24 мм. У другій декаді температурний режим почав дещо зростати (на 0,5 °C), але кількість опадів була недостатньою (12,8 мм за норми 30 мм). У третій декаді спостерігали вищу на 2,8 °C температуру повітря і лише 41,9 % кількість опадів відносно середньостатистичних показників. Для другої та третьої декади червня у зоні Західного Лісостепу є характерними велика кількість опадів, яка переважала середньодекадні показники на 17,0–17,6 мм. У першій декаді липня температура повітря підвищилася до 20,5 °C (за 16,7 °C), а кількість опадів зменшилася до 26,5 мм за середньодекадного показника 32,0 мм. Середньомісячна температура червня була вищою на 0,8 °C, а кількість опадів становила 114 % від середньобагаторічних даних. У липні спостерігали таку ж тенденцію, температурні умови всіх декад були вищими на 1,4–3,8 °C та на 32,0 мм більшою кількістю опадів. Серпень був з підвищеною температурою повітря (на 0,9–6,7 °C) та більшою кількістю опадів (127 % від норми). У вересні спостерігали температуру повітря на рівні 17,7 °C (за норми 13,1 °C), а опадів у середньому за

місяць випало на 24,0 % більше від середньобагаторічного показника.

Технологія вирощування картоплі – загальноприйнята стосовно зони Західного Лісостепу, основне живлення – нітроамофоска ($N_{16}P_{16}K_{16}$) збалансована калімагnezією ($K_{28}Mg_8S_{15}$). Протягом вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження, відмічали всі фази росту рослин картоплі.

Проведені дослідження відповідають нормам Держстандартів України й вимогам ISO 17025 та виконано з використанням методичних підходів відповідно до міжнародних практик. Закладка розсадників селекційного процесу, площа ділянок за обліковими параметрами, їх повторність, а також оцінку стійкості проти хвороб та шкідників проведено згідно: «Картоплярство: методика дослідної справи» [4, 6]; «Методологія оцінювання сортозразків картоплі на стійкість проти основних шкідників і збудників хвороб» [8]; «Методичних рекомендацій по вивченню вихідного селекційного матеріалу сільськогосподарських культур» [5, 6]; «Методичних рекомендацій щодо проведення досліджень з картоплею» [15, 16].

Статистичну обробку даних проведено кореляційним методом аналізу із використанням програмного комплексу TIBCO Statistica 13.5.0.17 (1984–2018 Tibco Software inc.), ANOVA.

Результати та обговорення.

Найважливішим показником харчової цінності картоплі є біохімічний склад бульб, а основною ознакою якості є вміст сирого протеїну та білка в бульбах. За даними вчених, кількісні показники останнього коливаються від 8,0 до 10 % абсолютно сухої речовини, або ж від 0,7 до 4,6 % сирі маси [1, 13].

В результаті залучення в гібридизаційний процес вихідного матеріалу різного походження ми отримали потомство з високими показниками вмісту,

як сирого протеїну, так і білка. Слід зазначити, що ці показники в бульбах потомства гібридів більше залежали від добору вихідних батьківських пар для схрещування, ніж від їх типів.

Проведеними дослідженнями науковців Сумського національного аграрного університету встановлено, що для середньоранніх та середньостиглих гібридів кореляційна залежність між співвідношенням крохмаль/білок була рівна ($r = 0,470$), а крохмаль/накопичення цукрів ($r = -0,450$). Співвідношення між показниками крохмаль/протеїн мало теж високу позитивну кореляційну залежність ($r = 0,877$) і залежали від вихідних батьківських форм з високими показниками вищезгаданих ознак [10].

В популяціях, що створено за проведення наших досліджень, на основі простих міжсорткових схрещувань, вміст сирого протеїну та білка в середньому складав відповідно 2,48 і 1,28, на основі складних міжсорткових схрещувань – 2,37 і 1,28 і дещо нижчим за показником сирого протеїну і вищим за показником білка – в популяціях, від самозапилення сортів картоплі – 2,15 і 1,29 %.

Між вихідними батьківськими формами і отриманим потомством за вмістом сирого протеїну та білка в окремих комбінаціях виявлена висока кореляційна залежність. Так, високий вміст сирого протеїну та білка був у бульбах потомства, де за одну з батьківських форм використовували високобілкові сорти картоплі Ірга, Диво та Слава, де вміст сирого протеїну становив 2,90, а білка – 1,58 %. В потомстві, отриманому за схрещування сортів Диво × Легенда і Легенда × Слаута, вміст показника сирого протеїну в бульбах потомства в середньому складав відповідно 2,35 і 2,36, білка – 1,34 і 1,32 %, що вказує на можливість використання отриманих форм за проведення гібридизації на зазначені ознаки (табл. 1, 2).

1. Вплив батьківських форм на вміст сирого протеїну в бульбах потомства, отриманого на основі простих міжсортних схрещувань

Комбінації схрещувань	Вміст сирого протеїну в бульбах батьківських форм, %			Вміст сирого протеїну в бульбах потомства, % (M ± m)	Коефіцієнт кореляції між вмістом сирого протеїну в батьківських форм і потомства, r
	♀	♂	середнє, M ± m		
Фотинія × Легенда	2,25	1,84	2,04 ± 0,05	2,14 ± 0,01	+0,112
Ірга × Мирослава	2,77	1,72	2,24 ± 0,04	2,28 ± 0,02	+0,096
Диво × Легенда	2,74	1,90	2,32 ± 0,06	2,35 ± 0,03	+0,091
Слава × Оксамит-99	2,64	1,90	2,27 ± 0,02	2,90 ± 0,05	+0,300
Легенда × Слаута	1,90	1,95	1,93 ± 0,04	2,36 ± 0,04	+0,432
Електра × Віра	2,12	1,74	1,93 ± 0,02	2,86 ± 0,02	+0,480

2. Вплив батьківських форм на вміст білка в бульбах потомства, отриманого на основі простих міжсортних схрещувань

Комбінації схрещувань	Вміст білка в бульбах батьківських форм, %			Вміст білка в бульбах потомства, %	Коефіцієнт кореляції між вмістом білка батьківських форм і потомства, r
	♀	♂	середнє, M ± m		
Фотинія × Легенда	1,10	1,23	1,16 ± 0,02	1,10	1,23
Ірга × Мирослава	1,10	1,25	1,17 ± 0,03	1,10	1,25
Диво × Легенда	1,06	1,40	1,23 ± 0,02	1,06	1,40
Слава × Оксамит-99	1,08	1,30	1,19 ± 0,04	1,08	1,30
Легенда × Слаута	1,05	0,85	0,95 ± 0,03	1,05	0,85
Електра × Віра	1,08	1,10	1,09 ± 0,04	1,08	1,10

Коефіцієнт кореляції між ознаками вмісту сирого протеїну батьківських форм і потомства в комбінаціях Слава × Оксамит-99, Легенда × Слаута та Електра × Віра був близьким до середнього додатного ($r = +0,300 - +0,480$) і ($r = +0,207 - +0,675$) за вмістом білка. Але не кожна з популяцій, що отримана за проведення простих міжсортних схрещувань, характеризувалась високим проявом цих ознак в отриманого потомства. В комбінації Фотинія × Легенда та Ірга × Мирослава середній вміст білка у бульбах батьківських форм складав відповідно 1,16 і 1,17 %, а в бульбах нащадків ці показники були меншими середньої вихідних батьківських форм і становили відповідно 1,14 і 1,15 %. Коефіцієнт кореляції між вмістом білка в

бульбах батьківських форм і їх потомства в цих популяціях був низьким від'ємним і відповідно становив $r = -0,181$ і $r = -0,184$. Ці дані вказують на певні труднощі в створенні високобілкового потомства.

В решті комбінацій даного типу проведення схрещування виявлена слабка (від $r = +0,096$) до середньої ($r = +0,480$) прямої залежності між вмістом сирого протеїну і середня (від $r = +0,384$) до високої додатної ($r = +0,675$) вмісту білка у батьківських форм і потомства, що свідчить про можливість залучення до гібридизації за фенотипом наведеного матеріалу.

Незалежно від походження вихідного матеріалу картоплі практично у всього потомства гібридів спостерігалось домінантне успадкування цієї ознаки

вмісту сирого протеїну і білка, за виключенням двох комбінацій, де відмічено рецесивне успадкування показників білка.

Найвищий коефіцієнт кореляції за вмістом сирого протеїну та білка був в потомстві популяцій, створених при схрещуванні складних міжсорткових гібридів. Це, зокрема, популяція (Слава × Памір) × Тайфун – $r = +0,845$ за сирим

протеїном і $r = +0,762$ за білком, Тайфун × (Невська × Мавка) відповідно $r = +0,467$ і $r = +0,201$. Отримані середні та високі коефіцієнти кореляції вказують на можливість залучення цих вихідних батьківських форм для гібридизаційної роботи щодо високих показників на вказані ознаки за генотипом їх походження (табл. 3, 4).

3. Вплив батьківських форм на вміст сирого протеїну в бульбах потомства, отриманого при схрещуванні складних міжсорткових гібридів

Комбінації схрещувань	Вміст сирого протеїну в бульбах батьківських форм, %			Вміст сирого протеїну в бульбах потомства, % ($M \pm m$)	Коефіцієнт кореляції між вмістом сирого протеїну в батьківських форм і потомства, r
	♀	♂	середнє, $M \pm m$		
Щедрик × (Крініца × Дубравка)	2,08	2,18	$2,13 \pm 0,02$	$2,50 \pm 0,01$	+0,421
(Карпатська × Пригожа) × Альоетт	2,14	1,90	$2,02 \pm 0,03$	$2,05 \pm 0,03$	+0,097
(Слава × Памір) × Тайфун	2,77	2,46	$2,58 \pm 0,03$	$2,93 \pm 0,03$	+0,845
Тайфун × (Невська × Мавка)	3,16	2,30	$2,73 \pm 0,04$	$2,95 \pm 0,06$	+0,467
Кіммерія × (Виток × Скарбниця)	2,85	2,35	$2,60 \pm 0,04$	$2,50 \pm 0,04$	-0,096

4. Вплив батьківських форм на вміст білка в бульбах потомства, отриманого при схрещуванні складних міжсорткових гібридів

Комбінації схрещувань	Вміст білка в бульбах батьківських форм, %			Вміст білка в бульбах потомства, % ($M \pm m$)	Коефіцієнт кореляції між вмістом білка батьківських форм і потомства, r
	♀	♂	середнє, $M \pm m$		
Щедрик × (Крініца × Дубравка)	1,21	1,08	$1,14 \pm 0,03$	$1,12 \pm 0,02$	-0,163
(Карпатська × Пригожа) × Альоетт	1,20	0,90	$1,05 \pm 0,03$	$1,20 \pm 0,04$	+0,439
(Слава × Памір) × Тайфун	1,20	1,13	$1,16 \pm 0,02$	$1,45 \pm 0,04$	+0,762
Тайфун × (Невська × Мавка)	1,40	1,22	$1,31 \pm 0,03$	$1,40 \pm 0,05$	+0,201
Кіммерія × (Виток × Скарбниця)	1,40	1,20	$1,31 \pm 0,02$	$1,25 \pm 0,05$	-0,242

Відомо, що компонентом сирого протеїну є білок, біологічна цінність і вміст його в бульбах змінюються паралельно, але слід зазначити, що збільшення небілкової фракції в цілому погіршує біологічну цінність сирого протеїну.

Дослідженнями, проведеними вченими Інституту картоплярства НААН в умовах Центрального Полісся виділено

19 сортів, які позитивно реагують на показники зміни вмісту господарсько цінних показників та на покращення смакових (органолептичних) якостей. Аналіз, що проведено за кластерами, дав можливість ідентифікації сортів картоплі з підвищеним відсотком вмісту крохмалю та з високими смаковими якостями, що свідчить про здатність потомства набувати

потомством кращих показників якості в порівнянні до вихідних батьківських форм [28].

Проведений аналіз щодо співвідношення білок : сирий протеїн залежав як від походження вихідного матеріалу, так і від добору вихідних батьківських пар для проведення гібридизації. Найбільший відсоток (42,8)

білка в сирому протеїні мали гібриди, отримані від самозапилення сортів картоплі Світанок київський та Диво, тоді як співвідношення білка до сирого протеїну в популяціях, створених на основі простих міжсортних схрещувань та на основі складних міжсортних схрещувань складало лише 33,0 та 31,5 % відповідно (табл. 5, 6).

5. Вплив батьківських форм на вміст сирого протеїну в бульбах потомства, отриманого від самозапилення сортів картоплі

Самозапильні форми	Вміст сирого протеїну в бульбах батьківських форм, %		Вміст сирого протеїну в бульбах потомства, % ($M \pm m$)	Коефіцієнт кореляції між вмістом сирого протеїну в батьківських форм і потомства, r
	розмах варіювання, <i>min-max</i>	середнє, $M \pm m$		
Оksamит-99	1,96–2,14	$2,05 \pm 0,01$	$2,10 \pm 0,04$	+0,059
Легенда	2,47–2,77	$2,40 \pm 0,02$	$2,50 \pm 0,02$	+0,466
Скарбниця	2,74–3,16	$2,95 \pm 0,01$	$1,80 \pm 0,04$	-0,488
Червона рута	2,64–2,85	$2,74 \pm 0,04$	$2,20 \pm 0,06$	+0,689
Диво	1,90–2,25	$2,07 \pm 0,02$	$2,06 \pm 0,06$	-0,043
Світанок київський	2,12–2,77	$2,44 \pm 0,03$	$2,55 \pm 0,04$	+0,274
Околиця	2,08–2,74	$2,41 \pm 0,04$	$1,88 \pm 0,04$	-0,199

6. Вплив батьківських форм на вміст білка в бульбах потомства, отриманого від самозапилення сортів картоплі

Самозапильні форми	Вміст білка в бульбах батьківських форм, %		Вміст білка в бульбах потомства, % ($M \pm m$)	Коефіцієнт кореляції між вмістом білка батьківських форм і потомства, r
	розмах варіювання, <i>min-max</i>	середнє, $M \pm m$		
Оksamит-99	1,05–1,20	$1,12 \pm 0,02$	$1,32 \pm 0,03$	+0,515
Легенда	1,20–1,21	$1,20 \pm 0,02$	$1,40 \pm 0,01$	+0,527
Скарбниця	1,40–1,42	$1,41 \pm 0,03$	$1,15 \pm 0,02$	-0,690
Червона рута	1,30–1,40	$1,35 \pm 0,02$	$1,36 \pm 0,01$	+0,069
Диво	0,85–1,23	$1,04 \pm 0,01$	$1,28 \pm 0,02$	+0,301
Світанок київський	1,10–1,25	$1,17 \pm 0,02$	$1,31 \pm 0,03$	+0,629
Околиця	1,21–1,40	$1,30 \pm 0,03$	$1,21 \pm 0,02$	-0,198

Підсумовуючи результати проведених досліджень можна стверджувати, що в новоствореного потомства спостерігались різні типи успадкування вмісту показників сирого протеїну і білка – від депресії до проміжного і домінування.

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено, що між вихідними батьківськими формами та отриманим потомством за вмістом сирого протеїну та білка виявлена висока кореляційна залежність: за простого міжсортного схрещування Диво × Легенда і Легенда × Слаута, вміст показника сирого

протеїну в бульбах потомства в середньому складав відповідно 2,35 і 2,36 %, а білка – 1,34 і 1,32 %. Коефіцієнт кореляції між ознаками вмісту сирого протеїну в комбінаціях Слава × Оксамит-99, Легенда × Слаута та Електра × Віра був близьким до середнього додатного ($r = +0,300 - +0,480$) і $r = +0,207 - +0,675$ за вмістом білка. Але не кожна з популяцій, що отримана від простих міжсортних схрещувань характеризувалась високим проявом цих ознак в отриманого потомства. В комбінації Фотинія × Легенда та Ірга × Мирослава коефіцієнт кореляції був низьким від'ємним і відповідно становив $-r = -0,181$ і $-0,184$. Ці дані вказують на певні труднощі в створенні високобілкового потомства.

В решті комбінацій даного типу проведення схрещування виявлена слабка (від $r = +0,096$) до середньої ($r = +0,480$) прямої залежності між вмістом сирого протеїну і середня (від $r = +0,384$) до високої додатної ($r = +0,675$) вмісту білка у батьківських форм і потомства, що свідчить про можливість залучення до гібридизації за фенотипом наведеного матеріалу. Незалежно від походження вихідного матеріалу

картоплі практично в всього потомства гібридів спостерігалось домінантне успадкування цієї ознаки вмісту сирого протеїну і білка, за виключенням двох комбінацій, де відмічено рецесивне успадкування показників білка.

За використання вихідного батьківського матеріалу, що створено на основі простого міжсортного схрещування сортів картоплі української й закордонної селекції, складних міжсортних гібридів та самозапильних форм від сортів картоплі є можливість значного розширення генетичної бази селекційного матеріалу, що створюється, на показники вмісту сирого протеїну і білка та підвищення ефективності селекційної роботи за цими ознаками.

Виділені, в ході проведення досліджень гібриди картоплі за своїми високими показниками стануть перспективним цінним вихідним матеріалом для практичної селекції та будуть проходити подальше дослідження стосовно усіх етапів селекційного випробування та Державної науково-технічної експертизи.

Список використаної літератури

1. Біохімічна характеристика сортів картоплі за вирощування в умовах Західного Лісостепу України / А. Коваль та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (1). С. 110–122. <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/71-1/7.pdf>.
2. Бондарчук А. А. Наукові основи насінництва картоплі в Україні : монографія. Біла Церква, 2010. 400 с.
3. Вишнеvsька О. А. Вплив мінерального живлення на урожайність та біохімічні показники якості бульб картоплі сортів різних груп стиглості. *Картоплярство України*. 2014. № 1/2. С. 42–46.
4. Каленська С. М., Кнап Н. В., Федосій І. О. Картопля: біологія та технологія вирощування : монографія. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017.
5. Картоплярство: методика дослідної справи / А. А. Бондарчук та ін. ; за ред. А. А. Бондарчука, В. А. Колтунова. Вінниця, 2019. 652 с.
6. Картоплярство: селекція / за ред. А. А. Бондарчука, Т. М. Олійник. Вінниця : Твори, 2020. 624 с.
7. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. / Е. Р. Ермантраут та ін. Біла Церква, 2018. 104 с.

References

1. Biochemical characteristics of potato varieties by growing in conditions of Western Forest-Steppe of Ukraine / A. Koval et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2022. Issue 71 (1). P. 110–122. <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/71-1/7.pdf>.
2. Bondarchuk A. A. Scientific basis of potato seed production in Ukraine : monograph. Bila Tserkva, 2010. 400 p.
3. Vyshnevskaya O. A. The effect of mineral nutrition on yield and biochemical indicators of the quality of potato tubers of varieties of different maturity groups. *Kartopliarstvo Ukrainy*. 2014. No. 1/2. P. 42–46.
4. Kalenska S. M., Knap N. V., Fedosius I. O. Potatoes: biology and cultivation technology : monograph. Vinnytsia : Nilan-LTD LLC, 2017.
5. Potato growing: a method of research / A. A. Bondarchuk et al. ; za red. A. A. Bondarchuk, V. A. Koltunov. Vinnytsia, 2019. 652 p.
6. Potato growing: breeding / za red. A. A. Bondarchuk, T. M. Oliynyk. Vinnytsia : Tvory, 2020. 624 p.
7. Methodology of scientific researches in agronomics / E. R. Ermantraut. Bila Tserkva, 2018. 104 p.

8. Методологія оцінки сортотразків картоплі на стійкість до основних шкідників та збудників хвороб / С. О. Трибел та ін. ; за наук. ред. С. О. Трибеля та А. А. Бондарчука. Київ : Національна наука, 2013. 264 с.

9. Оцінка сортів картоплі за їх адаптивною здатністю до умов Лісостепу та Полісся України / Т. Д. Сонець та ін. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 74. С. 148–154. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.74.27>.

10. Писаренко Н. В., Сидорчук В. І., Захарчук Н. А. Вивчення адаптивної здатності сортів картоплі за ознакою «врожайність» в умовах Центрального Полісся. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (1). С. 123–140. <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/71-1/8.pdf>.

11. Писаренко Н. В., Сидорчук В. І., Захарчук Н. А. Вивчення стійкості сортів картоплі до посухи в умовах Центрального Полісся України. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2021. Вип. 2 (2). С. 91–97. <https://journal-agriplant.com/index.php/journal/article/view/25/23>.

12. Положенець В. М., Тимошенко Т. В. Проведення оцінки вихідного та селекційного матеріалу картоплі на стійкість проти бактеріальних хвороб і стеблової нематоди : методичні рекомендації. Житомир, 1994. 12 с.

13. Семенчук В. Г. Продуктивність насіннєвої картоплі сортів різних груп стиглості в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (II). С. 170–181. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-11](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-11).

14. Сонець Т. Д. Характеристика сортів картоплі Поліської зони за параметрами адаптивності. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «*Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry*». Люблін, Республіка Польща. 2021. С. 232–236.

15. Спеціальна селекція польових культур : навчальний посібник / В. Д. Бугайов та ін. ; за ред. М. Я. Молоцького. Біла Церква, 2010. 368 с. <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Dubovaya/0027328.pdf>.

16. Споживча якість перспективних гібридів картоплі (*Solanum tuberosum* L.) / Н. С. Кожушко та ін. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Vol. 16. No. 2. P. 173–181. <https://journal.sops.gov.ua/article/view/209235/209929>.

17. Створення селекційного матеріалу картоплі, стійкого до хвороб, із комплексом основних господарсько-цінних ознак / Б. А. Таткаєв та ін. *Вісник Сумського національного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2023. Вип. 3 (53). С. 93–98. <https://snaubulletin.com.ua/index.php/ab/article/view/989/906>.

18. Тимко, Л. В., Фурдига, М. М., Верменко, Ю. Я. Адаптивні властивості різних сортів картоплі в умовах Правобережного Полісся України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14.

8. Methodology of evaluation of potato variety-samples on resistance against basic pests and causative agents of diseases / S. O. Trybel et al. ; za nauk. red. S. O. Trybelia ta A. A. Bondarchuka. Kyiv : Ahrarna nauka, 2013. 264 p.

9. Evaluation of potato varieties according to their adaptability to the conditions of the Forest-Steppe and Polissia of Ukraine / T. D. Sonets et al. *Zroshuvane zemlerobstvo*. Issue 74. P. 148–154. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.74.27>.

10. Pysarenko N. V., Sydoruk V. I., Zakharchuk N. A. Study of the adaptive capacity of potato varieties according to the characteristic «yield» in the conditions of the Central Polissia. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2022. Issue 71 (1). P. 123–140. <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/71-1/8.pdf>.

11. Pysarenko N. V., Sydoruk V. I., Zakharchuk N. A. Studying the resistance of potato varieties to drought in the conditions of the Central Polissia of Ukraine. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka*. 2021. Issue 2 (2). P. 91–97. <https://journal-agriplant.com/index.php/journal/article/view/25/23>.

12. Polozhenets V. M., Tymoshenko T. V. Evaluation of the source and selection material of potatoes for resistance to bacterial diseases and stem nematodes : guidelines. Zhytomyr, 1994. 12 p.

13. Semenchuk V. H. Seed potato productivity of varieties of different ripeness groups in condition of south-western part of the Forest-Steppe of Ukraine. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2020. Issue 67 (II). P. 170–181. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-11](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-11).

14. Sonets T. D. Characteristics of potato varieties of the Polissia zone according to adaptability parameters. Materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «*Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry*». Liublin, Respublika Polshcha. 2021. P. 232–236.

15. Special selection of field crops : educ. manual / V. D. Bugayov et al. ; za red. M. Ya. Molotsky. Bila Tserkva, 2010. 368 p. <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Dubovaya/0027328.pdf>.

16. Customer-related quality of perspective potato hybrids (*Solanum tuberosum* L.) / N. S. Kozhushko et al. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Vol. 16. No. 2. P. 173–181. <https://journal.sops.gov.ua/article/view/209235/209929>.

17. Creation of disease-resistant potato breeding material with a complex of main economic and valuable characters / B. A. Taktaiev et al. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho universytetu. Seriya «Ahronomiia i biolohiia»*. 2023. Issue 53 (3). P. 93–98. <https://snaubulletin.com.ua/index.php/ab/article/view/989/906>.

№ 2. С. 224–229. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134774>.

19. Філонов М. М. Цікаве про картоплю. *Агроном*. 2007. № 1. С. 132–135.

20. Фурдига М. М. Адаптивна здатність та потенційні властивості сортів картоплі селекції Інституту картоплярства НААН. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 103–109. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.16>.

21. Bough, R. A., Holm, D. G., & Jayanty, S. S. Evaluation of cooked flavour for fifteen potato genotypes and the correlation of sensory analysis to instrumental methods. *American Journal of Potato Research*, 2020. Vol. 97, P. 63–77. <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09757-0>.

22. Busse J. S., Wiberley-Bradford A. E., & Bethke P. C. Transient heat stress during tuber development alters post-harvest carbohydrate composition and decreases processing quality of chipping potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019. Vol. 99. Issue 5. P. 2579–2588. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9473>.

23. Changes in the nitrogen compound transformation processes of typical chernozem depending on the tillage systems and fertilizers / O. Tsyuk et al. *Agraarteadus. Journal of Agricultural Science*. 2022. XXXIII (1). P. 192–198. <https://doi.org/10.15159/jas.22.23>.

24. Collaborative selection of improved varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Harari People Regional State and Eastern Hararghe Zone / M. Jafar et al. *Journal of Plant Sciences*. 2020. Vol. 8. Issue 6. P. 208–213. <http://dx.doi.org/10.11648/j.jps.20200806.13>.

25. Farmers feel the climate change: Variety choice as an adaptation strategy of European potato farmers / Ph. Von Gehren et al. *Climate*. 2023. Vol. 11. Issue 9. 189. <https://doi.org/10.3390/cli11090189>.

26. Fixed nitrogen in agriculture and its role in agrocenoses / S. Tanchyk et al. *Agronomy Research*. 2021. 19 (2). 601–611. <https://dSPACE.emu.ee/items/857d4f71-9bf8-46b0-95ce-dff46332d8d0>.

27. Furrow-ridge mulching managements affect the yield, tuber quality and storage of continuous cropping potatoes / Y. Kang et al. *Plant, Soil and Environment*. 2020. 66 (11), P. 576–583. <https://doi.org/10.17221/316/2020-PSE>.

28. Influence of weather conditions in Central Polissia, Ukraine, on the expression of quality indicators in potato cultivars of different maturity groups / N. Pysarenko et al. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27. No. 6. P. 51–62. <https://doi.org/10.48077/scihor6.2024.51>.

29. Myalkovskyyi R. O. Biometrical indexes of plants of potato depending on sort, terms of seating and depth of inwrapping of tubers in the conditions of right-bank forest-steppe of Ukraine. *Vegetable and melon growing*. 2016. Vol. 63. P. 242–248. <https://vegetables-journal.com/index.php/journal/article/view/71/77>.

30. Morphological, physicochemical, functional, pasting, thermal properties and digestibility of hausa

18. Tymko L. V., Furdyga M. M., Vermenko Yu. I. Adaptive capacity of different potato varieties under the conditions of the Right-Bank Polissia of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Vol. 14. No. 2. P. 224–229. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134774>.

19. Filonov M. M. Interesting about potatoes. *Agronom*. 2007. No. 1. P. 132–135.

20. Furdyha M. M. Adaptability and potential properties of potato varieties selected by the Institute of Potato Breeding of the National Academy of Sciences. *Ahrarni innovatsii*. 2022. No. 12. P. 103–109. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.16>.

21. Bough R. A., Holm D. G., & Jayanty S. S. Evaluation of cooked flavour for fifteen potato genotypes and the correlation of sensory analysis to instrumental methods. *American Journal of Potato Research*, 2020. Vol. 97, P. 63–77. <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09757-0>.

22. Busse J. S., Wiberley-Bradford A. E., & Bethke P. C. Transient heat stress during tuber development alters post-harvest carbohydrate composition and decreases processing quality of chipping potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019. Vol. 99. Issue 5. P. 2579–2588. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9473>.

23. Changes in the nitrogen compound transformation processes of typical chernozem depending on the tillage systems and fertilizers / O. Tsyuk et al. *Agraarteadus. Journal of Agricultural Science*. 2022. XXXIII (1). P. 192–198. <https://doi.org/10.15159/jas.22.23>.

24. Collaborative selection of improved varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Harari People Regional State and Eastern Hararghe Zone / M. Jafar et al. *Journal of Plant Sciences*. 2020. Vol. 8. Issue 6. P. 208–213. <http://dx.doi.org/10.11648/j.jps.20200806.13>.

25. Farmers feel the climate change: Variety choice as an adaptation strategy of European potato farmers / Ph. Von Gehren et al. *Climate*. 2023. Vol. 11. Issue 9. 189. <https://doi.org/10.3390/cli11090189>.

26. Fixed nitrogen in agriculture and its role in agrocenoses / S. Tanchyk et al. *Agronomy Research*. 2021. 19 (2). 601–611. <https://dSPACE.emu.ee/items/857d4f71-9bf8-46b0-95ce-dff46332d8d0.27>.

27. Furrow-ridge mulching managements affect the yield, tuber quality and storage of continuous cropping potatoes / Y. Kang et al. *Plant, Soil and Environment*. 2020. 66 (11), P. 576–583. <https://doi.org/10.17221/316/2020-PSE>.

28. Influence of weather conditions in Central Polissia, Ukraine, on the expression of quality indicators in potato cultivars of different maturity groups / N. Pysarenko et al. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27. No. 6. P. 51–62. <https://doi.org/10.48077/scihor6.2024.51>.

29. Myalkovskyyi R. O. Biometrical indexes of plants of potato depending on sort, terms of seating and

potato (*Plectranthus rotundifolius*) flour and starch / P. P. Akhila et al. *Applied Food Research*. 2022. Vol. 2, Issue 2. 100193. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100193>.

31. Potato production in North-western Europe (Germany, France, the Netherlands, United Kingdom, Belgium): Characteristics, Issues, Challenges and Opportunities / J. P. Goffart et al. *Potato Research*. 2022. Vol. 65. P. 503–547. <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09535-8>.

32. Potato protein: An emerging source of high quality and allergy free protein, and its possible future based products / M. Hussain et al. *Food Research International*. 2021. Vol. 148, 110583. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110583>.

33. Variety and on-farm seed management practices affect potato seed degeneration in the tropical highlands of Ecuador / I. Navarrete et al. *Agricultural systems*. Vol. 198. 103387. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103387>.

34. Vegetables, potatoes and their products as sources of energy and nutrients to the average diet in Poland / H. Górška-Warsewicz et al. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. 18 (6), 3217. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063217>.

35. Wild relatives of potato may bolster its adaptation to new niches under future climate scenarios / N. Fumia et al. *Food Energy Security*. 2022. Vol. 11. Issue 2. e360. <https://doi.org/10.1002/fes3.360>.

depth of inwrapping of tubers in the conditions of right-bank forest-steppe of Ukraine. *Vegetable and melon growing*. 2016. Vol. 63. P. 242–248. <https://vegetables-journal.com/index.php/journal/article/view/71/77>.

30. Morphological, physicochemical, functional, pasting, thermal properties and digestibility of hausa potato (*Plectranthus rotundifolius*) flour and starch / P. P. Akhila et al. *Applied Food Research*. 2022. Vol. 2, Issue 2. 100193. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100193>.

31. Potato production in North-western Europe (Germany, France, the Netherlands, United Kingdom, Belgium): Characteristics, Issues, Challenges and Opportunities / J. P. Goffart et al. *Potato Research*. 2022. Vol. 65. P. 503–547. <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09535-8>.

32. Potato protein: An emerging source of high quality and allergy free protein, and its possible future based products / M. Hussain et al. *Food Research International*. 2021. Vol. 148, 110583. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110583>.

33. Variety and on-farm seed management practices affect potato seed degeneration in the tropical highlands of Ecuador / I. Navarrete et al. *Agricultural systems*. Vol. 198. 103387. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103387>.

34. Vegetables, potatoes and their products as sources of energy and nutrients to the average diet in Poland / H. Górška-Warsewicz et al. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. 18 (6), 3217. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063217>.

35. Wild relatives of potato may bolster its adaptation to new niches under future climate scenarios / N. Fumia et al. *Food Energy Security*. 2022. Vol. 11. Issue 2. e360. <https://doi.org/10.1002/fes3.360>.

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-5

Оригінальна наукова стаття

УДК 57.047:631.872(477.41/.42)

**ОЦІНКА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА ПОЖИВНОЇ ЦІННОСТІ
ЗЕЛЕНОЇ МАСИ *INULA HELENIUM* L. В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ****М. М. Світельський, О. В. Ішук, М. В. Слюсар, І. І. Ковальчук, В. Ю. Мамченко**

Житомирський державний
університет імені Івана Франка
вул. Велика Бердичівська, 40,
м. Житомир, 10008

Про авторів:

Микола СВІТЕЛЬСЬКИЙ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0003-1501-4168

Оксана ІЩУК,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-8993-8366

Микола СЛЮСАР,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-3668-2109

Ірина КОВАЛЬЧУК,
кандидат ветеринарних наук
ORCID: 0000-0002-2421-7533

Віталій МАМЧЕНКО,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-7208-6363

Для листування:

Микола СВІТЕЛЬСЬКИЙ
e-mail: svitmm71@ukr.net

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

30 травня 2025 р.

Погоджено до друку:

18 липня 2025 р.

Опубліковано:

30 грудня 2025 р.

У дослідженні проаналізовано хімічний склад та поживну цінність зеленої маси оману звичайного (*Inula helenium* L.), вирощеного в Поліському регіоні України. Дослідження проведено з 2016 до 2022 р., оцінювали суху речовину, сирий протеїн, клітковину, золу та макро/мікроелементи у фазі бутонізації та на початку цвітіння. Результати показують, що зелена маса у фазі бутонізації містить оптимальний рівень каротину (близько 50 мг/кг), сирого протеїну (3,18–3,28 %), кальцію (0,49–0,53 %) та фосфору (~0,05 %). Поживна цінність вища на 2–3-й рік вегетації, а якість знижується на 4-й рік через збільшення вмісту клітковини та золи. Через гіркі речовини та алкалоїди, що роблять свіжу масу несмачною, виробництво силосу з іншими кормами поліпшує його якість та зберігання. У дослідженні встановлено, що оман звичайний є перспективною кормовою культурою на Поліссі.

Ключові слова: оман високий, зелена маса, фаза бутонізації, цвітіння, каротин, суха речовина, сирий протеїн, сирий жир, сира клітковина, хімічний склад, сировина.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Світельський М. М., Ішук О. В., Слюсар М. В., Ковальчук І. І., Мамченко В. Ю., 2025

Evaluation of the chemical composition and nutritional value of the green mass of *Inula helenium* L. in the conditions of Polissia, Ukraine

Zhytomyr Ivan Franko State University
40, Velyka Berdychivska Str.,
Zhytomyr, 10008

About authors:

Mykola SVITELSKYI
ORCID: 0000-0003-1501-4168

Oksana ISHCHUK
ORCID: 0000-0002-8993-8366

Mykola SLIUSAR
ORCID: 0000-0002-3668-2109

Iryna KOVALCHUK
ORCID: 0000-0002-2421-7533

Vitalii MAMCHENKO
ORCID: 0000-0002-7208-6363

For corresponding:
Mykola SVITELSKYI
e-mail: svitmm71@ukr.net

Funding information:
Ministry of Education and Science of Ukraine

Received:
May 30, 2025
Accepted:
July 18, 2025
Published:
December 30, 2025

The study analyzes the chemical composition and nutritional value of the green mass of common elecampane (*Inula helenium* L.) grown in the Polissia region of Ukraine. The research was conducted from 2016 to 2022, evaluating dry matter, crude protein, fiber, ash, and macro/microelements in the budding phase and at the beginning of flowering. The results show that the green mass in the budding phase contains optimal levels of carotene (about 50 mg/kg), crude protein (3.18–3.28 %), calcium (0.49–0.53 %), and phosphorus (~0.05 %). The nutritional value is higher in the 2nd–3rd year of vegetation, and the quality decreases in the 4th year due to an increase in fiber and ash content. Due to bitter substances and alkaloids that make fresh mass unpalatable, silage production with other feeds improves feed quality and storage. The study found, that common elecampane is a promising feed crop in Polissia.

Keywords: elecampane tall, green mass, budding phase, flowering, carotene, dry matter, crude protein, crude fat, crude fiber, chemical composition, raw materials.

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

Вступ. Даних про використання зеленої маси оману високого в Україні в літературі ми не знаходили. Дослідження щодо використання зеленої маси оману високого в суміші з іншими кормовими культурами в умовах Полісся України не проводилися. Аналіз зеленої маси оману високого на поживну цінність і хімічний склад, який провели закордонні автори, показав, що за багатьма показниками вона відповідає стандартам достатньої якості корму [23]. Вивчення хімічного складу нетрадиційних кормових рослин довело їх посередню поживну цінність [12, 13]. Підтвердженням посереднього значення

кормового потенціалу є дослідження біохімічного складу зеленої маси (вміст сухої речовини, сирого протеїну, сирій клітковини, сирій золи) оману високого [22]. Наявність антимікробних властивостей може вказувати на потенційні переваги оману високого як добавки до корму, що сприяє здоров'ю травної системи тварин [18, 19, 24].

Біологічно активні сполуки, що містяться в омані високому (зокрема інулін, сесквітерпенові лактони, фенольні кислоти, флавоноїди), та їх фармакологічні властивості (імуностимулюючі, протизапальні, антимікробні,

антигельмінтні) підтверджують, що він може бути цінним для тварин не лише для забезпечення енергією та протеїном, а й як джерело функціональних інгредієнтів [21]. А вплив компонентів оману високого на продуктивність, перетравність корму, здоров'я кишківника та антиоксидантний статус у бройлерів демонструє, що *Inula helenium* L. містить біоактивні сполуки, які можуть позитивно впливати на тварин, і це є важливим аргументом для подальшого вивчення показників зеленої маси [20].

Для отримання високих та стабільних урожаїв оману високого (*Inula helenium* L.), а також для максимізації вмісту в ньому фармакологічно активних речовин потрібно дотримуватися певних агротехнічних вимог. Хоча деякі автори [17] рекомендують вирощувати окремі лікарські рослини, зокрема й оман високий, у спеціальних сівозмінках з короткою ротацією, проте, за даними В. В. Лихочвора та ін. [10], такі культури, як оман високий, солодка гола та цмин пісковий, здатні рости на одному місці десятки років, тому їх часто розміщують поза основною сівозмінкою.

За даними Г. Є. Киричук та ін. [2], у культивуванні лікарських рослин критично важливо враховувати їх індивідуальні вимоги до умов зовнішнього середовища. Задоволення цих потреб не лише гарантує високі та стабільні врожаї, але й сприяє значному збільшенню концентрації бажаних біологічно активних сполук [1].

Для вирощування оману високого рекомендовано виділяти чисті від бур'янів ділянки з рівним рельєфом. Найбільш придатними ґрунтами вважають структурні чорноземи легкого та середнього механічного складу [11].

Щодо попередників, [9] вказує на перевагу чистих та зайнятих удобрених парів, а також озимих зернових, що були висіяні після чистих/зайнятих парів або багаторічних бобових трав. Водночас [14] розширює цей перелік, вважаючи добрими попередниками кукурудзу на силос, горох та інші просапні культури.

Загалом, оман високий досить легко адаптується до умов культивування і не вимагає особливих умов вирощування [16]. Проте [10] уточнює, що оптимальними є чорноземні, супіщані та легкі суглинисті ґрунти з достатнім вмістом перегною, а також структурні, що не схильні до утворення кірки. Автори [2] погоджуються, що найкращими попередниками є чорний пар, просапні та озимі культури, а також ті, які вирощували після удобрених парів. Нерідко оман високий вирощують на запільних ділянках, у прифермських кормових сівозмінках або на присадибних ділянках у понижених місцях [11]. Серед інших ефективних попередників також виділяють чистий та зайнятий пар, однорічні та багаторічні бобові трави, горох, пшеницю озиму та овочеві культури [7].

Матеріали і методи. Дослідження проводили в ботанічному розсаднику Науково-дослідної агробіологічної станції Житомирського державного університету імені Івана Франка у 2016–2022 рр. Досліди закладено згідно з методикою проведення польових досліджень із лікарськими рослинами [15]. Об'єктом дослідження була зелена маса оману високого (*Inula helenium* L.), вирощеного в типових ґрунтово-кліматичних умовах Полісся України. Дослідження проводили у 4-повторній схемі з рандомізованим розміщенням ділянок. Розмір кожної ділянки – 10 м². Варіанти досліду: контроль (стандартна агротехніка); дослідні групи з різними нормами висіву (0,5; 1,0 та 1,5 кг/га насіння). Попередник – пшениця озима після чистого пару. Основний обробіток ґрунту – оранка на глибину 25–27 см + 2 культивачі. Строки висіву: підзимній (жовтень) та ранньовесняний (квітень). Норма висіву – 1,0 кг/га (стратифіковане насіння). Удобрення (передпосівне) – N₆₀P₄₀K₄₀, органіка – 20 т/га перегною. Агрохімічні показники ґрунту досліджуваної ділянки (2016–2022 рр.) наведено в табл. 1.

1. Характеристика ґрунту за даними агрохімічного аналізу (ДСТУ 4115:2007)

Показник	Значення	Норматив (ДСТУ)	Примітки
рН (сол.)	6,2 ± 0,1	5,5 – 7,0	Оптимальний
Гумус, %	2,8 ± 0,2	≥ 2,5	Середній рівень
Рухомий фосфор, мг/кг	125 ± 5	≥ 80	Високий
Обмінний калій, мг/кг	180 ± 7	≥ 120	Підвищений
Легкогідролізний азот, мг/кг	25 ± 1	≥ 15	Задовільний

Зелену масу оману високого збирали у фазі бутонізації та на початку цвітіння для визначення динаміки зміни її хімічного складу. Врожайність обраховували методом прямого обстеження ділянок (5 точкових проб по 1 м²). Зразки відбирали з репрезентативних ділянок для забезпечення достовірності отриманих даних. Для визначення хімічного складу зібраних зразків використовували стандартні методи аналізу. Вміст сухої речовини визначали ваговим методом після висушування зразків до постійної маси за температури 105 °С, сирого протеїну – за методом К'ельдаля, сирого клітковини – за методом Геннеберга і Штомана, сирого жиру – екстракційним методом (за Сокслетом) [3, 4, 8], сирого золи – шляхом спалювання зразків у муфельній печі за температури 550 °С, БЕР (безазотисті екстрактивні речовини) розраховували за різницею [5, 6, 15]. Вміст макро- та мікроелементів визначали за допомогою методу атомно-абсорбційної спектроскопії. На основі отриманих даних хімічного складу розраховували показники поживної цінності корму, такі як: обмінна енергія

(ОЕ), визначена за загальноприйнятими формулами для жуйних/моногастричних тварин, кормові одиниці (КО), перетравний протеїн [3, 8, 15]. Дані аналізували у Statistica 10.0 (ANOVA, критерій Тьюкі, * $p < 0,05$). Для всіх показників розраховано SE (стандартна похибка) та 95 % довірчий інтервал.

Результати та обговорення. За хімічним складом і поживною цінністю, як свідчать наші дослідження, оман високий як кормова культура посередній за своїми показниками. Табл. 2 показує динаміку змін за роками для однієї фази (бутонізація), табл. 3 демонструє відмінності між фазами розвитку для окремих років. За багаторічними даними (2018–2022 рр.), вміст кальцію в 1 кг зеленої маси у фазі бутонізації не перевищував 0,52 %, фосфору – 0,07 %. Однак вміст каротину був високим – 52 мг. Відзначено невисокі показники вмісту сирого протеїну (3,67 %), сирого жиру (0,95 %). Найвищий вміст сирого протеїну (5,18 %) та фосфору (0,07 %) зафіксовано у 2021 р. Рівень каротину стабільно високий (48–52 мг/кг) (табл. 2).

2. Хімічний склад і поживна цінність оману високого (фаза бутонізації) на другому році вегетації (M ± SE, n = 4)

Показники	2018	2019	2020	2021	2022
Кальцій, %	0,47 ± 0,02	0,48 ± 0,01	0,49 ± 0,02	0,52 ± 0,01	0,49 ± 0,02
Фосфор, %	0,03 ± 0,005	0,05 ± 0,006	0,03 ± 0,004	0,07 ± 0,008*	0,05 ± 0,005
Каротин, мг	52,0 ± 1,8	48,0 ± 1,5	50,0 ± 2,1	49,0 ± 1,7	49,0 ± 1,9
Суша речовина, %	22,20 ± 0,45	21,00 ± 0,38	19,05 ± 0,42	20,60 ± 0,39	21,46 ± 0,41
Сирий протеїн, %	2,29 ± 0,08	2,35 ± 0,09	2,93 ± 0,10	5,18 ± 0,18*	3,15 ± 0,11
Сирий жир, %	0,74 ± 0,03	0,64 ± 0,03	0,56 ± 0,02	1,09 ± 0,06	0,84 ± 0,04
Сира клітковина, %	5,48 ± 0,18	5,61 ± 0,17	4,60 ± 0,15	3,48 ± 0,14	4,72 ± 0,15
БЕР, %	5,49 ± 0,16	7,92 ± 0,22	7,51 ± 0,21	10,61 ± 0,30	6,06 ± 0,18
Сира зола, %	3,39 ± 0,10	3,33 ± 0,09	3,50 ± 0,11	3,24 ± 0,08	3,36 ± 0,09

* $p < 0,05$ порівняно з 2018–2020 рр.

За результатами визначення поживної цінності і хімічного складу зеленої маси оману високого під час бутонізації та на

початку цвітіння кращі показники отримали під час скошування зеленої маси у фазі бутонізації.

3. Динаміка хімічного складу за фазами розвитку (2-й рік вегетації, $M \pm SE$, $n = 4$)

Рік	Фаза	Ca, %	P, %	Каротин, мг/кг	Суша речовина, %	Сирий протеїн, %	Сирий жир, %	Сира кліт-ковина, %	БЕР, %
2018	Бутонізація	0,47 ± 0,02	0,03 ± 0,005	52,0 ± 1,8	22,20 ± 0,45	2,29 ± 0,08	0,74 ± 0,03	5,48 ± 0,18	5,49 ± 0,16
	Цвітіння	0,56 ± 0,02*	0,07 ± 0,006	42 ± 1,6	29,89 ± 0,55*	2,08 ± 0,07	0,61 ± 0,02	5,76 ± 0,19	5,49 ± 0,15
2019	Бутонізація	0,48 ± 0,01	0,05 ± 0,006	48,0 ± 1,5	21,00 ± 0,38	2,35 ± 0,09	0,64 ± 0,03	5,61 ± 0,17	7,92 ± 0,22
	Цвітіння	0,46 ± 0,02	0,07 ± 0,005	50 ± 1,7	26,40 ± 0,48*	3,01 ± 0,11*	0,67 ± 0,03	5,39 ± 0,16	7,96 ± 0,23
2020	Бутонізація	0,49 ± 0,02	0,03 ± 0,004	50,0 ± 2,1	19,05 ± 0,42	2,93 ± 0,10	0,56 ± 0,02	4,60 ± 0,15	7,51 ± 0,21
	Цвітіння	0,41 ± 0,02	0,06 ± 0,005	48 ± 1,6	25,03 ± 0,45*	3,26 ± 0,12*	0,69 ± 0,03	3,90 ± 0,14	7,64 ± 0,22
2021	Бутонізація	0,52 ± 0,01	0,07 ± 0,008	49,0 ± 1,7	20,60 ± 0,39	5,18 ± 0,18*	1,09 ± 0,06	3,48 ± 0,14	10,61 ± 0,30
	Цвітіння	0,65 ± 0,02*	0,08 ± 0,006	59 ± 1,9	27,52 ± 0,52*	4,28 ± 0,15*	1,17 ± 0,05	5,35 ± 0,17	7,18 ± 0,21
2022	Бутонізація	0,49 ± 0,02	0,05 ± 0,005	49,0 ± 1,9	21,46 ± 0,41	3,15 ± 0,11	0,84 ± 0,04	4,72 ± 0,15	8,66 ± 0,24
	Цвітіння	0,57 ± 0,02*	0,08 ± 0,006	46 ± 1,5	24,20 ± 0,46	3,75 ± 0,13*	0,80 ± 0,04	4,80 ± 0,15	6,66 ± 0,19
Середнє	Бутонізація	0,49 ± 0,02	0,05 ± 0,01	49,6 ± 1,6	20,86 ± 1,24	3,18 ± 1,16	0,77 ± 0,20	4,78 ± 0,82	7,84 ± 1,89
	Цвітіння	0,53 ± 0,09*	0,07 ± 0,01	49,0 ± 6,3	26,61 ± 2,36*	3,28 ± 0,85	0,79 ± 0,22	5,04 ± 0,89	6,99 ± 1,01

* $p < 0,05$ між фазами для одного року.

Так, у середньому за п'ять років вміст кальцію у фазі бутонізації становив 0,49 %, цвітіння – 0,53 % (табл. 3), каротину – відповідно 49,6 і 49,0 мг. Відзначено високий рівень сирого протеїну у зразках, відібраних у фазі бутонізації (3,18 %), і дещо вищий (3,28 %) – у фазі цвітіння. Вміст сухої речовини становив 20,86 % у фазі бутонізації та 26,61 % – у фазі цвітіння. У фазі цвітіння зростає вміст сухої речовини (до 29,89 %) та кальцію (0,65 %), але знижується каротин (42 мг/кг у 2018 р.). За вмістом сухої речовини зелена маса у фазі бутонізації і цвітіння відповідала вимогам високої якості. Поживна цінність і хімічний склад істотно змінювалися залежно від року вегетації оману високого.

Від року вегетації залежить хімічний склад і поживна цінність корму. З продовженням вегетації рослин у них зменшується вміст протеїну, вітамінів, мінеральних речовин та збільшується

кількість клітковини, внаслідок чого зменшується поживна цінність корму.

Щодо строків використання, на відміну від інших культур, важливе значення має збільшення зеленої маси в період плодоношення. При цьому підвищується врожай сухої речовини, але зменшується вміст каротину, протеїну та інших поживних речовин, а значить, і поживна цінність корму. Найкращими поживними якостями характеризується зелена маса оману високого у фазі бутонізації.

Кращу поживну цінність і хімічний склад зеленої маси отримали на другому-третьому році вегетації. Так, в 1 кг зеленої маси (2016–2019 рр.) на другому-третьому році вегетації містилося 0,25 к. о., 27,1–27,4 г перетравного протеїну, 42–44 мг каротину, 3,01–3,35 % сирого протеїну (табл. 4).

4. Поживна цінність зеленої маси оману високого у фазі бутонізації (в середньому за 2016–2019 рр., $M \pm SE$, $n = 4$)

Рік вегетації	Міститься в 1 кг					Хімічний склад, %						
	кормових одиниць	перетравного протеїну, г	Ca, %	P, %	каротину, мг	суха речовина	сирий протеїн	сира кліт-ковина	БЕР	сира зола	сирий жир	розчинні вуглеводи
Другий	0,25 ± 0,01	27,4 ± 0,9*	0,57 ± 0,02	0,07 ± 0,005	44 ± 1,5	29,9 ± 0,53	3,35 ± 0,12*	5,57 ± 0,18	7,01 ± 0,20	5,82 ± 0,17	1,75 ± 0,06	1,68 ± 0,05
Третій	0,25 ± 0,01	27,1 ± 0,8*	0,58 ± 0,02	0,06 ± 0,004	42 ± 1,4	28,6 ± 0,50	3,01 ± 0,11	5,62 ± 0,17	7,02 ± 0,19	5,84 ± 0,16	2,25 ± 0,07*	1,51 ± 0,04
Четвертий	0,24 ± 0,01	26,0 ± 0,7	0,69 ± 0,02*	0,06 ± 0,004	41 ± 1,3	28,6 ± 0,52	3,02 ± 0,10	5,67 ± 0,19	7,00 ± 0,18	5,89 ± 0,17*	2,38 ± 0,08*	1,35 ± 0,04*

* $p < 0,05$ порівняно з попереднім роком вегетації.

Статистично значущі відмінності між роками вегетації ($p < 0,05$): найвищий вміст перетравного протеїну – на 2-му році (27,4 г), найменший – на 4-му році (26,0 г, $p = 0,04$); кількість сирової золи зростала із віком рослин ($p = 0,01$).

На четвертому році вегетації поживна якість погіршувалася внаслідок зменшення показників хімічного складу зеленої маси.

Аналіз хімічного складу і поживної

якості зеленої маси у фазі бутонізації показав таку ж закономірність, як і попередні дані. Вміст перетравного протеїну на другому році вегетації становив 26,7 г, а на третьому-четвертому роках – 25,2–25,3 г, каротину – відповідно 47 і 43–45 г (табл. 5). За роками вегетації збільшився вміст сирової золи і клітковини в рослинах, що негативно впливало на поживну цінність зеленої маси.

5. Поживна цінність зеленої маси оману високого у фазі бутонізації (2020–2022 рр., $M \pm SE$, $n = 4$)

Рік вегетації	Міститься в 1 кг					Хімічний склад, %						
	кормових одиниць	перетравного протеїну, г	Са, %	Р, %	каротину, мг	суха речовина	сирій протеїн	сира клітковина	БЕР	сира зола	сирій жир	розчинні вуглеводи
Другий	$0,25 \pm 0,01$	$26,7 \pm 0,8$	$0,52 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,005$	$47 \pm 1,5$	$22,4 \pm 0,5$	$3,91 \pm 0,12$	$6,01 \pm 0,18$	$6,73 \pm 0,30$	$4,42 \pm 0,14$	$2,02 \pm 0,06$	$1,75 \pm 0,05$
Третій	$0,23 \pm 0,01^*$	$25,2 \pm 0,7^*$	$0,55 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,006$	$45 \pm 1,4$	$23,6 \pm 0,5$	$3,52 \pm 0,11$	$6,12 \pm 0,17$	$6,72 \pm 0,31$	$2,31 \pm 0,08$	$2,31 \pm 0,07$	$1,70 \pm 0,04$
Четвертий	$0,24 \pm 0,01$	$25,3 \pm 0,7$	$0,57 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,005$	$43 \pm 1,3^*$	$24,0 \pm 0,5$	$3,44 \pm 0,10$	$6,30 \pm 0,18$	$6,81 \pm 0,29$	$4,50 \pm 0,15$	$2,27 \pm 0,06$	$1,62 \pm 0,04$

* $p < 0,05$ порівняно з другим роком вегетації.

У зв'язку з вмістом у зеленій масі оману високого гірких речовин, алкалоїдів, а також бактерицидною і фітонцидною дією, зелена маса оману високого протягом вегетації не поїдається тваринами, а тому її потрібно використовувати для силосування, сінажування, виготовлення брикетів, гранул, трав'яного борошна, сіна. У процесі підготовки таких кормів гіркі речовини й алкалоїди руйнуються.

У наших дослідженнях силосування зеленої маси з іншими кормовими культурами давало позитивні результати

щодо кращої поживної якості і зберігання силосу. Зелена маса оману високого має фітонцидні та бактерицидні властивості і тим самим поліпшує якість і зберігання силосу.

При силосуванні ріпаку з добавкою 10 % зеленої маси оману високого в кормі збільшувалася кількість мінеральних речовин.

У середньому за чотири роки вміст каротину в силосі з ріпаку становив 40 мг, а з добавкою зеленої маси оману високого збільшувався на 1–2 мг (табл. 6).

6. Хімічний склад та поживна цінність кормів (2016–2019 рр., $M \pm SE$, $n = 4$)

Варіант силосу	Протеїн, %	Клітковина, %	Каротин, мг/кг	Оцтова кислота, %	Молочна кислота, %
Ріпак	$2,39 \pm 0,08$	$6,01 \pm 0,18$	$40,0 \pm 1,2$	$0,59 \pm 0,02$	$0,80 \pm 0,03$
Ріпак + 10 % оману	$2,28 \pm 0,07$	$5,89 \pm 0,17$	$41,0 \pm 1,3$	$0,56 \pm 0,02$	$0,87 \pm 0,03^*$
Ріпак + 20 % оману	$2,26 \pm 0,07$	$5,53 \pm 0,16^*$	$42,0 \pm 1,4^*$	$0,49 \pm 0,02^*$	$0,96 \pm 0,03^*$
Ріпак + 30 % оману	$2,18 \pm 0,06^*$	$5,49 \pm 0,16^*$	$42,0 \pm 1,4^*$	$0,41 \pm 0,01^*$	$0,97 \pm 0,03^*$

* $p < 0,05$ порівняно з контролем (силос із ріпаку).

Із збільшенням зеленої маси оману високого зменшився вміст клітковини і золи. Потрібно відзначити, що силос з ріпаку та 10 % зеленої маси оману високого

при визначенні його якості через 60 діб краще зберігався, ніж силос із самого ріпаку. Ще краще зберігання зумовлювало збільшення зеленої маси оману високого до

20–30 %. У силосі з ріпаку й оману високого зменшувався рівень оцтової і масляної кислот внаслідок збільшення кількості зеленої маси оману високого, а процент молочної кислоти збільшився з 0,80 до 0,90 %. Таку закономірність відзначено і під час аналізів силосу через 60 діб у 2020–2022 рр. Вміст каротину збільшився із 36 мг в силосі з ріпаку до 42 мг в силосі з добавкою зеленої маси оману високого 20–30 %.

Краще зберігання силосу визначалося кількістю і співвідношенням кислот.

Дослідження 2020–2022 рр. показали, що при силосуванні ріпаку з додаванням зеленої маси оману високого зменшувався рівень оцтової і масляної кислот та збільшувався – молочної кислоти. Краще зберігання силосу спостерігали з додаванням 20–30 % зеленої маси оману.

Кількість оцтової кислоти зменшилася при цьому з 0,72 до 0,55 %, масляної – з 0,21 до 0,12 %, а молочної кислоти – збільшилася із 0,82 до 0,99 % (табл. 7).

7. Хімічний склад та поживна цінність кормів (2020–2022 рр., $M \pm SE$, $n = 4$)

Варіант силосу	Протеїн, %	Клітковина, %	Каротин, мг/кг	Оцтова кислота, %	Молочна кислота, %
Ріпак	$2,22 \pm 0,07$	$6,01 \pm 0,18$	$36,0 \pm 1,1$	$0,72 \pm 0,02$	$0,82 \pm 0,03$
Ріпак + 10 % оману	$2,12 \pm 0,06$	$6,09 \pm 0,18$	$38,0 \pm 1,2^*$	$0,67 \pm 0,02$	$0,94 \pm 0,03^*$
Ріпак + 20 % оману	$2,08 \pm 0,06^*$	$6,24 \pm 0,19$	$42,0 \pm 1,3^*$	$0,58 \pm 0,02^*$	$0,98 \pm 0,03^*$
Ріпак + 30 % оману	$2,02 \pm 0,06^*$	$7,14 \pm 0,21^*$	$46,0 \pm 1,4^*$	$0,52 \pm 0,02^*$	$0,99 \pm 0,03^*$

* $p < 0,05$ порівняно з контролем (силос із ріпаку).

Силосування зеленої маси оману високого в суміші з іншими культурами поліпшує не лише якісні показники і поживну цінність корму, а й протидіє псуванню силосу, зменшується кількість оцтової і масляної кислот, шкідливих для тварин.

Таким чином, оман високий в культурі в умовах Полісся України є перспективною рослиною для використання в медицині, ветеринарії, кормовиробництві. Кращим способом сівби є підзимній або висів стратифікованим насінням рано навесні.

Твердження про розмноження оману високого лише насінням [2, 11] у наших дослідженнях не підтвердилися, і розмноження коренями, а також кореневищами дало кращі результати порівняно з оптимальним строком сівби насінням під зиму. Найбільш високоякісний урожай коренів, зеленої маси, насіння відзначено на другому-третьому році вегетації. Кращим способом використання зеленої маси є силосування в суміші з іншими кормовими культурами.

Висновки. Оман високий має

посередню кормову цінність. Найкращі показники спостерігали у фазі бутонізації: високий вміст каротину (50 мг/кг), оптимальний рівень сирого протеїну (3,18–3,28 %), кальцію (0,49–0,53 %) та фосфору (0,05 %). У фазі цвітіння збільшується вміст клітковини та сухої речовини, але знижується концентрація протеїну та каротину, що зменшує поживність корму.

Найвищу поживну цінність виявлено на 2–3-му році вегетації: 0,25 кормових одиниць/кг, 26,7 г перетравного протеїну, 47 мг каротину. На 4-му році якість погіршується внаслідок збільшення клітковини та золи.

Через вміст гірких речовин та алкалоїдів оман не поїдається тваринами у свіжому вигляді, тому його слід переробляти на: силос (у суміші з іншими культурами, наприклад, ріпаком); сінаж; трав'яне борошно, гранули, брикети. Силосування з ріпаком (10–30 % оману) поліпшує якість корму: збільшується вміст каротину (з 40 до 42–46 мг); знижується кількість оцтової та масляної кислот; зростає вміст молочної кислоти (до 0,99 %),

що сприяє кращому зберіганню. Кращий спосіб заготівлі: силосування у суміші з іншими кормовими культурами (20–30 % оману) для поліпшення якості та зберігання корму.

Оман високий є перспективною культурою для кормовиробництва,

особливо при переробці на силос. Найефективніше використовувати його зелену масу у фазі бутонізації на 2–3-му році вегетації, що забезпечує оптимальну поживність і врожайність.

Список використаної літератури

1. Вожегова Р. А., Лиховид П. В., Біляєва І. М. Сучасний стан, перспективи та напрями розвитку виробництва лікарських рослин в Україні. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2021. Вип. 118. С. 57–66. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.7>.
2. Вплив мінеральних добрив на продуктивність оману високого *Inula helenium* L. в умовах Полісся України / Г. Є. Киричук та ін. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 12. С. 171–181. URL: <https://eprints.zu.edu.ua/44772/> (дата звернення: 28.07.2025).
3. ДСТУ EN ISO 5983-2:2022. Корми для тварин. Визначення вмісту азоту та розрахунок вмісту сирого протеїну. Частина 2. Метод блокового зброджування та дистиляції з водяною парою (метод К'єльдаля) (EN ISO 5983-2:2009, IDT; ISO 5983-2:2009, IDT). Чинний від 2023-12-31. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 16 с.
4. ДСТУ ISO 6492:2003. Корми для тварин. Визначення вмісту сирого жиру (ISO 6492:1999, IDT). Чинний від 2005-07-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2005. 13 с.
5. ДСТУ ISO 5984:2004. Корми для тварин. Визначення вмісту сирого золи (ISO 5984:2002, IDT). Чинний від 2006-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.
6. ДСТУ ISO 6496:2005. Корми для тварин. Визначення вмісту вологи та інших летких речовин (ISO 6496:1999, IDT). Чинний від 2006-07-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 13 с.
7. Климчук О. В., Поліщук І. С., Мазур В. А. Лікарські рослини. Технологія вирощування : навч. посіб. Вінниця, 2012. 187 с.
8. Лавринюк О. О., Бурлака В. А. Зоохімічний аналіз кормів. Хімічний та атомно-адсорбційний аналіз кормів : навч. практикум / за ред. В. А. Бурлаки. Житомир, 2016. 103 с.
9. Лікарське рослинництво : навч. посіб. / М. І. Бахмат та ін. Кам'янець-Подільський, 2011. 256 с.
10. Лікарські рослини. Значення, біологічні та ботанічні особливості, технологія вирощування, заготівля / В. В. Лихочвор та ін. Львів : Укр. технології, 2003. 272 с.
11. Лікарські рослини: технологія вирощування та використання : підручник / Б. Є. Якубенко та ін. ; за ред. Б. Є. Якубенка. Київ : Ліра-К, 2020. 598 с.

References

1. Vozhehova R. A., Lykhovyd P. V., Biliaieva I. M. Current status, prospects, and directions for the development of medicinal plant production in Ukraine. *Tavriiskyi naukovi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*. 2021. Issue 118. P. 57–66. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.7>.
2. The effect of mineral fertilizers on the productivity of *Inula helenium* L. in the Polissia region of Ukraine / H. Ye. Kyrychuk et al. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychkh nauk*. 2025. No. 12. P. 171–181. URL: <https://eprints.zu.edu.ua/44772/> (last accessed: 28.07.2025).
3. DSTU EN ISO 5983-2:2022. Animal feed. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content. Part 2. Block digestion and steam distillation method (Kjeldahl method) (EN ISO 5983-2:2009, IDT; ISO 5983-2:2009, IDT). Effective from 2023-12-31. Kyiv : State Enterprise “UkrNDNC”, 2023. 16 p.
4. DSTU ISO 6492:2003. Animal feed. Determination of crude fat content (ISO 6492:1999, IDT). Effective from 2005-07-01. Kyiv : State Enterprise “UkrNDNC”, 2005. 13 p.
5. DSTU ISO 5984:2004. Animal feed. Determination of crude ash content (ISO 5984:2002, IDT). Effective from 2006-01-01. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 9 c.
6. DSTU ISO 6496:2005. Animal feed. Determination of moisture and other volatile substances (ISO 6496:1999, IDT). Effective from 2006-07-01. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006. 13 p.
7. Klymchuk O. V., Polishchuk I. S., Mazur V. A. Medicinal plants. Cultivation technology : textbook. Vinnytsia, 2012. 187 p.
8. Lavryniuk O. O., Burlaka V. A. Zoochemical analysis of feed. Chemical and atomic adsorption analysis of feed : tutorial / edited by V. A. Burlaka. Zhytomyr, 2016. 103 p.
9. Medicinal Plant Cultivation : A Textbook / M. I. Bakhmat et al. Kamianets-Podilskyi, 2011. 256 p.
10. Medicinal plants. Significance, biological and botanical characteristics, cultivation technology, harvesting / V. V. Lykhochvor et al. Lviv : Ukr. tekhnolohii, 2003. 272 p.
11. Medicinal plants: cultivation and use technology : textbook / B. Ye. Yakubenko et al. ; edited by B. Ye. Yakubenko. Kyiv : Lira-K, 2020. 598 p.

12. Максименко С. В., Петренко В. І., Іваненко І. О. Хімічний склад та поживна цінність нетрадиційних кормових рослин. *Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Харчові технології та біотехнології*. 2021. Вип. 318. С. 45–53.
13. Мінарченко В. М., Бутко А. Ю. Дослідження вітчизняного ринку лікарських засобів рослинного походження. *Фармацевтичний журнал*. 2017. № 1. С. 30–36.
14. Нові кормові, пряносмакові та овочеві інтродуценти в Лісостепу і Поліссі України / Д. Б. Рахметов та ін. Київ : Фітосоціоцентр, 2004. 162 с.
15. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко та ін. Вінниця, 2014. 332 с. URL: <https://j.twirpx.link/file/1671351/> (дата звернення: 27.05.2025).
16. Світельський М. М., Федючка М. І., Рибальченко С. Л. Вивчення продуктивності та якості сировини *Inula helenium* L. залежно від року вегетації в умовах ботанічного розсадника Житомирського національного агроекологічного університету. *Вісник національного університету водного господарства та природокористування*. 2009. Вип. 3 (47), ч. 1. С. 203–212.
17. Шевченко Т. Глущенко Л. Інтродукція лікарських рослин цукрознижуючої дії та природних цукрозамінників. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 73. С. 449.
18. Antimicrobial activity of *Inula helenium* L. essential oil against Gram-positive and Gram-negative bacteria and *Candida* spp / A. Deriu et al. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 2008. 31 (6). P. 588–590. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2008.02.006.
19. Comparative effects of n-hexane and methanol extracts of elecampane (*Inula helenium* L.) rhizome on growth performance, carcass traits, feed digestibility, intestinal antioxidant status and ileal microbiota in broiler chickens / M.-E. Abolfathi et al. *Archives of Animal Nutrition*. 2019. Vol. 73, issue 2. P. 88–110. DOI: 10.1080/1745039X.2019.1581027.
20. Effects of ethanol extract of elecampane (*Inula helenium* L.) rhizome on growth performance, diet digestibility, gut health, and antioxidant status in broiler chickens / M. E. Abolfathi et al. *Livestock Science*. 2019. Vol. 223. P. 68–75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.03.006>.
21. *Inula helenium* and *Grindelia squarrosa* as a source of compounds with anti-inflammatory activity in human neutrophils and cultured human respiratory epithelium / B. Gierlikowska et al. *Journal of ethnopharmacology*. 2020. Vol. 249. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.jep.2019.112311.
22. Propagation of *Inula helenium* L. plant and determination of elements content and biological characteristics / A. Kh. Islamov et al. *Research Jet Journal of Analysis and Inventions*. 2024. Vol. 5 (4). P. 15–23.
12. Maksymenko S. V., Petrenko V. I., Ivanenko I. O. Chemical composition and nutritional value of non-traditional fodder plants. *Visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Serii: Kharchovi tekhnolohii ta biotekhnolohii*. 2021. Issue 318. P. 45–53.
13. Minarchenko V. M., Butko A. Yu. Research on the domestic market of herbal medicines. *Farmatsevtichnyi zhurnal*. 2017. No. 1. P. 30–36.
14. New fodder, spice, and vegetable introductions in the Forest-Steppe and Polissia regions of Ukraine / D. B. Rakhmetov et al. Kyiv : Fitosotsiotsentr, 2004. 162 p.
15. Fundamentals of Scientific Research in Agronomy / V. O. Yeshchenko et al. Vinnytsia, 2014. 332 p. URL: <https://j.twirpx.link/file/1671351/> (last accessed: 27.05.2025).
16. Svitelskyi M. M., Fediuchka M. I., Rybalchenko S. L. Study of the productivity and quality of *Inula helenium* L. raw materials depending on the year of vegetation in the conditions of the botanical nursery of Zhytomyr National Agroecological University. *Visnyk natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia*. 2009. Issue 3 (47), part 1. P. 203–212.
17. Shevchenko T., Hlushchenko L. Introduction of medicinal plants with hypoglycemic effects and natural sugar substitutes. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Serii: biolohichna*. 2016. Issue 73. P. 449.
18. Antimicrobial activity of *Inula helenium* L. essential oil against Gram-positive and Gram-negative bacteria and *Candida* spp / A. Deriu et al. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 2008. 31 (6). P. 588–590. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2008.02.006.
19. Comparative effects of n-hexane and methanol extracts of elecampane (*Inula helenium* L.) rhizome on growth performance, carcass traits, feed digestibility, intestinal antioxidant status and ileal microbiota in broiler chickens / M.-E. Abolfathi et al. *Archives of Animal Nutrition*. 2019. Vol. 73, issue 2. P. 88–110. DOI: 10.1080/1745039X.2019.1581027.
20. Effects of ethanol extract of elecampane (*Inula helenium* L.) rhizome on growth performance, diet digestibility, gut health, and antioxidant status in broiler chickens / M. E. Abolfathi et al. *Livestock Science*. 2019. Vol. 223. P. 68–75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.03.006>.
21. *Inula helenium* and *Grindelia squarrosa* as a source of compounds with anti-inflammatory activity in human neutrophils and cultured human respiratory epithelium / B. Gierlikowska et al. *Journal of ethnopharmacology*. 2020. Vol. 249. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.jep.2019.112311.
22. Propagation of *Inula helenium* L. plant and determination of elements content and biological characteristics / A. Kh. Islamov et al. *Research Jet Journal of Analysis and Inventions*. 2024. Vol. 5 (4). P. 15–23.

23. Some biological features and green mass quality of *Inula helenium* L. / A. Guțu et al. *Journal of Botany*. 2020. 12 (2). P. 176–178. DOI: [https://doi.org/10.52240/1857-2367.2020.2\(21\).45](https://doi.org/10.52240/1857-2367.2020.2(21).45).

24. Studies on antimicrobial activity of *Inula helenium* L. Romanian cultivar / D. F. Mihăilescu et al. *Analele Universității din Craiova. Seria Biologie, Horticultură, Tehnologia Prelucrării Produselor Agricole, Ingineria Mediului*. 2014. 19. P. 13–18.

23. Some biological features and green mass quality of *Inula helenium* L. / A. Guțu et al. *Journal of Botany*. 2020. 12 (2). P. 176–178. DOI: [https://doi.org/10.52240/1857-2367.2020.2\(21\).45](https://doi.org/10.52240/1857-2367.2020.2(21).45).

24. Studies on antimicrobial activity of *Inula helenium* L. Romanian cultivar / D. F. Mihăilescu et al. *Analele Universității din Craiova. Seria Biologie, Horticultură, Tehnologia Prelucrării Produselor Agricole, Ingineria Mediului*. 2014. 19. P. 13–18.

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.15:581.133.8

**КОРМОВА ЦІННІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ
В КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ*****Ю. В. Сенчина**

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

Про авторів:

Юрій СЕНЧИНА,
аспірант
ORCID: 0000-0001-8005-7247

Для листування:

Юрій СЕНЧИНА
e-mail: Senchina.u@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних наук
України

Отримано:

4 серпня 2025 р.

Погоджено до друку:

13 листопада 2025 р.

Опубліковано:

30 грудня 2025 р.

За відсутності постійних пасовищ інтенсивне виробництво молока та м'яса в господарствах, які спеціалізуються на розведенні жуйних тварин, забезпечується зеленою масою кукурудзи, яка є основною сировиною для силосу. В умовах глобальних змін клімату ареал вирощування кукурудзи змістився до регіонів із більш стійким зволоженням, що спонукає аграріїв шукати нові високоперспективні гібриди, адаптовані до специфічних ґрунтово-кліматичних умов. Основними вимогами сучасного виробництва залишаються: висока й стабільна врожайність зерна та зеленої маси, швидка вологовіддача при досяганні, а також стійкість до хвороб і шкідників за несприятливих умов довкілля для досягнення більш ніж 50 % реалізації потенціалу продуктивності в польових умовах. Вітчизняні наукові та практичні дослідження підтверджують, що за врожайністю зерна і зеленої маси, кормовою та енергетичною цінністю кукурудза не має конкурентів і є незамінною складовою в годівлі великої рогатої худоби, свиней і птиці. За останні роки кліматичні умови в Передкарпатті задовольняють біологічні потреби кукурудзи. Зокрема, сума фотосинтетично активної радіації (ФАР) становить 1491 МДж/м², ефективних температур (понад +10 °C) – 2260 °C, гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – у межах 1,2–1,6, річна кількість опадів – 547–632 мм, а середня тривалість вегетації гібридів – 161 доба. Помірне тепло та достатнє зволоження в умовах Передкарпаття створюють сприятливе середовище для вирощування кукурудзи. За використання сучасних агротехнологій середньоранні та середньостиглі гібриди формують потужну вегетативну масу, забезпечуючи врожайність зеленої маси понад 50 т/га та високі біометричні показники. Ефективність вирощування значною мірою визначається вибором гібридів. У кормовиробництві цінують гібриди з ФАО 190–290 через високу частку качанів у зеленій масі, що підвищує її енергетичну цінність. Гібриди з ФАО 330–370 більш придатні для силосування, забезпечують високу якість сировини. Зелена маса, зібрана у фазі молочно-воскової стиглості (ВВСН 83), відзначається високою поживною цінністю.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, технологія вирощування, погодні чинники, врожайність зеленої маси, якість корму.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук О. П. Волощук.

© Сенчина Ю. В., 2025

Feed value of corn hybrids in the Carpathian Region

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

About author:

Yurii SENCHYNA
ORCID: 0000-0001-8005-7247

For corresponding:

Yurii SENCHYNA
e-mail: Senchina.u@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:

August 4, 2025

Accepted:

November 21, 2025

Published:

December 30, 2025

In the absence of permanent pastures, intensive milk and meat production in specialized farms engaged in the cultivation of ruminants is provided by green mass of corn, which is the main raw material for the production of silage. In the context of global climate change, the area of corn cultivation has shifted to regions with more stable moisture, which encourages farmers to look for new highly promising hybrids adapted to specific soil and climatic conditions. The main requirements of modern production remain: high and stable grain and green mass yields, rapid moisture release upon ripening as well as resistance to diseases and pests under adverse environmental conditions to achieve the realization of more than 50 % of productivity potential in field conditions. Domestic scientific and practical research confirms that corn has no competitors in terms of grain and green mass yield, feed and energy value and is an indispensable component in feeding cattle, pigs and poultry. In recent years, climatic conditions in the Carpathian Mountains have satisfied the biological needs of corn. In particular, the amount of photosynthetically active radiation (PAR) is 1491 MJ/m², effective temperatures (above +10 °C) are 2260 °C, hydrothermal coefficient (HTC) is within 1.2–1.6, annual precipitation is 547–632 mm, and the average duration of the hybrid vegetation period is 161 days. Moderate heat and sufficient moisture in the conditions of the Carpathian Mountains create a favorable environment for growing corn. Using modern agricultural technologies, mid-early and mid-ripening hybrids form a powerful vegetative mass, providing a green mass yield of over 50 t/ha and high biometric indicators. The efficiency of cultivation is largely determined by the choice of hybrids. In feed production, hybrids with FAO 190–290 are valued due to the high proportion of cobs in the green mass, which increases its energy value. Hybrids with FAO 330–370 are more suitable for ensiling, providing high quality raw materials. Green mass collected in the milky-wax ripeness phase (BBCH 83) is characterized by high nutritional value.

Keywords: corn, hybrid, growing technology, weather factors, green mass yield, forage quality.

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

Вступ. Кормова база господарств, що спеціалізуються на тваринництві, складається з зернофуражних, зелених і соковитих кормів, причому близько 80–85 % її обсягу становить кукурудзяний силос. Щоб силос був високої якості, він має містити 25–33 % сухої речовини і 45–50 % качанів у загальній зеленій масі, що досягається при збиранні кукурудзи у фазі молочно-воскової або воскової стиглості зерна. Зерно кукурудзи є цінним концентрованим кормом, який добре перетравлюється і засвоюється тваринами: 1 кг зерна дорівнює 1,34 кормовим одиницям і містить 70 г перетравного протеїну, а 100 кг зеленої маси, зібраної у

фазі молочно-воскової стиглості, відповідають 32 кормовим одиницям [19, 24].

За даними Державної служби статистики України, найбільші посівні площі кукурудзи зафіксовано у передвоєнному 2021 р. – 5481,8 тис. га, з яких було зібрано 42109,85 тис. т зерна при урожайності 7,67 т/га. У 2024 р. через низку несприятливих чинників площі посівів скоротилися до 3759,9 тис. га, валовий збір становив 24160,5 тис. т, а середня врожайність знизилася до 6,43 т/га. Частка силосної кукурудзи у загальній структурі посівів в Україні становить лише 5 %, тоді як у Польщі – 47 %, де вона зберігає назву

«кукурудза кормова», хоча в офіційній звітності ЄС і FAO фігурує як «кукурудза зелена». Якщо у 2021 р. площі посівів силосної кукурудзи становили 237 тис. га, то в 2024 р. вони зменшилися до 185 тис. га, проте врожайність зросла з 25 до 33 т/га. Зменшення поголів'я великої рогатої худоби спричинило зміну напряму використання цієї культури – все частіше її вирощують для виробництва біогазу, де силосну кукурудзу вважають надзвичайно перспективною сировиною [25].

Для забезпечення аграрного сектору альтернативними джерелами енергії побічна продукція кукурудзи виступає важливим поновлюваним джерелом біоенергетичного потенціалу. При оцінці загального обсягу умовного палива, який можна отримати з придатної до конверсії побічної продукції з урахуванням обсягів виробництва за 2019–2021 рр., дослідники Я. Д. Ярош, М. М. Кухарець та В. В. Кухарець визначили найбільший потенціал для Полтавської області – за рахунок кукурудзи на зерно, для Волинської – завдяки вівсу, для Одеської – ячменю та пшениці, а для Чернігівської – за рахунок жита [21].

Як енергетична культура кукурудза (*Zea mays* L.) має великий потенціал для виробництва біомаси, яка може бути використана для різних цілей. Високопродуктивні середньо- та пізньостиглі гібриди силосного напряму забезпечують вихід метану приблизно 10 000 м³/га [6].

Силосна кукурудза як субстрат для біогазової установки є дуже ефективною і широко використовується в багатьох розвинутих країнах Європи (Німеччина, Великобританія, Польща, Швейцарія, Данія, Нідерланди, Франція та ін.) [22, 30].

Аналіз параметрів моделі врожайності кукурудзи підтвердив, що найменший рівень припадав на початок та середину 90-х рр. минулого століття і був пов'язаний з сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами, які насамперед і визначають високі показники. Найвищий продуктивний потенціал був обумовлений

на 51 % розвитком агротехнології і на 49 % впливом екологічних факторів [13].

Протягом останніх десяти років середні показники врожайності кукурудзи в Україні зросли з 3,90 до 5,37 т/га, хоча значна частина агропідприємств, які вирощують цю культуру, отримують урожаї на рівні 10 т/га і більше зерна [2, 5].

Дослідники стверджують, що в ґрунтово-кліматичних умовах Полісся найвищі показники врожайності серед зернових напівзубоподібних гібридів кукурудзи (10,8 т/га) забезпечує гібрид EXPM 021, серед зернових зубоподібних (9,2 т/га) – EXPM 015, серед силосних (58,2 т/га) – S 421 [17].

Ефективним підходом для фермерів з тваринницьким напрямом спеціалізації є застосування агротехнічних заходів, які сприяють отриманню високої врожайності і якості зеленої маси. Цю культуру можна вирощувати як у чистих посівах, так і змішаних. В умовах Півдня сумісні посіви з сорго цукровим і сорго-суданковими гібридами забезпечують 40–50 млн т зеленої маси, з горохом, чиною, викою ярою і озимою різко погіршується ріст кукурудзи, а із соєю, бобами, буркуном, люпином білим вона добре розвивається. Такі суміші за достатнього зволоження і на поливах не поступаються за виходом зеленої маси на 1 га і навіть переважають одновидові посіви кукурудзи [3, 9, 31].

Високі і стабільні врожаї зерна і зеленої маси кукурудзи можна отримати за умов застосування ефективних технологій вирощування, які включають оптимальні строки сівби, обґрунтовані норми висіву насіння, систему живлення, комплексний захист посівів від шкідливих організмів, що впливає на зміну показників висоти рослин, утворення кількості листків і качанів на рослині, площу листків і т. ін. [4, 10, 18, 26–29].

В. Д. Паламарчук стверджує, що ці лінійні розміри залежать від генетичних особливостей гібриду, групи стиглості та агротехніки вирощування. Збільшення тривалості вегетаційного періоду зумовлює їх зростання, а запізнення з строками

сівби – зниження, на що мають вплив різне забезпечення вологою і температурний режим. Низькорослі гібриди більш уражуються стебловими гнилями. Від цих параметрів залежить стійкість посівів до вилягання, придатність до механізованого збирання, якісний, швидкий і енергоощадний процес. Оптимальні параметри розташування качана визначають за тривалістю вегетаційного періоду в окремих груп генотипів. Для гібридів зернового типу рекомендовано мати висоту рослин 150–180 см і оптимальне (не менше ніж 50 см) прикріплення нижнього качана [14, 23].

Завдяки створенню нових гібридів силосного напряму використання із поліпшеними якостями, вітчизняні фермери зможуть продукувати 50–80 т/га зеленої маси (за вологості 70 %) і забезпечити стабільне виробництво кормів для підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин [1, 7, 8, 15, 16, 20].

Матеріали і методи. Польові досліді було закладено в сівозміні відділу насінництва та насіннезнавства Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України в 2024, 2025 рр.

Ґрунт дослідних ділянок – сірий лісовий поверхнево оглеєний легкосуглинковий. Показники за ДСТУ 4362:2004: вміст гумусу (за Тюрінім) – 1,7 %, сума ввібраних основ – 13,7 мг-екв на 100 г ґрунту, легкогідролізний азот (за Корнфілдом) – 89,6 мг/кг ґрунту, рухомий фосфор і обмінний калій (за Кірсановим) – відповідно 69,5 і 68,0 мг/кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину (рН_{сол} – 5,4) – слабокисла.

Площа дослідної ділянки – 30 м², облікової – 25 м². Повторність – чотириразова. Технологія вирощування кукурудзи – загальноприйнята для зони Західного Лісостепу. Попередник – озимі зернові. Спосіб сівби – широкорядний (70 см), норма висіву насіння – 75 тис. шт./га. У боротьбі з бур'янами на посівах кукурудзи застосовували досходовий гербіцид Дуал Голд (1,0–1,6 л/га) та

післясходовий Майстер Пауер (1,5 л/га). Фон мінерального живлення – N₁₂₀P₉₀K₉₀.

Визначення кормової продуктивності проводили на нових гібридах кукурудзи, внесених до «Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні», зокрема: ДН Кияхи (контроль), ДС Амага, ДН Ксена, ДН Ейдена (оригіна́тор – ДУ Інститут зернових культур НААН); 4111Ц, Аленаро (Монсанто Технологі́ї ЛТД, США); Аркадіо, Арсантто (ЗАТБАУ ЛІНЦ еГен, Австрія).

Дослідження проведено згідно «Методикою проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні» [11] та «Основами наукових досліджень в агрономії» за В. О. Єщенком та ін. [12].

Облік урожаю зеленої маси проводили подільночно шляхом збирання рослин у снопи і їх зважування.

Погодні умови за роки досліджень мали свої особливості. Усі декади квітня 2024 р. характеризувалися вищими температурами та меншою кількістю опадів порівняно з середньобагаторічними даними. Місячна температура становила 11,7 °С за середньобагаторічної 7,4 °С, а кількість опадів – 44,9 мм за норми 51 мм. У першій і другій декадах травня опади були відсутніми – 1,8 і 1,7 мм (за 24 і 30 мм), у третій – дещо збільшилися – до 9,3 мм (31 мм). Середньомісячна температура червня була вищою на 3,4 °С, а кількість опадів становила 12,8 мм (66 % від середньобагаторічної). У липні спостерігали таку ж тенденцію. Температурні умови всіх декад були вищими на 0,9–3,8 °С, а кількість опадів на 16,5 мм менша від середньобагаторічних показників.

У травні 2025 р. температури були нижчими за норму в усі декади. Середньомісячна температура становила 10,6 °С (за норми 12,9 °С). Опадів випало 89,3 мм – трохи більше за норму (85 мм). У червні та липні спостерігали підвищені температури. Червень був дещо сухішим

(на 5,0 мм менше опадів), тоді як у першій декаді липня випала значна їх кількість – 174,5 мм.

Результати та обговорення. Висота рослин є важливою морфологічною ознакою, від якої залежить урожайність і якість зерна та зеленої маси. Цей біометричний показник визначається кількістю та довжиною міжвузлів, листків,

качанів на рослині і впливає на загальну характеристику гібриду, технологічні умови його вирощування, придатність до механізованого збирання.

За роки досліджень найнижчими були рослини гібриду ДН Кияхи (контроль) – 256 см, а найвищими – гібриду Аркадіо (280 см) (табл. 1). Різниця між гібридами за цим показником була в межах 8–24 см.

1. Висота рослин гібридів кукурудзи в фазі молочної стиглості (ВВСН 75) (2024, 2025 рр.), см

Гібрид	ФАО	Група стиглості	Рік				Середнє	
			2024		2025			
			см	± до контролю	см	± до контролю	см	± до контролю
ДН Кияхи – контроль	190	рс	253	-	258	-	256	-
ДН Амага	250	ср	262	9	265	7	264	8
ДН Ксена	290	ср	261	8	267	9	264	8
ДН Ейрена	330	сс	266	13	270	12	268	12
411Ц	350	сс	272	19	276	18	274	18
Аленаро	350	сс	270	17	274	16	272	16
Аркадіо	350	сс	278	25	281	23	280	24
Арсантто	370	сс	277	24	280	22	279	23
H _P 0,05			5,0		4,0		3,0	

Висота кріплення нижнього качана в гібридів була на рівні 96–115 см (табл. 2). Ми не спостерігали залежності між найбільшою висотою стебла кукурудзи і найвищим кріпленням першого нижнього качана. Так, у гібриду Аркадіо висота

рослини досягала 280 см, а кріплення нижнього качана – 101 см. У найнижчого гібриду (ДН Кияхи – контроль) за висоти рослин 256 см кріплення нижнього качана становило 101 см.

2. Висота кріплення нижнього качана гібридів кукурудзи в фазі молочної стиглості (ВВСН 75) (2024, 2025 рр.), см

Гібрид	ФАО	Група стиглості	Рік				Середнє	
			2024		2025			
			см	± до контролю	см	± до контролю	см	± до контролю
ДН Кияхи – контроль	190	рс	102	-	99	-	101	-
ДН Амага	250	ср	112	10	106	7	109	8
ДН Ксена	290	ср	96	-6	95	-4	96	-5
ДН Ейрена	330	сс	110	8	111	12	111	10
411Ц	350	сс	114	12	115	16	115	14
Аленаро	350	сс	110	8	113	14	112	11
Аркадіо	350	сс	99	-3	102	-3	101	0
Арсантто	370	сс	103	1	101	-2	102	1
H _P 0,05			1,0		1,4			

Загальновизнано, що посіви кукурудзи, які формують оптимальну площу листової поверхні, забезпечують високі врожаї як зерна, так і зеленої маси.

За результатами наших досліджень, площа листової поверхні рослин гібридів у 2024 р. варіювала від 40,1 до 41,9 тис. м²/га, а в 2025 р. – 41,3–42,9 тис. м²/га (табл. 3). Середній показник за роки досліджень становив 40,7 тис. м²/га у ранньостиглого (ФАО 190) гібриду ДН Кияхи (контроль) і зростав на 0,5–0,6 тис. м²/га у

середньоранніх ДН Амага (ФАО 250), ДН Ксена (ФАО 290). Середньостиглий гібрид ДН Ейрена (ФАО 330) сформував площу листової поверхні в 2024 р. 41,0 тис. м²/га, у 2025 р. – 42,1 тис. м²/га. У середньостиглих гібридів 411Ц (ФАО 350) і Аленаро (ФАО 350) показники перевищували контроль (гібрид ДН Кияхи) на 1,1–1,2 тис. м²/га, а в середньостиглих Аркадіо (ФАО 350) і Арсантто (ФАО 370) – на 1,7 тис. м²/га.

3. Площа листової поверхні гібридів кукурудзи в фазі цвітіння волоті (ВВСН 65) залежно від групи стиглості (2024, 2025 рр.), тис. м²/га

Гібрид	ФАО	Група стиглості	Рік				Середнє	
			2024		2025			
			см	± до контролю	см	± до контролю	см	± до контролю
ДН Кияхи – контроль	190	рс	40,1	-	41,3	-	40,7	-
ДН Амага	250	ср	40,7	0,6	41,8	0,5	41,2	0,5
ДН Ксена	290	ср	40,6	0,5	41,9	0,6	41,3	0,6
ДН Ейрена	330	сс	41,0	0,9	42,1	0,8	41,6	0,9
411Ц	350	сс	41,3	1,2	42,3	1,0	41,8	1,1
Аленаро	350	сс	41,4	1,3	42,4	1,1	41,9	1,2
Аркадіо	350	сс	41,9	1,8	42,8	1,5	42,4	1,7
Арсантто	370	сс	41,8	1,7	42,9	1,6	42,4	1,7
НІР _{0,05}			0,4		0,4			

За результатами аналізів структури рослин, маса листків варіювала в межах 112–157 г/росл., стебла – 186–255 г/росл., качанів – 401–498 г/росл., однієї рослини – 699–910 г (табл. 4). Найвищу врожайність

зеленої маси забезпечили гібриди Аркадіо (63,7 т/га) і Арсантто (63,1 т/га). Порівняно з гібридом ДН Кияхи (контроль) різниця становила 2,7–10,3 т/га.

4. Урожайність зеленої маси кукурудзи залежно від біологічних особливостей гібриду (ВВСН 83) (середнє за 2024, 2025 рр.)

Гібрид	ФАО	Група стиглості	Маса, г				Урожайність зеленої маси	
			листків	стебла	качанів	однієї рослини	т/га	± до контролю
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ДН Кияхи – контроль	190	рс	112	186	401	699	53,4	-
ДН Амага	250	ср	138	196	467	801	56,1	2,7
ДН Ксена	290	ср	140	225	464	829	58,0	4,6
ДН Ейрена	330	сс	143	224	473	840	58,8	5,4
411Ц	350	сс	149	241	480	870	60,9	7,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Аленаро	350	сс	150	243	476	869	60,8	7,4
Аркадіо	350	сс	157	255	498	910	63,7	10,3
Арсантто	370	сс	155	251	495	901	63,1	9,7

НІР_{0,05}

1,1

Примітка. Густота рослин – 70 тис. шт./га. Фон мінерального живлення – N₁₁₀P₁₀₀K₈₀.

Хімічний склад зеленої маси (силос) залежав від біологічних особливостей гібриду, зокрема групи стиглості (табл. 5).

Вміст крохмалю варіював від 34,1 % (контроль – гібрид ДН Кияхи) до 38,6 % (Аркадіо). Найвищим рівнем протеїну характеризувалися середньостиглі гібриди:

411Ц, Аленаро, Аркадіо і Арсантто – 10,1–10,7 %, жиру – 1,7–2,0 %. Достовірні відмінності між гібридами були за вмістом сирової золи (5,3–7,1 %), клітковини (22,3–25,1) і целюлози (25,3–28,4 %) та недостовірні – за геміцелюлозою (26,6–28,1 %) (НІР_{0,05} = 1,5).

5. Хімічний склад зеленої маси кукурудзи залежно від біологічних особливостей гібриду у фазі ВВСН 83 (середнє за 2024, 2025 рр.), %

Гібрид	Крохмаль	Сирі				Целюлоза	Гемі-целюлоза
		протеїн	жир	зола	клітковина		
ДН Кияхи (контроль)	34,1	8,8	1,7	5,3	22,3	25,3	26,6
ДН Амага	35,2	9,3	1,7	6,1	22,9	26,0	26,9
ДН Ксена	35,3	9,4	1,8	6,0	22,8	26,8	26,8
ДН Ейрена	36,8	9,7	1,9	6,5	23,0	27,4	27,3
411Ц	37,0	10,1	1,9	6,7	23,1	27,9	27,7
Аленаро	37,3	10,3	2,0	6,8	23,8	27,7	27,5
Аркадіо	38,6	10,5	2,0	7,0	24,8	28,1	28,0
Арсантто	38,5	10,7	2,0	7,1	25,1	28,4	28,1

НІР_{0,05}

0,2

0,4

0,3

0,2

0,3

0,5

1,5

Примітка. Макростадія 8 – дозрівання зерна, ВВСН 83 – молочно-воскова стиглість.

Висновки. Ґрунтово-кліматичні умови Передкарпаття з достатньою кількістю опадів та температурним режимом за дотримання інтенсивної технології вирощування забезпечують високі показники структури рослин гібридів кукурудзи середньоранньої та середньостиглої груп: висоту рослин – 256–280 см, кріплення нижнього качана – 96–115 см, площу листової поверхні – 40,7–42,4 тис. м²/га, що сприяє отриманню високої врожайності зеленої маси – 53,4–63,7 т/га.

Правильний вибір гібриду суттєво впливає на хімічний склад зеленої маси

(силос). Для її згодовування найвищу енергетичну цінність забезпечують гібриди ФАО 190–290, які мають нижчу врожайність порівняно з пізніми, однак частка качанів у зеленому кормі вища. Для заготівлі силосу високої якості цінними є гібриди з вищим індексом (ФАО 330–370).

Зелена маса (силос) гібридів кукурудзи, зібрана у фазі молочно-воскової стиглості (ВВСН 83), характеризувалася високою поживною цінністю: вміст крохмалю – 34,1–38,6 %, сирового протеїну – 8,8–10,7, жиру – 1,7–2,0, золи – 5,3–7,1, клітковини – 22,3–25,1 %, целюлози – 25,3–28,4 %, геміцелюлози – 26,6–28,1 %.

Список використаної літератури

1. Влашук А. М., Колпакова О. С., Конашук О. П. Вплив строків сівби на продуктивність та якість

References

1. Vlashchuk A. M., Kolkpakhova O. S., Konashchuk O. P. The influence of sowing dates on the productivity and grain quality of corn hybrids under

зерна гібридів кукурудзи в умовах зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 3. С. 89–95.

2. Вожегова Р. А., Белов Я. В. Удосконалення технології вирощування гібридів кукурудзи в умовах зрошення Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 2 (102). С. 41–47. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-2(102)-6.

3. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи / О. І. Лен та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 52–58. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>.

4. Гангур В. В., Єремко Л. С., Руденко В. В. Вплив елементів технології вирощування на формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 37–43. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6>.

5. Гетман Н. Я. Формування врожаю кукурудзи залежно від густоти стояння рослин за мінерального фону живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 33. С. 55–65. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-2-5.

6. Грабовський М. Б. Продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу залежно від густоти стояння рослин. *Наукові горизонти*. 2019. № 7 (80). С. 15–21. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-15-21.

7. Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О. Особливості формування урожайності гібридів кукурудзи залежно від удобрення, густоти стояння рослин та погодних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 101. С. 42–48. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/101_2018/9.pdf (дата звернення: 06.05.2025).

8. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи різного рівня інтенсивності. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3. С. 27–34. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)-4.

9. Килимнюк О. І. Аналіз хімічного складу зерна кукурудзи та перспективи використання в годівлі свиней відходів її переробки на спирт і біоетанол. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 77. С. 300–307.

10. Контролювання бур'янового компоненту у посівах кукурудзи за використання страхових гербіцидів / О. В. Гурманчук та ін. *Наукові горизонти*. 2020. № 07 (92). С. 53–58. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-53-58.

11. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. Ткачик С. О. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 82 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7d6a4993544.pdf> (дата звернення: 02.05.2025).

12. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко та ін. ; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К'», 2014. 332 с.

13. Оцінка залежності між параметрами

irrigated conditions. *Ahroekologichnyi zhurnal*. 2017. No. 3. P. 89–95.

2. Vozhehova R. A., Bielov Ya. V. Improving the cultivation of corn hybrids under irrigation in the South of Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*. 2019. Issue 2 (102). P. 41–47. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-2(102)-6.

3. The effect of fertilization system and primary soil tillage on the productivity of corn hybrids / O. I. Len et al. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2021. No. 2. P. 52–58. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>.

4. Hanhur V. V., Yermenko L. S., Rudenko V. V. The impact of cultivation technology elements on productivity formation in maize hybrids of different maturity groups. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2021. No. 117. P. 37–43. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6>.

5. Hetman N. Ya. Crop formation corn depends on standing density plants by the mineral background nutrition. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2024. No. 33. P. 55–65. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-2-5.

6. Hrabovskyi M. B. Productivity of silage corn and output of biogas depending on the plants density. *Naukovi horyzonty*. 2019. No. 7 (80). P. 15–21. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-15-21.

7. Kalenska S. M., Taran V. H., Danyliv P. O. Features of yield formation in corn hybrids depending on fertilization, plant density and weather conditions. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2018. No. 101. P. 42–48. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/101_2018/9.pdf (last accessed: 06.05.2025).

8. Kaminskyi V. F., Asanishvili N. M. Economic efficiency of maize growing technologies of different levels of intensity. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*. 2020. Issue 3. P. 27–34. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)-4.

9. Kylymniuk O. I. Analysis of the chemical composition of corn grain and the prospects for using in pig feeding the waste from its processing into alcohol and bioethanol. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2013. Issue 77. P. 300–307.

10. Control of weed component in maize crops when applying postemergent herbicides / O. V. Hurmanchuk et al. *Naukovi horyzonty*. 2020. No. 07 (92). P. 53–58. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-53-58.

11. Methodology for conducting an examination of plant varieties of the grass, grain and legume groups for suitability for distribution in Ukraine / za red. Tkachyk S. O. Vinnytsia : FOP Korzun D. Yu., 2016. 82 p. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7d6a4993544.pdf> (last accessed: 02.05.2025).

12. Fundamentals of scientific research in agronomy / V. O. Yeshchenko et al. ; za red. V. O. Yeshchenka. Vinnytsia : PP «TD «Edelveis i K'», 2014. 332 p.

13. Evaluation of correlation between maize yield parameters and landscape diversity indicators / A. A. Zymarioieva et al. *Naukovi horyzonty*. 2020. No.

врожайності кукурудзи та показниками ландшафтного різноманіття / А. А. Зимарова та ін. *Наукові горизонти*. 2020. № 01 (86). С. 29–38. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-86-1-29-38.

14. Паламарчук В. Д. Вплив строків сівби на лінійні розміри рослин гібридів зернової кукурудзи. *Наукові горизонти*. 2018. № 2 (65). С. 35–41.

15. Поляков В. І. Особливості формування якісних показників зерна кукурудзи залежно від комплексу елементів технології вирощування. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 132–138.

16. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від різних норм внесення мінеральних добрив у Західному Лісостепу України / О. П. Волощук та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (I). С. 51–66. DOI: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-4.

17. Продуктивність зернових та силосних гібридів кукурудзи в умовах Полісся / О. Б. Овезмирадова та ін. *Наукові горизонти*. 2019. № 12 (85). С. 48–52. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-85-12-48-52.

18. Саверин І. В., Качмар О. Й. Продуктивність кукурудзи за різних систем удобрення в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73 (2). С. 91–109. DOI: 10.32636/01308521.2023-(73)-2-7.

19. Сенчина Ю. Переваги і ризики вирощування кукурудзи. *Агронаука і практика*. 2024. Вип. 3, ч. 4. С. 32–37. DOI: 10.32636/agroscience.2024-(3)-4-4.

20. Скакун В. М., Марченко Т. Ю. Структура врожаю гібридів кукурудзи залежно від елементів агротехнології. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 135–142. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.21>.

21. Ярош Я. Д., Кухарець М. М., Кухарець В. В. Моніторинг потенціалу побічної біомаси зернових культур для енергетичних потреб в Україні. *Наукові горизонти*. 2019. № 9 (82). С. 64–72. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-82-9-64-72.

22. Current Arable Farming Systems in the Czech Republic – Agronomic Measures Adapted to Soil Protection and Climate Change / V. Smutný et al. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2018. Vol. 83, no. 1. P. 11–16. URL: <https://acs.agr.hr/acs/index.php/acs/article/view/1335> (last accessed: 06.05.2025).

23. Efficiency of microfertilizer oracle multicomplex in corn cultivation technology / M. Pashchak et al. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, no. 12. P. 25–31. DOI: 10.48077/scihor.24(12).2021.25-31.

24. Lavrynenko Yu. O., Vozhegova R. A., Hozh O. A. Productivity of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2016. Vol. 3, no. 1. P. 55–60. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp3.01.055>.

25. Palamarchuk V., Krychkovskyi V., Skakun M. Study of the efficiency of growing maize for silage for processing into biogas and digestate. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, no. 1. P. 54–61. DOI:

10.33249/2663-2144-2020-86-1-29-38.

14. Palamarchuk V. D. Influence of sowing dates on the linear sizes of corn hybrids. *Naukovi horyzonty*. 2018. No. 2 (65). P. 35–41.

15. Poliakov V. I. Features of quality indicators of corn grain formation depending on the complex of elements of growing technology. *Ahrobiolohiia*. 2020. No. 2. P. 132–138.

16. Productivity of maize hybrids in the western Forest-Steppe of Ukraine depending on different norms of mineral fertilizer application / O. P. Voloshchuk et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2020. Issue 68 (I). P. 51–66. DOI: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-4.

17. Productivity of corn and silage hybrids of maize in the conditions of Polissya / O. B. Ovezmyradova et al. *Naukovi horyzonty*. 2019. No. 12 (85). P. 48–52. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-85-12-48-52.

18. Saveryn I. V., Kachmar O. Y. Corn productivity under different fertilizer systems in short-rotation crop rotations. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2023. Issue 73 (2). P. 91–109. DOI: 10.32636/01308521.2023-(73)-2-7.

19. Senchyna Yu. Advantages and risks of growing corn. *Ahronauka i praktyka*. 2024. Issue 3, part 4. P. 32–37. DOI: 10.32636/agroscience.2024-(3)-4-4.

20. Skakun V. M., Marchenko T. Yu. Structure of yield of corn hybrids depending on elements of agrotechnology. *Ahrarni innovatsii*. 2022. No. 16. P. 135–142. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.21>.

21. Yarosh Ya. D., Kukharets M. M., Kukharets V. V. Monitoring of by-product biomass potential for energy needs in Ukraine. *Naukovi horyzonty*. 2019. No. 9 (82). P. 64–72. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-82-9-64-72.

22. Current Arable Farming Systems in the Czech Republic – Agronomic Measures Adapted to Soil Protection and Climate Change / V. Smutný et al. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2018. Vol. 83, no. 1. P. 11–16. URL: <https://acs.agr.hr/acs/index.php/acs/article/view/1335> (last accessed: 06.05.2025).

23. Efficiency of microfertilizer oracle multicomplex in corn cultivation technology / M. Pashchak et al. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, no. 12. P. 25–31. DOI: 10.48077/scihor.24(12).2021.25-31.

24. Lavrynenko Yu. O., Vozhegova R. A., Hozh O. A. Productivity of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2016. Vol. 3, no. 1. P. 55–60. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp3.01.055>.

25. Palamarchuk V., Krychkovskyi V., Skakun M. Study of the efficiency of growing maize for silage for processing into biogas and digestate. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, no. 1. P. 54–61. DOI:

10.48077/scihor1.2024.54.

26. Shynkaruk L., Lykhochvor V. Effect of Desiccant Application on Pre-Harvest Humidity of Medium-Early Hybrid LG 3258 Corn in Western Forest-Steppe Conditions. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, no. 12. P. 32–38. DOI: 10.48077/scihor.24(12).2021.32-38.

27. Shynkaruk L., Lykhochvor V. Influence of fertilization and foliar feeding on maize grain qualitative indicators. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, no. 6. P. 113–116. DOI: 10.15421/2021_232.

28. Soil physical properties, nitrogen uptake and grain quality of maize (*Zea mays* L.) as affected by tillage systems and nitrogen application / A. Wasaya et al. *Italian Journal of Agronomy*. 2018. Vol. 13. P. 324–331. DOI: 10.4081/ija.2018.1197.

29. Subedi S., Neupane S. Antifungal assessment of plant extracts, biocontrol agents and fungicides against *Fusarium verticillioides* (Sacc.) causing ear rot of maize. *Journal of Agricultural Science*. 2021. XXXII (1). P. 133–138. DOI: 10.15159/jas.21.16.

30. Urrea J., Alkorta I., Garbisu C. Potential benefits and risks for soil health derived from the use of organic amendments in agriculture. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, issue 9, article number 542. DOI: 10.3390/agronomy9090542.

31. West Ja. R., Ruark M. D., Shelley K. B. Sustainable intensification of corn silage cropping systems with winter rye. *Agronomy for Sustainable Development*. 2020. No. 40 (2). 11 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00615-6>.

10.48077/scihor1.2024.54.

26. Shynkaruk L., Lykhochvor V. Effect of Desiccant Application on Pre-Harvest Humidity of Medium-Early Hybrid LG 3258 Corn in Western Forest-Steppe Conditions. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, no. 12. P. 32–38. DOI: 10.48077/scihor.24(12).2021.32-38.

27. Shynkaruk L., Lykhochvor V. Influence of fertilization and foliar feeding on maize grain qualitative indicators. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, no. 6. P. 113–116. DOI: 10.15421/2021_232.

28. Soil physical properties, nitrogen uptake and grain quality of maize (*Zea mays* L.) as affected by tillage systems and nitrogen application / A. Wasaya et al. *Italian Journal of Agronomy*. 2018. Vol. 13. P. 324–331. DOI: 10.4081/ija.2018.1197.

29. Subedi S., Neupane S. Antifungal assessment of plant extracts, biocontrol agents and fungicides against *Fusarium verticillioides* (Sacc.) causing ear rot of maize. *Journal of Agricultural Science*. 2021. XXXII (1). P. 133–138. DOI: 10.15159/jas.21.16.

30. Urrea J., Alkorta I., Garbisu C. Potential benefits and risks for soil health derived from the use of organic amendments in agriculture. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, issue 9, article number 542. DOI: 10.3390/agronomy9090542.

31. West Ja. R., Ruark M. D., Shelley K. B. Sustainable intensification of corn silage cropping systems with winter rye. *Agronomy for Sustainable Development*. 2020. No. 40 (2). 11 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00615-6>.

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-7

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.87-027.236:631.559:633.14

**ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ГУМАТУ КАЛІЮ НА ГУСТоту РОСЛИН
ТА УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА ЖИТА ОЗИМОГО****В. В. Скорик, А. С. Лозінська, Г. В. Коваль, С. В. Усик, О. Б. Карнаух**

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

Анна ЛОЗІНСЬКА,
кандидат сільськогосподарських
наук, старший викладач
ORCID: 0000-0002-3421-3042

Галина КОВАЛЬ,
кандидат сільськогосподарських
наук, доцент
ORCID: 0000-0002-8000-919X

Сергій УСИК,
кандидат сільськогосподарських
наук, доцент
ORCID: 0000-0002-6027-8691

Олександр КАРНАУХ,
кандидат сільськогосподарських
наук, доцент
ORCID: 0000-0003-4241-6154

Для листування:

Володимир СКОРИК
e-mail: skorik-v@ukr.net

Інформація про фінансування:

УНУ, ТМ "Stim Organic"

Отримано:

20 жовтня 2025 р.

Погоджено до друку:

28 листопада 2025 р.

Опубліковано:

30 грудня 2025 р.

У досліді проведено вивчення ефективності застосування та вплив препарату гумат калію «Продуктивний ріст» для передпосівної обробки насіння на густоту рослин і урожайність зерна короткостеблових сортів жита озимого. Об'єктами вивчення були короткостеблові сорти Оріана, Алатир та Ласкаве. При фізичній нормі висіву 3,0 млн шт./га насіння встановлено, що застосування гумату калію «Продуктивний ріст» в дозі 1,5 л/т для передпосівної обробки насіння забезпечує вищу польову схожість в межах помилки досліді для всіх вивчених сортів: Оріана – 96,61 % (+0,183 млн шт./га), Алатир – 96,10 % (+0,217 млн шт./га), Ласкаве – 95,56 % (+0,250 млн шт./га). Кількість вегетуючих рослин на період весняного відростання істотно більша для вивчених сортів у варіанті із застосування гумату калію +0,183 (Оріана), +0,217 (Алатир), +0,266 млн шт./га (Ласкаве). Зниження кількості продуктивних рослин на час збирання в порівнянні з густотою сходів по сортах становило від -0,77 % до -8,49 % по варіантах та сортах. При використанні гумату калію кількість продуктивних рослин на 1 га істотно вища, що в кількісному виразі відносно варіанту без обробки насіння становить по сортах: +0,234 (Оріана), +0,250 (Алатир) та +0,312 млн шт./га (Ласкаве). Найбільш стабільним по прояву густоти сходів, рослин при відростанні та продуктивних рослин у варіантах з передпосівною обробкою насіння є сорт Оріана. Дисперсійним аналізом визначено частки впливу на формування урожайності зерна факторів сорту (45,36 %), гумату калію «Продуктивний ріст» (26,00 %), взаємодії факторів (17,07 %). При точності досліді 97,8 % та $HP_{0,95} = 0,75$ встановлено, що вищу урожайність зерна сорти жита озимого формували у варіанті з передпосівною обробкою насіння. Сорт Оріана – 7,12 т/га (+0,12 т/га), Алатир – 6,24 (+1,33 т/га), Ласкаве – 5,84 (+1,81 т/га). Аналіз результатів досліді вказує на статистично обґрунтовану ефективність гумату калію для обробки насіння короткостеблових сортів жита озимого.

Ключові слова: гумат калію, густота, жито озиме, урожайність.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Скорик В. В., Лозінська А. С., Коваль Г. В., Усик С. В., Карнаух О. Б., 2025

Study of the influence of potassium humat on plant density and grain yield of winter rye

Uman National University
St. Instytutska, 1, Uman,
Cherkasy region, 20301

About authors:

Volodymyr SKORYK
ORCID: 0009-0008-8715-8826

Anna LOZINSKA
ORCID: 0000-0002-3421-3042

Halyna KOVAL
ORCID: 0000-0002-8000-919X

Sergii USYK
ORSID: 0000-0002-6027-8691

Oleksandr KARNAUKH
ORSID: 0000-0003-4241-6154

For corresponding
Volodymyr SKORYK
e-mail: skorik-v@ukr.net

Funding information:
UNU, TM "Stim Organic"

Received:
October 20, 2025
Accepted:
November 28, 2025
Published:
December 30, 2025

In the experiment, the study of the effectiveness of the use and effect on the plant density and grain yield of short-stemmed winter rye varieties of the potassium humate preparation «Productive growth» for pre-sowing seed treatment was carried out. The objects of study were the short-stemmed varieties Oriana, Alatyry and Laskave. At the physical sowing rate of 3.0 million pieces/ha of seeds, it was established that the use of potassium humate «Produktyvnyi rist» in a dose of 1.5 l/t for pre-sowing seed treatment provides higher field germination, within the experimental error, for all studied varieties: Oriana – 96.61 % (+0.183 million pieces/ha), Alatyry – 96.10 % (+0.217 million units/ha), Laskave 95.56 % (+0.250 million units/ha). The number of vegetative plants during the period of spring regrowth is significantly higher for the studied varieties in the variant with the use of potassium humate +0.183 (Oriana), +0.217 (Alatyry), +0.266 million units/ha (Laskave). The decrease in the number of productive plants at the time of harvesting in comparison with the density of seedlings by varieties was from -0.77 % to -8.49 % by variants and varieties. When using potassium humate, the number of productive plants per 1 ha is significantly higher, which in quantitative terms compared to the option without seed treatment by varieties is +0.234 (Oriana), +0.250 (Alatyry) and +0.312 million units/ha (Laskave). The Oriana variety is the most stable in terms of the density of seedlings, plants during regrowth, and productive plants in variants with pre-sowing seed treatment. Dispersion analysis determined the shares of influence on the formation of grain yield of variety factors (45.36 %), «Produktyvnyi rist» potassium humate (26.00 %), interaction of factors (17.07 %). With the accuracy of the experiment 97.8 % and $NIR_{0.95} = 0.75$, it was established that the higher grain yield of winter rye varieties was formed in the variant with pre-sowing seed treatment. Oriana variety – 7.12 t/ha (+0.12 t/ha), Alatyry – 6.24 (+1.33 t/ha), Laskave – 5.84 (+1.81 t/ha). The analysis of the results of the experiment indicates the statistically justified effectiveness of potassium humate for the treatment of seeds of short-stemmed varieties of winter rye.

Keywords: potassium humate, density, winter rye, productivity.

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

Вступ. Жито, в історії людства займає важливу роль, як джерело харчових калорій та кормова культура для домашніх тварин. Зерно жита озимого містить ряд цінних та незамінних компонентів і перевищує по поживності інші культури. Вміст білка становить до 11,5–18,5 %, крохмалю – 52–65 %, жиру – 1,6–1,9 %. На відміну від інших зернових злаків має підвищений вміст незамінної амінокислоти – лізину, тому білок жита більш цінний [4].

Сучасні сорти та гібриди жита озимого мають високий потенціал урожайності – до 12 т/га [16]. Економічна

ефективність вирощування культури вища, ніж інших зернових внаслідок мінімізації затрат на хімічний догляд за рослинами, меншої вибагливості до мінерального живлення та ґрунтових умов поля, найвищої серед озимих культур морозо- та зимостійкості в поєднанні із високою посухостійкістю. Це надає переваги для культивування жита в більш екстремальних умовах порівняно з ріпаком, пшеницею та ячменем.

Посівні площі культури в Україні значно знизились – з 3,6 млн га в середині XX ст. (1940 р.) до 650–700 тис. га у 90-х

рр., і до менше, ніж 100 тис. га з 2022 по 2024 рік включно. Під урожай 2025 р. було посіяно менше, ніж 70 тис. га культури, що є наслідком споживання лише в межах країни, обмеженого попиту та низької ціни на товарну продукцію [3, 18].

Зважаючи, що технологічні витрати (обробіток ґрунту, витрати на добрива, засоби захисту, посів, збирання, транспортування, зберігання) відносно близькі у зернових культур, одним зі шляхів скорочення витрат на виробництво культури жита озимого є зменшення кількості висіяного насіння на одиницю площі. Норма висіву насіння сучасних сортів жита озимого становить від 2,2 до 3,5 млн шт./га насінин, це значно менше від сортів попередніх поколінь (до 4,5–6,0 млн шт./га) [15]. Не зважаючи на надзвичайно високу пристосованість жита озимого до виживання в різних екстремальних умовах і природну здатність забезпечувати максимальну кількість сходів та збереженості продуктивних рослин на час досягання, важливим завданням сучасного інтенсивного землеробства є пошук шляхів забезпечення максимальної польової схожості насіння в різних середовищах вирощування та отримання екологічно чистого урожаю зерна.

Високий рівень використання хімічних речовин в сучасному сільськогосподарському виробництві призвів до істотних змін у кількісному та якісному складі мікрофлори та ентомофауни навколишнього природного середовища, а роль препаратів біологічного походження для екологізації землеробства стає необхідним компонентом технології [17].

У досліджах Донецької дослідної станції О. Вінюковим зі співавторами встановлено факт істотного зниження накопичення важких металів та токсичних сполук в зерні пшениці під впливом обробки насіння гуматами та біопрепаратами в умовах техногенного навантаження [1]. Результати дослідів на сільськогосподарських культурах, зокрема на пшениці озимій, із вивчення впливу

біологічних препаратів різного складу та походження свідчать про високу ефективність застосування при обробці насіння [2, 5].

За даними ряду авторів високий позитивний вплив на збереження польової схожості насіння мають гумінові та фульвокислоти, що забезпечує істотні приростки урожайності зерна вирощуваних культур, зниження витрат на мінеральні добрива (до 20–30 %) [7] та пестициди (на 25–30 %) і сприяє екологічній безпечності, що робить ці речовини стратегічно важливими для землеробства [13, 14]. Позитивних результатів при використанні біопрепаратів та похідних гумінових і фульвокислот досягнуто на яром ячмені й лікарських рослинах [6, 20]. Вивчення впливу гумінових препаратів і їх похідних вказують на підвищення мікробної активності та сприяння засвоєнню поживних речовин (в тому числі й азоту) і покращення врожайності, про що наголошують іноземні дослідники [19]. Найбільший ефект спостерігається при застосуванні гуматів у поєднанні з оптимізованим режимом азотного удобрення, а врожайність в середньому зростає на 10–15 % при високому збільшенні коефіцієнта використання азоту до 12 % [9, 12]. Використання метаболічно активних сполук при вирощуванні короткостеблових сортів жита також мали значний позитивний ефект у підвищенні урожайності зерна та його якості в дослідях А. Куриленка [8].

Аналіз літературних джерел вказує на недостатню увагу щодо вивчення впливу препаратів біологічного походження на культуру жита озимого, а інформація з цього питання обмежена.

Біологічно активні речовини, які використовуються на інших культурах для обробки насіннєвого матеріалу позитивно впливають на розвиток молодих проростків на початкових етапах проростання та росту. Для культури жита озимого це питання вивчено недостатньо, тому актуальним є вивчення впливу на урожайність сучасних сортів жита озимого передпосівної обробки

насіння біологічними стимуляторами росту, зокрема похідними гумінових та фульвокислот.

Метою досліду було встановити реакцію короткостеблових сортів жита озимого на передпосівну обробку насіння гуматом калію.

Матеріали і методи. Об'єктами дослідження були три нових сорти-синтетики короткостеблового жита озимого української селекції – оригінатор ТОВ «Воскор-агро». Особливістю є домінантна короткостебловість та висока крупність зерна (до 60 г) для вивчених сортів Оріана та Алатир і рецесивна короткостебловість і низька маса 1000 зерен (до 37 г) для сорту Ласкаве. В досліді за стандарт прийнято сорт Оріана.

Вивченим препаратом є гумат калію «Продуктивний ріст» виробництва ТМ «Stim Organic», до складу якого входять гумінові, фульвові, амінооцтова та бурштинова кислоти, азот, калій, мікроелементи.

Дослідження проведено в польовому досліді кафедри загального землеробства Уманського національного університету у 2024–2025 рр.

Обробку насіння проведено перед посівом гуматом калію «Продуктивний ріст» із розрахунку 1,5 л/т, згідно з рекомендаціями виробника. Контрольним варіантом було насіння без обробки вказаним препаратом. Інші хімічні та біологічні препарати при передпосівній обробці насіння не використовувались. Технологія вирощування – ідентична для всіх варіантів досліду. Посів проводився після попередника горох насінням категорії ДН (РР-2) в першій декаді жовтня з фізичною нормою висіву 3 млн шт./га при лабораторній схожості 97 % (сорт Оріана), 97 % (сорт Алатир) та 98 % (сорт Ласкаве). Норма висіву збільшена свідомо (у порівнянні із традиційною нормою 2,5 млн шт./га), із-за відносно пізніх строків (І декада жовтня) та повної відсутності продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см на момент посіву. Зливові опади

через кілька діб після проведення посіву (2023 р.: І декада – 2,4 мм, II декада – 21,6 мм, III декада – 9,5 мм; 2024 р.: І декада – 42,4 мм, II декада – 56,9 мм) забезпечували появу перших сходів на 3 добу, а масових сходів на 4–5 добу після інтенсивного дощу [10]. Позитивні температури сприяли кущенню та швидкому наростанню вегетативної маси рослин. Мінеральне живлення становило N₃₀ на початку весняного відростання культури.

Кількість повторень – 6. Площа облікової ділянки складала 200 м² (8 м × 25 м). Обліки густоти проводились рамковим методом по 0,25 м² з перерахунком густоти в млн шт./га, у 12-кратній повторності – 2 повторності на кожну ділянку:

- після отримання повних сходів (ВВСН 11);

- після відновлення весняної вегетації (ВВСН 30);

- при відборі контрольних зразків снопового матеріалу для структурного аналізу в фазі повної стиглості (ВВСН 92).

Контрольні снопові зразки відбиралися вручну (рослини з кореневою системою) з кожної ділянки (площа 0,5 м²) із визначенням параметрів кількісних ознак, урожайності та якості зерна, які було проведено в лабораторних умовах.

Статистичний аналіз проведено за прийнятими методиками [11].

Результати та обговорення. Облік густоти сходів проводився рамковим методом у фазі ВВСН 11 (табл. 1).

Знаком «+» позначено варіанти з обробкою насіння перед посівом в дозі 1,5 л/га препаратом гумат калію «Продуктивний ріст». Вивчені сорти жита озимого по густоті сходів специфічно реагували на обробку посівного матеріалу біологічним препаратом. Густота сходів після впливу гумату калію «Продуктивний ріст» була вищою на 0,18–0,25 млн шт./га по сортах в порівнянні з варіантом без обробки, але ця різниця в межах помилки досліду (НР_{0,95} = 0,296).

1. Аналіз зміни густоти рослин сортів жита озимого під впливом гумату калію при передпосівній обробці насіння.

Назва сорту	Варіанти дослідів	Середня густина рослин, млн шт./га			
	Передпосівний обробіток гуматом калію «Продуктивний ріст», л/т	Кількість сходів	Рослин при весняному відростанні	Кількість продуктивних рослин	± % продуктивних рослин від сходів
Оріана (st.)	0	2,717	2,717	2,644	-2,66
Оріана (st.) +	1,5	2,900	2,900*	2,878	-0,77
Алатир	0	2,667	2,661	2,556	-4,17
Алатир +	1,5	2,883	2,878*	2,806*	-2,70
Ласкаве	0	2,617	2,528	2,394	-8,49
Ласкаве +	1,5	2,867	2,794*	2,706**	-5,62

$\bar{x}$, по досліді 2,775 2,746 2,664 -4,07

S_x 0,17 0,15 0,19

CV, % 6,21 5,57 7,22

$HP_{0,95}$ 0,296 0,183 0,239

Примітка: *, ** – істотно при $P_{0,05}$ та $P_{0,01}$ відповідно.

Несприятливі умови зимового та ранньовесняного періодів із частими перепадами температур від +10 °C до -7 °C в січні-лютому 2025 р. були причиною часткового відновлення вегетації в зимовий період та негативно вплинули на частку рослин, які повноцінно відростали при настанні стабільних позитивних температур весною. Визначення та аналіз густоти рослин після перезимівлі проведено в фазу активного відростання (ВВСН 30). Порівняння із кількістю сходів вказує на різний ефект у вивчених сортів жита по густоті рослин, що перезимували.

Сорти Оріана та Алатир, з доміантним типом короткостебловості, незалежно від обробки насіння гуматом калію не змінили кількість рослин на одиниці площі у фазі ВВСН 30 (весна) після зимового періоду порівняно із фазою ВВСН 11 (осінь). У сорту Ласкаве наявне зниження густоти рослин в межах помилки дослідів по варіантах. По густоті, станом на початок активної вегетації весною, статистично істотна різниця встановлена між варіантами обробки насіння у всіх вивчених сортів жита ($HP_{0,95} = 0,183$), тобто передпосівна обробка насіння

гуматом калію «Продуктивний ріст» позитивно впливала на перезимівлю рослин, що підтверджено статистично.

Порівнюючи густоту продуктивних рослин із кількістю сходів встановлена статистично істотна різниця показника по варіантах обробки насіння у сортів Алатир та Ласкаве ($HP_{0,95} = 0,239$), а у сорту Оріана ця різниця в межах помилки дослідів. Отже, позитивна дія гумату калію на кількість продуктивних рослин сортів жита озимого на час збирання також підтверджена статистично.

Кількість рослин, які не сформували продуктивного стеблостою від загальної кількості сходів по варіантах дослідів у вивчених сортів відрізняється. У варіанті без обробки насіння гуматом калію цей показник становить -2,66 % (Оріана); -4,17 % (Алатир) та -8,49 % (Ласкаве), а у варіанті застосування передпосівної обробки ці показники значно нижче по сортах відповідно – -0,77 % (Оріана); -2,70 % (Алатир) та -5,62 % (Ласкаве).

Найвищий відсоток зниження густоти продуктивних рослин стосовно сходів культури встановлено у сорту Ласкаве з рецесивним типом короткостебловості

незалежно від наявності обробки насіння гуматами. Домінантно-короткостеблові сорти більш витривалі до несприятливих умов середовища в осінньо-весняний період і забезпечують високий відсоток виживання рослин (95–98 %).

Урожайність зерна будь-якої вирощуваної культури є головним

економічним показником оцінки ефективності технології. Результати дисперсійного аналізу урожайності зерна сортів жита озимого під впливом передпосівної обробки насіння гуматом калію «Продуктивний ріст» представлено в таблиці 2.

2. Підсумкова таблиця дисперсійного аналізу середньої урожайності зерна сортів жита озимого

Варіант обробки насіння гуматами (фактор А)	Сорт, варіант дослід (фактор В)	Середня за варіантом, $\bar{x}$, т/га	Різниця за фактором		НІР		S _x	T, %
			А	В	0,95	0,99		
Контроль, без обробки	Оріана (st.)	5,92			0,90	1,26	0,18	97,76
	Алатир	4,91		-1,01*				
	Ласкаве	4,03		-1,88**				
Гумат калію «Продуктивний ріст» 1,5 л/т	Оріана (st.) +	7,12	1,20*		0,90	1,26	0,18	97,76
	Алатир +	6,24	1,33*	-0,88				
	Ласкаве +	5,84	1,81**	-1,28*				
НІР _{0,95} за факторами			0,75	0,92				
НІР _{0,99} за факторами			1,39	1,70				

Примітка. *, ** – істотно при $P_{0,05}$ та $P_{0,01}$ відповідно.

Порівняння урожайності жита озимого по варіантах проведеного дослідження вказує на високий генетичний потенціал сучасних сортів, які забезпечують високу урожайність зерна на обмеженому фоні мінерального живлення N_{30} після попередника горох. Статистичним аналізом встановлена середня по досліді НІР_{0,95} та НІР_{0,99}, точність проведеного експерименту становить 98 %.

В контрольному варіанті, без передпосівної обробки насіння будь-якими препаратами, найвищу середню урожайність зерна формував сорт-стандарт Оріана (5,92 т/га). Сорт Алатир – 4,91 т/га (-1,01* т/га), сорт Ласкаве – 4,03 т/га (-1,88** т/га) відповідно при НІР_{0,95} = 0,92 т/га.

У варіанті, де було використано гумат калію «Продуктивний ріст» (1,5 л/т) урожайність вивчених сортів була статистично істотно вищою при НІР_{0,95} =

0,68 т/га. Найвищу урожайність (7,12 т/га) з середньою густотою продуктивних рослин 2,878 млн шт./га. було встановлено у сорту Оріана з істотним перевищенням контрольного варіанту на +1,20* т/га. У сорту Алатир ця різниця становила +1,33* т/га при густоті 2,806 млн шт./га, у сорту Ласкаве – +1,81** т/га при густоті 2,706 млн шт./га.

Різниця по урожайності між вивченими сортами у варіанті із застосуванням гумату калію висока. Сорт Алатир формував нижчу в межах помилки досліді врожайність (-0,88 т/га, або -12,4 %) від стандарту Оріана, а статистично істотна різниця встановлена в сорту Ласкаве (-1,28* т/га, або -18,0 %) в порівнянні зі стандартом (табл. 2.).

Оцінку частки впливу сорту, факторів середовища (обробки насіння) та взаємодії факторів подано графічно (рис. 1).

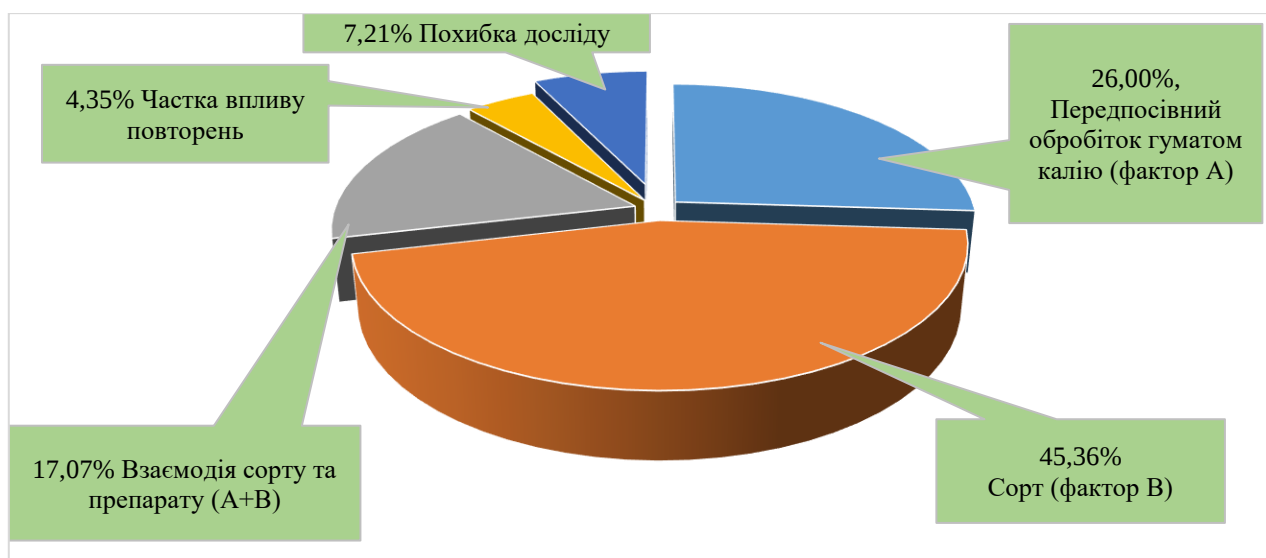


Рис. 1. Частка впливу факторів середовища на реалізацію потенціалу урожайності зерна жита озимого

Дослідом встановлено, що основна частка в реалізації рівня урожайності жита озимого належить генетичному чиннику – сорту (45,36 %). Зміна урожайності жита під впливом передпосівної обробки насіння гуматом калію обмежена – 26,00 % впливу. На взаємодію факторів сорту та препарату встановлено 17,07 % від всіх впливів. Високу стабільність вивчених сортів жита до зміни умов вирощування та несприятливих факторів середовища також підтверджує низька мінливість густоти рослин (коефіцієнт варіації 5,5–7,2 %) та урожайності зерна (2,08 %), що обумовлено генетичними чинниками сорту.

Висновки. Аналізуючи реакцію досліджених домінантно-короткостеблових сортів жита озимого на обробку насіння гуматом калію «Продуктивний ріст» можна зробити висновки, що:

– у варіанті з передпосівною обробкою насіння гуматом калію «Продуктивний ріст» насіння має вищу польову схожість у межах помилки дослідів в порівнянні із варіантом без обробки: Оріана – +6,1 %, Алатир – +7,20 %, Ласкаве – +8,33 %;

– сорти Оріана та Алатир мають високу генетичну стійкість до несприятливих умов вирощування і на мінімальному фоні мінерального живлення без передпосівної обробки насіння забезпечують високий відсоток продуктивних рослин в порівнянні із кількістю сходів (97,34 і 95,83 % відповідно);

– застосування гумату калію в дозі 1,5 л/т забезпечує вищий відсоток збережених рослин в порівнянні з кількістю сходів – 99,23 та 97,30 % відповідно. Сорт Ласкаве частково втрачає продуктивні рослини за період вегетації, що становить -8,49 та -5,62 % по варіантах дослідів;

– використання гумату калію «Продуктивний ріст» для сортів жита озимого є ефективним і забезпечує статистично істотну прибавку врожайності від 1,20* до 1,81** т/га;

– на низькому фоні мінерального живлення (N₃₀) найвища в досліді урожайність зерна встановлена у сорту Оріана – 7,12 т/га при використанні гумату калію і 5,92 т/га в контрольному варіанті. Середня урожайність вивчених сортів жита озимого в досліді становить 5,68 т/га.

Список використаної літератури

1. Вінюков О. О., Коноваленко Л. І., Бондарева О. Б. Поліпшення якості зерна пшениці озимої в зоні впливу ТЕС. *Зернові культури*. 2021.

References

1. Viniukov O. O., Konovalenko L. I., Bondareva O. B. Improving the quality of winter wheat grain in the area affected by the TPP. *Zernovi kultura*. V ol. 5. No. 2. P. 275–281.

Том 5. № 2. С. 275–281. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0186>.

2. Вплив різних систем біологічного захисту рослин на врожайність та якість зерна пшениці озимої в органічному землеробстві / С. О. Заєць та ін. *Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2024. № 23. С. 75–82. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.11>.

3. Держстат України, 1998–2024 [Дата останньої модифікації: 24.12.2024]. <https://stat.gov.ua/uk/page-contents/nakaz-vid-24122024-no288>.

4. Єгоров Д. К. Жито озиме як круп'яна культура. *Агроеліта*. 2019. <https://agroelita.info/zhyto-ozyme-yak-krupyana-kultura/>.

5. Застосування біологічних препаратів в органічній технології вирощування пшениці озимої / А. М. Шувар та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (І). С. 143–155. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-1-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-10).

6. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2021. № 2. С. 20–30. <https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/1488/1892>.

7. Короткова І. В., Карасенко В. М. Вплив систем удобрення з гуміновим препаратом на врожайність та прибутковість вирощування пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (3). С. 17–21. <https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/1778/226>.

8. Куриленко А. О. Фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу за дії метаболічно активних сполук : дис. ... докт. філософії : Ніжин, 2022. 140 с.

9. Лазебник В. В. Використання гумінових органічних добрив у фермерських господарствах як основа стратегічного розвитку галузі. *Агросвіт*. 2025. № 12. С. 49–55. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.12.49>.

10. Новак А. В., Новак Ю. В. Агrometeorologічні умови 2023–2024 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106. Ч. 1. С. 55–65. <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/104.1/13.pdf>.

11. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В. О. Єщенко та ін. ; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

12. Пати́ка В. П., Гармашов В. В., Калініченко А. В. Морфoфізіологічні дослідження впливу біопрепаратів азотфіксувальних бактерій на формування елементів продуктивності озимої пшениці. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2004. Т. 36. № 3. С. 239–249.

13. Розборська Л. В., Даценко А. А. Біологічно активні речовини у сільському господарстві : методичні рекомендації. Умань, 2023. 58 с.

<https://doi.org/10.31867/2523-4544/0186>.

2. The influence of different biological plant protection systems on the yield and quality of winter wheat grain in organic farming / S. O. Zaiets et al. *Ahrarni innovatsii. Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynnystvo*. 2024. No. 23. P. 75–82. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.11>.

3. State Statistics Service of Ukraine, 1998–2024 [Date of last modification: 24.12.2024]. <https://stat.gov.ua/uk/page-contents/nakaz-vid-24122024-no288>.

4. Yehorov D. K. Winter rye is a cereal crop. *Ahroelita*. 2019. <https://agroelita.info/zhyto-ozyme-yak-krupyana-kultura/>.

5. The use of biological preparations in organic technology of growing winter wheat / A. M. Shuvar et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2020. Issue 67 (I). P. 143–155. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-1-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-10).

6. Korotkova I. V., Horobets M. V., Chaika T. O. The effect of growth stimulants on the productivity of spring barley varieties. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. Poltava, 2021. No. 2. P. 20–30. <https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/1488/1892>.

7. Korotkova I. V., Karasenko V. M. The impact of fertilization systems with humic preparations on the yield and profitability of winter wheat cultivation. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. No. 26 (3). P. 17–21. <https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/1778/226>.

8. Kurylenko A. O. Physiological and biochemical indicators of growth and development of winter rye at different stages of ontogenesis under the action of metabolically active compounds : dys. ... dokt. filosofii : Nizhyn, 2022. 140 p.

9. Lazebnyk V. V. The use of humic organic fertilizers in farms as the basis for the strategic development of the industry. *Ahrosvit*. 2025. No. 12. P. 49–55.

10. Novak A. V., Novak Yu. V. Agrometeorological conditions of the 2023–2024 agricultural year according to data from the Uman weather station. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu*. 2025. Issue 106. Ch. 1. P. 55–65.

11. 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.

12. Patyka V. P., Harmashov V. V., Kalinichenko A. V. Morphophysiological studies of the influence of biological preparations of nitrogen-fixing bacteria on the formation of productivity elements of winter wheat. *Fiziolohiia i biokhimiia kulturnykh roslyn*. 2004. Vol. 36. No. 3. P. 239–249.

13. Rozborska L. V., Datsenko A. A. Biologically active substances in agriculture: methodological recommendations. Uman, 2023. 58 p. <https://biology.udau.edu.ua/assets/files/molodshij->

<https://biology.udau.edu.ua/assets/files/molodshij-bakalavr/metodichki/metodichni-rekomendacii-po-bar-u-silskomu-gospodarstvi-2023-avtosohrannnyj-kopiya.pdf>.

14. Сергієнко В. Гумінові препарати: повернемо ґрунту органічні речовини. *Агробізнес сьогодні*. 2019. <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/15457-huminovi-preparaty-povernemo-gruntu-orhanichni-rechovyny.html>.

15. Симоненко Н. В., Скорик В. В., Жемойда В. Л. Результати селекційної роботи з озимим житом на Носівській селекційно-дослідній станції. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія*. 2018. № 286. С. 152–163. <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/18659.pdf>.

16. Скорик В. В., Симоненко Н. В., Третякова С. О. Вивчення динаміки зміни урожайності зерна жита озимого залежно від покоління вирощування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 77 (1). С. 111–121. [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-1-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-1-10).

17. Терновий Ю. В., Теличко Л. П. Біологічні препарати, як елемент екологічно безпечної технології вирощування кукурудзи цукрової. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 1. С. 108–114. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203937>.

18. Biliavska, L. H., & Biliavskiy, Yu. V. Current state of winter rye seed production in Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2021. (2), 67–73. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.08>.

19. Gerzabek, M. H., Strebl, F., & Temmel, B. Long-term behaviour of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in an Austrian agricultural soil. *Environmental Pollution*. 1996. Vol. 94 (1). P. 61–71.

20. Onipko, V., Voropina, V., & Kalashnik, O. Prospects for the use of growth regulators and biostimulants in medicinal plant production. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26. No. 3. P. 42–46. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.08>.

[bakalavr/metodichki/metodichni-rekomendacii-po-bar-u-silskomu-gospodarstvi-2023-avtosohrannnyj-kopiya.pdf](https://biology.udau.edu.ua/assets/files/molodshij-bakalavr/metodichki/metodichni-rekomendacii-po-bar-u-silskomu-gospodarstvi-2023-avtosohrannnyj-kopiya.pdf).

14. Serhiienko V. Humic preparations: return organic matter to the soil. *Ahrobiznes sohodni*. 2019. <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/15457-huminovi-preparaty-povernemo-gruntu-orhanichni-rechovyny.html>.

15. Symonenko N. V., Skoryk V. V., Zhemoida V. L. Results of breeding work with winter rye at the Nosivka Breeding and Research Station. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriya: Ahronomiia*. 2018. No. 286. P. 152–163. <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/18659.pdf>.

16. Skoryk V. V., Symonenko N. V., Tretiakova S. O. Study of the dynamics of changes in winter rye grain yield depending on the generation of cultivation. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2025. Vol. 77 (1). P. 111–121. [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-1-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-1-10).

17. Ternovyi Yu. V., Telychko L. P. Biological preparations as an element of environmentally safe technology for growing sweet corn. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*. 2020. No. 1. P. 108–114. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203937>.

18. Biliavska, L. H., & Biliavskiy, Yu. V. Current state of winter rye seed production in Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2021. (2), 67–73. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.08>.

19. Gerzabek, M. H., Strebl, F., & Temmel, B. Long-term behaviour of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in an Austrian agricultural soil. *Environmental Pollution*. 1996. Vol. 94 (1). P. 61–71.

20. Onipko, V., Voropina, V., & Kalashnik, O. Prospects for the use of growth regulators and biostimulants in medicinal plant production. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26. No. 3. P. 42–46. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.08>.

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-8

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.95:633.17:528.8

**ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ТА БПЛА
ДЛЯ ОЦІНКИ ФІТОСАНІТАРНОГО СТАНУ АГРОЦЕНОЗІВ
СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО****С. Г. Столяр, О. І. Трембіцька**

Поліський національний
університет
вул. Старий бульвар, 7, Житомир,
Житомирська обл., 10002

Про авторів:

Світлана СТОЛЯР,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0001-5925-2008

Оксана ТРЕМБІЦЬКА,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0003-1152- 0215

Для листування:

Світлана СТОЛЯР
e-mail: svetlana-stolyar@ukr.net

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

1 вересня 2025 р.
Погоджено до друку:
28 жовтня 2025 р.
Опубліковано:
30 грудня 2025 р.

У статті розглянуто можливості застосування технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у поєднанні з безпілотними літальними апаратами (БПЛА) для комплексної оцінки фітосанітарного стану агроценозів сорго зернового. Обґрунтовано доцільність використання мульти- та гіперспектральних супутникових даних (Sentinel-2, Landsat, PlanetScope) у поєднанні з високодеталізованими знімками БПЛА. Представлено порівняльний аналіз просторової, спектральної та часової роздільної здатності супутникових платформ і сенсорів дронів. Досліджено інформативність вегетаційних індексів (NDVI, NDWI, MCARI, RENDVI), що виявили високу чутливість до абіотичних (посуха, дефіцит живлення) та біотичних (ураження хворобами, шкідники) стресів. Результати багаторічних спостережень (2022–2025 рр.) засвідчили кореляцію між спектральними показниками та даними польових вимірювань, що підтверджує діагностичний потенціал ДЗЗ у моніторингу сорго. Побудована концептуальна модель інтеграції супутникових і безпілотних технологій забезпечує багаторівневий моніторинг посівів від глобального до локального рівня. Встановлено, що використання БПЛА значно підвищує точність локалізації осередків фітостресу, тоді як супутникові знімки забезпечують системність і регулярність спостережень. Інтеграція дистанційних методів із наземними обстеженнями дозволяє підвищити вірогідність діагностики та обґрунтувати адаптивні заходи захисту культури. Застосування такого підходу створює підґрунтя для оптимізації використання ресурсів, зменшення пестицидного навантаження та підвищення ефективності агротехнологій. Отримані результати доводять перспективність поєднання супутникового та безпілотного моніторингу як інструмента точного землеробства й забезпечення стійкості агроєкосистем сорго зернового в умовах кліматичних змін.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, БПЛА, сорго зернове, фітосанітарний стан, вегетаційні індекси, точне землеробство, супутникові платформи, спектральний аналіз, абіотичні, біотичні стреси.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Столяр С. Г., Трембіцька О. І., 2025

The use of remote sensing technologies and UAVS to assess the phytosanitary state of agroecosystems of common sorghum bicolor

Polissia National University
7, Saryi Blvd, Zhytomyr, Zhytomyr
region, 10002

About authors:

Svitlana STOLIAR
ORCID: 0000-0001-5925-2008

Oksana TREMBITSKA
ORCID: 0000-0003-1152- 0215

For corresponding:

Svitlana STOLIAR
e-mail: svetlana-stolyar@ukr.net

Funding information:

Ministry of Education and Science
of Ukraine

Received:
September 1, 2025
Accepted:
October 28, 2025
Published:
December 30, 2025

The article discusses the possibilities of using remote sensing technologies in combination with unmanned aerial vehicles (UAVs) for a comprehensive assessment of the phytosanitary status of grain sorghum agroecosystems. The feasibility of using multi- and hyperspectral satellite data (Sentinel-2, Landsat, PlanetScope) in combination with highly detailed UAV images is justified. A comparative analysis of the spatial, spectral, and temporal resolution of satellite platforms and drone sensors is presented. The informativeness of vegetation indices (NDVI, NDWI, MCARI, RENDVI) was investigated, which showed high sensitivity to abiotic (drought, nutrient deficiency) and biotic (disease damage, pests) stresses. The results of long-term observations (2022–2025) showed a correlation between spectral indicators and field measurement data, confirming the diagnostic potential of remote sensing in sorghum monitoring. The conceptual model of satellite and unmanned technology integration provides multi-level monitoring of crops from the global to the local level. It has been established that the use of UAVs significantly increases the accuracy of localizing phytostress foci, while satellite images ensure the systematicity and regularity of observations. The integration of remote methods with ground surveys allows for more reliable diagnostics and justifies adaptive crop protection measures. The application of this approach creates a basis for optimizing resource use, reducing pesticide load and increasing the efficiency of agricultural technologies. The results obtained prove the promise of combining satellite and unmanned monitoring as a tool for precision farming and ensuring the sustainability of grain sorghum agroecosystems in the context of climate change.

Keywords: remote sensing, UAV, grain sorghum, phytosanitary status, vegetation indices, precision farming, satellite platforms, spectral analysis, abiotic stresses, biotic stresses.

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

Вступ. Сучасні глобальні виклики сільського господарства обумовлені стрімким зростанням населення, інтенсифікацією агровиробництва та непередбачуваними наслідками зміни клімату, які посилюють тиск на агроєкосистеми та загрожують продовольчій безпеці світу. Особливої актуальності набуває вивчення стійкості такої культур, як сорго зернове (*Sorghum bicolor* L. Moench), яка поєднує високу посухостійкість, здатність до адаптації в умовах обмеженого волозabezпечення, стабільну врожайність, а також харчову цінність, оскільки є безглютеновою культурою. Завдяки цим властивостям сорго розглядається як перспективний

компонент продовольчої безпеки та ефективний елемент у системах адаптивного землеробства в умовах глобальних кліматичних змін. У цьому контексті ключову роль відіграє застосування технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що забезпечують багаторівневий та оперативний моніторинг стану агроєкосистем. ДЗЗ дозволяє оцінювати реакцію культур на дію абіотичних і біотичних стресорів, оптимізувати систему удобрення, зрошення та захисту рослин, а також прогнозувати врожайність [1, 7, 13].

За останні десятиліття супутникові платформи, зокрема Sentinel-2 A + B, стали важливим джерелом багатоспектральних даних для точного землеробства, оскільки

забезпечують високу просторову, спектральну та часову роздільну здатність. Водночас використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) створює можливості для високодеталізованих локальних досліджень фітоценозів, що значно доповнює інформаційний потенціал супутникових спостережень. Поєднання ДЗЗ і БПЛА відкриває перспективи для формування багаторівневих систем моніторингу, здатних інтегрувати дані різного масштабу – від глобального до локального. Такий підхід дозволяє підвищити точність діагностики фітосанітарного стану посівів та забезпечити оперативність прийняття управлінських рішень [11, 17, 18].

Дослідження спектральних характеристик сорго за допомогою мульти- та гіперспектрального знімання створює передумови для ідентифікації ранніх ознак ураження шкідниками, хворобами чи проявів водного стресу. Встановлено, що різні вегетаційні індекси, розраховані на основі даних Sentinel-2 та БПЛА, можуть слугувати чутливими маркерами змін у фізіологічному стані культури. Це особливо важливо для сорго зернового, яке вирізняється складною реакцією на комбінацію абіотичних і біотичних чинників, зокрема у посушливих умовах [6, 16].

У наукових дослідженнях все частіше відзначається, що поєднання супутникових даних із високодеталізованими даними БПЛА дозволяє зменшити невизначеність у картуванні фітосанітарного стану посівів. БПЛА можуть виконувати роль «містка» між польовими спостереженнями та супутниковим моніторингом, забезпечуючи оперативність та адаптивність досліджень. Така інтеграція особливо корисна для оцінки просторової неоднорідності агроценозів сорго, оскільки навіть у межах одного поля можливі значні відмінності у розвитку та стійкості рослин [8, 12, 15].

Таким чином, використання технологій дистанційного зондування в поєднанні з БПЛА формує нову парадигму агроекологічного моніторингу, спрямовану

на підвищення ефективності управління та забезпечення сталого розвитку землеробства. Це відкриває можливості для точнішої оцінки фітосанітарного стану сорго зернового та створює наукове підґрунтя для розробки систем підтримки прийняття рішень у точному землеробстві. Вивчення таких підходів сприятиме не лише підвищенню врожайності і якості продукції, але й зменшенню негативного антропогенного впливу на довкілля.

Мета дослідження полягає у визначенні можливостей до використання супутникових і безпілотних даних дистанційного зондування для оцінки фітосанітарного стану сорго зернового, що дозволить поглибити знання про адаптивні можливості культури в умовах біотичних та абіотичних стресів.

Аналіз останніх досліджень свідчить, що українські науковці приділяють значну увагу впровадженню технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у практику агромоніторингу. Зокрема, С. О. Довгий та співавтори довели, що застосування фотограмметрії та геоінформаційних систем у поєднанні з GNSS/CORS-системами підвищує точність геоприв'язки вегетаційних карт рослин, що є критично важливим для верифікації вогнищ фітосанітарних уражень [5]. Є. В. Бутенко обґрунтував необхідність інтеграції даних дистанційного зондування з кліматичними та ґрунтовими шарами в геоінформаційних системах. Такий підхід дозволяє адаптувати землеробство до кліматичних змін і є релевантним для задач фітосанітарного моніторингу сільськогосподарських культур [2]. М. І. Гнатюк показав, що індикатори ДЗЗ можуть виступати інформативними показниками змін якості фітоценозів, що забезпечує ширший екологічний контекст спостережень і створює основу для комплексної оцінки стану агроєкосистем [3]. Ряд авторів встановили, що використання БПЛА, оснащених мультиспектральними та тепловими сенсорами, дозволяє суттєво зменшити

тривалість польових робіт і водночас підвищує деталізацію виявлення абіотичних і біотичних стресів у посівах [4].

Відзначимо, що дослідження закордонних учених демонструють ширші можливості інтеграції супутникових платформ (Sentinel, Landsat, MODIS) із даними БПЛА, що створює умови для більш комплексної оцінки фітосанітарного стану культур, включно із сорго зерновим.

Y. Zhao з авторами у 2021 р. розробили конвеєр обробки UAV-зображень, що дозволяє з високою точністю ($R^2 = 0,90$ для рослин, $0,86$ для волотей) автоматично рахувати рослини та волоті сорго [9]. Дослідження ряду авторів показало (як модель), що UAV-дані NDVI, зняті на стадії цвітіння, мають високу кореляцію з LAI, покриттям рослинністю та врожайністю сорго (R^2 до $0,91$, $0,89$, $0,58$ відповідно) в умовах США [19]. M. Maimaitijiang та ін. у 2020 р. порівняли LiDAR і RGB-фотограмметрію із використанням дронів, довівши, що LiDAR точніше вимірює висоту крони та LAI у сорго; обидва підходи добре працюють, але LiDAR кращий у складній структурі крони [20]. H. Chen показав, що застосування дронів із RGB-камерою, а потім алгоритмів SVM та YOLOv8 дозволяє ефективно і точно (R^2 до $0,93$) рахувати сходи сорго під час посівної кампанії [10]. E. Tunca разом з колегами на початку 2025 р. розробили ML-систему з RF, SVM та KNN, яка на підставі UAV-даних (мультиспектр + тепло) з високою точністю прогнозує біомасу AGB сорго, підтверджуючи важливість ML у фітосанітарному аналізі (реалістичний приклад) [14].

Аналіз останніх досліджень свідчить, що як українські, так і закордонні науковці активно розвивають підходи до застосування ДЗЗ та БПЛА для моніторингу стану агроценозів, однак оцінка фітосанітарного стану сорго зернового залишається недостатньо вивченою. У вітчизняних дослідженнях досі бракує спектральних сигнатур грибних хвороб сорго, визначених критеріїв

переходу від супутникового моніторингу до знімання БПЛ та стандартизованих схем збору ground-truth даних, що обмежує ефективність фітосанітарного моніторингу.

Матеріали і методи. Для вдосконалення та модернізації способів проведення фітосанітарного моніторингу агроценозів у 2019–2025 рр. на базі сільськогосподарських підприємств різних форм власності: ПП «Чайківка», ФГ «Агропрофін», ТОВ «Бел-Агро 3», СТОВ «Урожай» Житомирської області розпочато впровадження використання дистанційного моніторингу для аналізу фітосанітарного стану посівів сорго зернового. Погодні умови, різний тип ґрунтів, рівень антропогенного навантаження та поширення шкідливих організмів створюють різні сценарії для розвитку культури, що дозволяє оцінити потенціал дистанційного моніторингу в різних умовах.

Дистанційний моніторинг здійснювався із застосуванням супутникових знімків Sentinel-2, а також даних з дронів із мультиспектральними камерами. Для сорго особливо актуальними вегетаційними індексами є: NDVI, NDRE, CRed-edge, NDWI, PRI, оскільки вони добре виявляють посуху та прояви хвороб. Для оцінки стану агроценозів сорго зернового найбільш інформативними є вегетаційні індекси, що відображають реакцію культури на біотичні та абіотичні стреси. Зокрема, NDVI використовується як базовий індикатор загальної продуктивності фотосинтетичного апарату, тоді як NDRE та CRed-edge чутливіші до вмісту хлорофілу та забезпечують раннє виявлення порушень, пов'язаних із живленням або початковими стадіями розвитку хвороб. NDWI дозволяє діагностувати зміни у водному статусі рослин та визначати прояви посухи, що є критично важливим для сорго в умовах дефіциту вологи. Індекс PRI, своєю чергою, характеризує фотосинтетичну активність та відображає реакцію культури на стресові фактори. Сукупне застосування цих індексів забезпечує більш комплексну

оцінку фітосанітарного стану посівів сорго зернового.

У дослідженні використовувався аналітичний вебдодаток OneSoil для обробки супутникових даних Sentinel-2 та розрахунку вегетаційних індексів. Додатково здійснювалися польові обстеження для збору ground-truth інформації та верифікації результатів дистанційного зондування. Для уточнення локальних відмінностей стану посівів у вибраних ділянках застосовувалося знімання з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) (2019–2021 рр.). Побудовані індексні карти NDVI дозволили виокремити зони із задовільним, помірним і критичним станом рослин під час вегетації. Аналіз показав, що в ранні фази розвитку сорго індекси були стабільними, проте в середині вегетаційного періоду з'являлися локальні осередки зниження індексних значень.

Результати досліджень.
Впровадження технологій дистанційного

зондування Землі (ДЗЗ) й використанням безпілотних літальних апаратів та супутникових платформ, відкривають нові можливості для оперативної, масштабної та об'єктивної оцінки стану посівів. Отримані спектральні індекси, такі як ARVI, CAI, MSAVI, MCARI, NDVI, NDMI, NDRE, RECI, SLAVI тощо можуть виявити стресові прояви, пов'язані з біотичними факторами, і впливати на зональний аналіз для прийняття рішень.

Для оцінки стану агроценозів сорго зернового було проаналізовано можливості провідних супутникових платформ. Зведені характеристики подано у таблиці 1, яка демонструє відмінності у просторовій, спектральній та часовій роздільній здатності, а також специфіку застосування в аграрному моніторингу.

Як видно, найбільш придатними для регулярного спостереження в умовах України є Sentinel-2 завдяки отриманню безплатних даних та є оптимальним для розрахунку вегетаційних індексів.

1. Супутникові платформи для дистанційного моніторингу сільськогосподарських культур

Супутник / платформа	Просторова роздільність	Спектральні діапазони	Період повторного відвідування	Особливості для сільського господарства
Sentinel-2 A + B	10–60 м	13 мульти-спектральних	5 днів	Безкоштовні дані, оптимальні для вегетаційних індексів
Landsat-8/9	30 м	11 діапазонів	16 днів	Довга історія спостережень (з 1972)
PlanetScope	3–5 м	4 діапазони	щодня	Дуже висока частота, комерційні дані
WorldView-3	0,3–1,2 м	16 діапазонів	1–3 дні	Надвисока точність, платний доступ

Важливою складовою комплексного моніторингу є використання безпілотних літальних апаратів, що забезпечують

високу деталізацію досліджень. Таблиця 2 узагальнює можливості різних сенсорів, встановлених на БПЛА.

2. Можливості БПЛА у моніторингу сорго зернового

Тип сенсора на БПЛА	Просторова роздільність	Основне призначення	Приклади застосування
RGB-камера	1–5 см	Візуальний моніторинг	Оцінка густоти сходів, пошкоджень
Мультиспектральна камера	5–10 см	Розрахунок вегетаційних індексів	Виявлення стресу, оцінка стану листя
Теплова камера	10–20 см	Вимірювання температури	Контроль зрошення, водного стресу
Лідар	5–15 см	3D-моделювання біомаси	Визначення висоти та густоти рослин

Зокрема, RGB-камери дозволяють візуально оцінювати густоту сходів і пошкодження, мультиспектральні сенсори – аналізувати фізіологічний стан

рослин, а тепловізори – діагностувати водний стрес. Лідар-сканування створює підґрунтя для 3D-моделювання біомаси.

3. Порівняння даних супутника і БПЛА

Параметри	Sentinel-2 (10 м)	БПЛА (5 см)	Перевага
NDVI середнє по полю	0,72	0,74	+ локальна деталізація БПЛА
Виявлені ділянки зі стресом	3	9	БПЛА дає точнішу локалізацію
Просторова роздільна здатність	10 м	0,05 м	+200 × точніше
Частота зйомки	5 днів	за потреби	Гнучкість БПЛА

Порівняльний аналіз (табл. 3) показує, що дані БПЛА мають значно вищу просторову роздільність (до 200 разів), що дозволяє локалізувати дрібні осередки стресу. Водночас супутникові знімки є незамінними для регулярного моніторингу великих площ завдяки частоті та

доступності. Найбільш ефективним є їх комплексне використання.

Застосування вегетаційних індексів дає змогу оперативно виявляти абіотичні та біотичні стреси. У таблиці 4 представлені найбільш інформативні індекси, що застосовувались у дослідженнях.

4. Вегетаційні індекси для оцінки стану фітоценозів сорго зернового

Індекс	Формула	Що відображає	Значення для сорго
1	2	3	4
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$	Загальна біомаса, фотосинтетична активність	Чутливий до розвитку та вмісту хлорофілу
EVI (Enhanced Vegetation Index)	$2,5 \times (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + 6 \times \text{Red} - 7,5 \times \text{Blue} + 1)$	Інтенсивність росту, зменшення впливу атмосфери	Ефективний при густих посівах сорго
SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)	$(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red} + L) \times (1 + L)$, $L = 0,5$	Зменшення впливу ґрунту	Оптимальний на ранніх фазах вегетації
NDWI (Normalized Difference Water Index)	$(\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$	Вологість листя, водний стрес	Дає змогу виявити дефіцит вологи у сорго

1	2	3	4
GNDVI (Green NDVI)	$(\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green})$	Вміст хлорофілу, стан фотосинтезу	Чутливий до азотного живлення сорго
MSAVI (Modified SAVI)	$(2\text{NIR} + 1 - \sqrt{((2\text{NIR} + 1)^2 - 8(\text{NIR} - \text{Red})))} / 2$	Мінімізує вплив ґрунту	Використовується для оцінки слабких сходів
MCARI (Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index)	$(\text{RedEdge} - \text{Red}) - 0,2 \times (\text{RedEdge} - \text{Green}) \times (\text{RedEdge} / \text{Red})$	Вміст пігментів, хлорофілу	Виявляє хлороз у листках сорго
RENDVI (Red Edge NDVI)	$(\text{NIR} - \text{RedEdge}) / (\text{NIR} + \text{RedEdge})$	Чутливий до змін у хлорофілі	Корисний для ранньої діагностики стресу
PRI (Photochemical Reflectance Index)	$(\text{Green} - \text{RedEdge}) / (\text{Green} + \text{RedEdge})$	Ефективність фотосинтезу, стрес	Відображає реакцію на фотосинтетичні стреси
VARI (Visible Atmospherically Resistant Index)	$(\text{Green} - \text{Red}) / (\text{Green} + \text{Red} - \text{Blue})$	Стійкість до атмосферних впливів	Використовується для візуальних сенсорів (RGB-дронів)

Так, NDVI та EVI відображають загальну фотосинтетичну активність, NDWI – водний баланс, MCARI та

RENDVI – зміни у вмісті хлорофілу. Це дозволяє диференціювати прояви дефіциту вологи, азоту чи ураження хворобами.

5. Фактори впливу на фітосанітарний стан сорго зернового

Тип стресора	Приклади	Ознаки на спектральних зображеннях	Потенційні індекси для виявлення
Абіотичні	Посуха, дефіцит поживних речовин	Зниження NDVI, підвищення температури листя	NDVI, NDWI, CWSI
Біотичні	Хвороби, шкідники	Локальні плями, зміни відбивної здатності	Red-edge NDVI, MCARI
Техногенні	Нерівномірність удобрення, забруднення	Просторові аномалії на знімках	SAVI, VARI

У процесі моніторингу виявлено комплекс абіотичних, біотичних та техногенних факторів, що формують стійкість агроценозів сорго. Таблиця 5 демонструє їх приклади, характерні спектральні ознаки та індекси, які доцільно використовувати для діагностики. Це підтверджує доцільність інтегрованого підходу при аналізі фітосанітарного стану.

Систематичний моніторинг показав динаміку змін NDVI та NDWI залежно від

фази розвитку сорго зернового. Як свідчать дані (табл. 6), у фазу сходів індекси мали низькі значення, які поступово зростали до фази молочно воскової стиглості зерна, відображаючи максимальну фотосинтетичну активність. Що підтверджує високу чутливість спектральних показників до онтогенезу культури.

6. Результати польових вимірювань і супутникових індексів у фітоценозах сорго зернового, 2022–2024 рр.

Дата спостережень	Фаза розвитку	NDVI (Sentinel-2)	NDMI (Sentinel-2)	Вологість ґрунту, %
2022 рік				
15.05.2022	Сходи	0,25	0,09	14
04.06.2022	Кущіння	0,50	0,22	21
09.07.2022	Викидання волоті	0,76	0,15	17
19.07.2022	Цвітіння	0,80	0,29	26
22.09.2022	Дозрівання	0,84	0,17	19
2023 рік				
15.05.2023	Сходи	0,28	0,18	18
09.06.2023	Кущіння	0,62	0,26	23
09.07.2023	Викидання волоті	0,88	0,17	15
19.07.2023	Цвітіння	0,91	0,28	25
22.09.2023	Дозрівання	0,94	0,10	11
2024 рік				
14.05.2024	Сходи	0,27	0,16	16
03.06.2024	Кущіння	0,57	0,25	23
08.07.2024	Викидання волоті	0,82	0,36	35
28.07.2024	Цвітіння	0,88	0,30	30
21.09.2024	Дозрівання	0,92	0,09	10
2025 рік				
18.05.2025	Сходи	0,31	0,54	65
08.06.2025	Кущіння	0,63	0,25	23
08.07.2025	Викидання волоті	0,74	0,20	21
23.07.2025	Цвітіння	0,81	0,12	14

На основі поєднання NDVI та MCARI вдалося визначити ділянки з різним рівнем стресу (табл. 7). Так, у нормі (ділянка 1) показники свідчили про здорові посіви, тоді як ділянки 2 і 3 демонстрували ознаки

дефіциту азоту та ураження хворобами відповідно. Це доводить діагностичний потенціал спектральних індексів для своєчасного виявлення проблемних зон.

7. Фітосанітарний стан за результатами спектрального аналізу

Ділянка	NDVI	MCARI	Ознаки стресу	Ймовірна причина
1	0,82	0,34	Норма	Здоровий посів
2	0,65	0,22	Знижений хлорофіл	Дефіцит азоту, пошкодження попелицею
3	0,49	0,16	Осередковий стрес	Ураження хворобами
4	0,72	0,30	Легка неоднорідність	Нерівномірне вологозабезпечення

Порівняння зон знижених значень індексів із результатами наземного моніторингу дозволило виявити: ураження рослин мікозами, осередки пошкодження попелицями, зони дефіциту азоту.

Відзначимо, що завдяки моніторингу вдалося простежити розвиток проблемних зон, зокрема: розширення площ з ознаками фітостресу на 18 % у період між фазами кущіння та викидання волоті; часткове

відновлення індексів після локального внесення добрив та/або захисних заходів.

Отже, застосування дистанційного моніторингу на основі мультиспектральних даних є ефективним інструментом оцінки фітосанітарного стану посівів сорго зернового, що дозволяє:

- своєчасно виявляти зони ризику (рис. 1);
- зменшити витрати на наземне обстеження;
- підвищити точність прийняття агрономічних рішень.

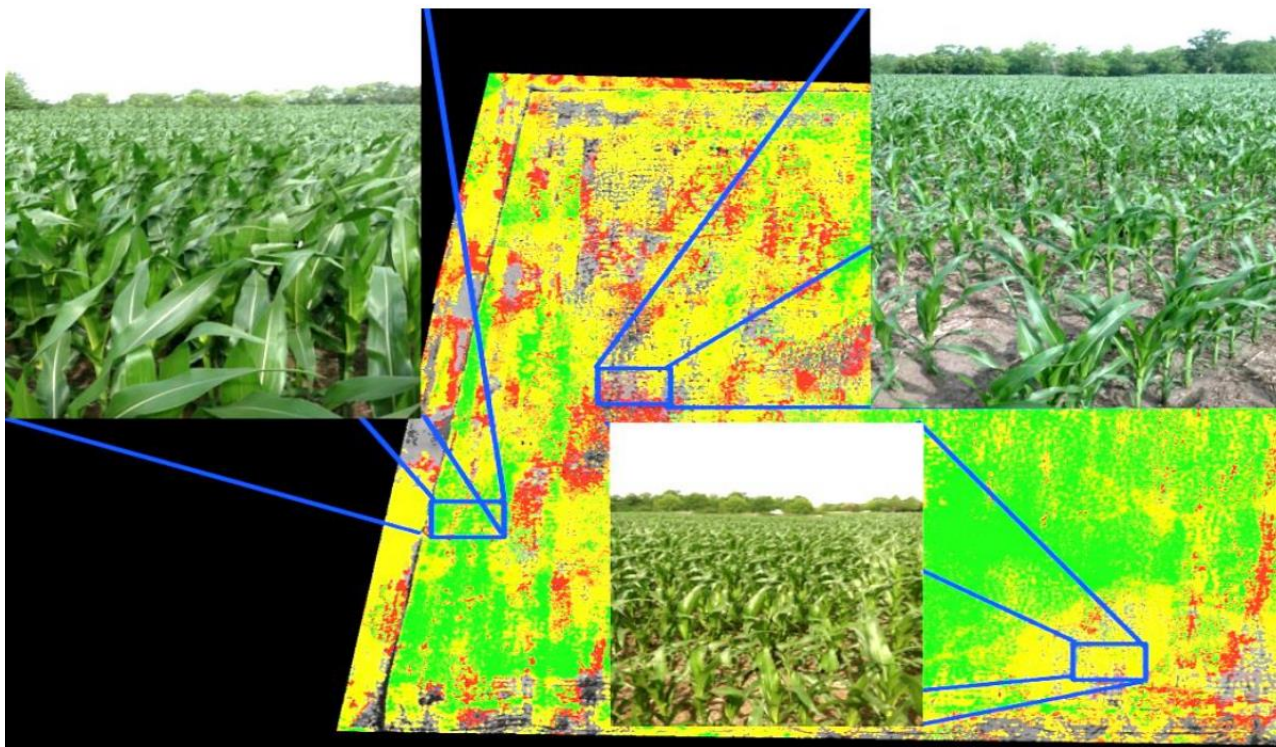


Рис. 1. Візуалізація NDVI-карти посівів сорго зернового: розподіл фітосанітарних ризиків

Ефективний моніторинг стану сільськогосподарських культур вимагає поєднання різних джерел інформації та технологій дистанційного зондування (рис. 2). Запропонована модель інтеграції супутникових даних дистанційного зондування та інформації, отриманої з безпілотних літальних апаратів, відображає багаторівневий підхід до оцінки фітосанітарного стану агроценозів сорго зернового. Схема передбачає поєднання глобального рівня спостережень (супутникові платформи, зокрема Sentinel-2, Landsat, PlanetScope), які забезпечують регулярний моніторинг на

великих площах, із локальним рівнем (БПЛА з мультиспектральними, тепловими та RGB-камерами), що дозволяє деталізувати виявлені аномальні ділянки.

На першому етапі здійснюється збір багоспектральної інформації, яка трансформується у вегетаційні індекси (NDVI, NDWI, MCARI, RENDVI тощо). Їх аналіз забезпечує первинне картування зон потенційного ризику. Наступний етап включає верифікацію даних шляхом поєднання дистанційних спостережень з результатами наземних обстежень (ground-truth даних), що підвищує вірогідність оцінок.

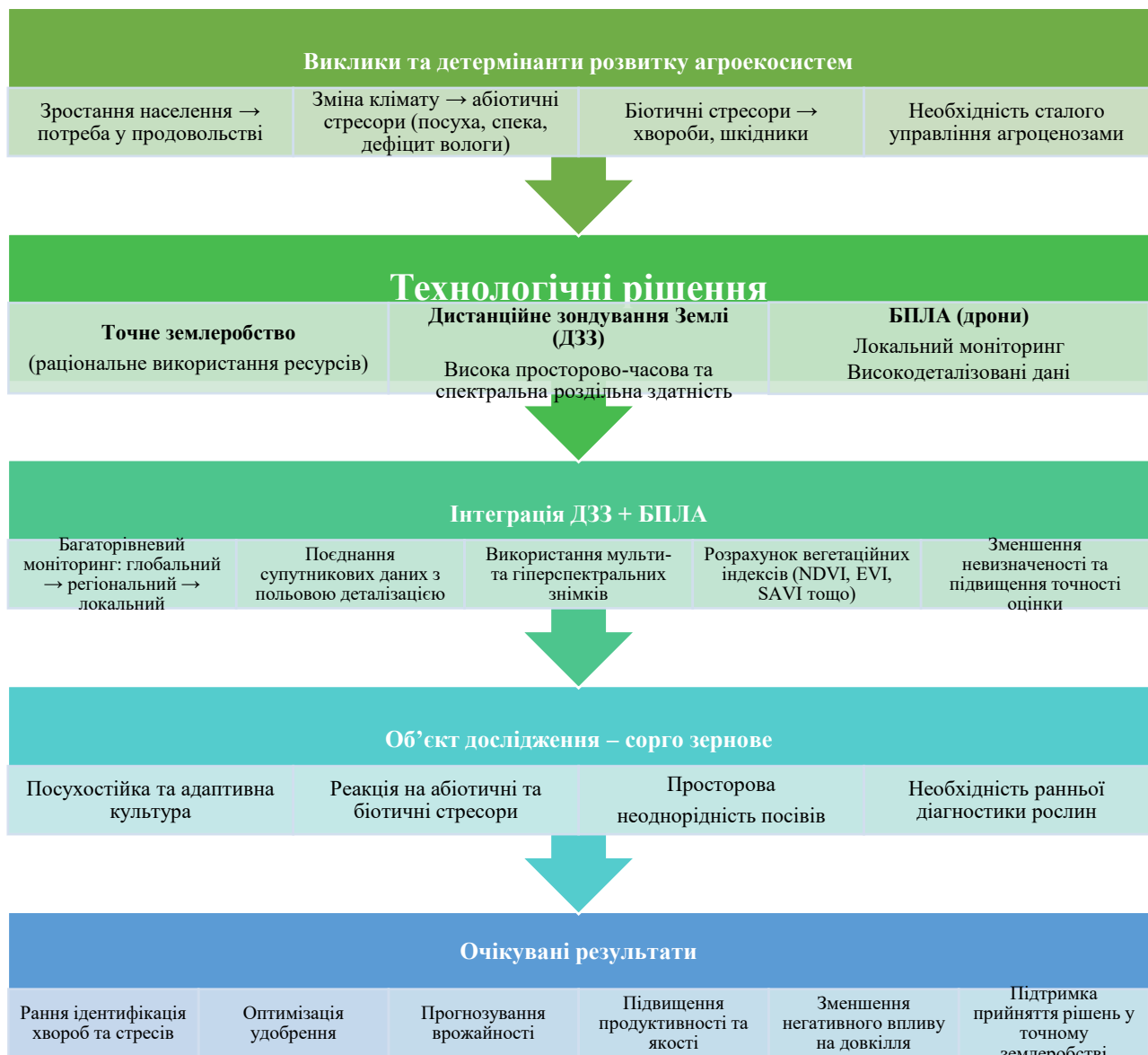


Рис. 2. Концептуальна модель використання технологій дистанційного зондування та БПЛА для оцінки фітосанітарного стану фітоценозів сорго зернового

У моделі передбачено зворотний зв'язок між рівнями спостережень: супутникові дані задають загальну картину просторової неоднорідності, тоді як БПЛА уточнюють діагностику на рівні окремих ділянок. Завдяки такій інтеграції забезпечується комплексна оцінка проявів абіотичних (посуха, дефіцит поживних речовин) та біотичних (ураження хворобами, пошкодження шкідниками) стресів.

Таким чином, концептуальна модель (рис. 2) виступає інструментом формування системи адаптивного фітосанітарного моніторингу, що дозволяє своєчасно

ідентифікувати проблемні зони, підвищує точність прийняття агрономічних рішень та створює підґрунтя для зменшення антропогенного навантаження на агроєкосистеми.

Висновки. Проведені дослідження довели ефективність застосування технологій дистанційного зондування Землі у поєднанні з даними БПЛА для оцінки фітосанітарного стану агроценозів сорго зернового. Використання супутникових платформ (Sentinel-2, Landsat, PlanetScope) забезпечує регулярний моніторинг великих площ та створює основу для розрахунку ключових вегетаційних індексів. Дані

БПЛА, оснащених мультиспектральними, тепловими та RGB-сенсорами, дозволяють деталізувати локальні прояви абіотичних і біотичних стресів, доповнюючи супутникову інформацію. Результати багаторічних спостережень (2022–2025 рр.) показали високу чутливість NDVI, NDWI, MCARI та RENDVI до змін у стані сорго, що підтверджує їх діагностичний потенціал. Інтеграція дистанційних методів із наземними вимірюваннями забезпечує вірогідність отриманих результатів та

Список використаної літератури

1. Билим О. І. Супутникові методи дослідження Землі. Львів : Видавництво ЛНУ ім. І. Франка, 2020. 238 с.
2. Бутенко Є. В. Геоінформаційне забезпечення моніторингу агроландшафтів. *Вісник геодезії та картографії*. 2023. № 2. С. 25–31.
3. Гнатюк М. І. Застосування ГІС-технологій у землекористуванні. *Науковий вісник*. 2022. № 3. С. 21–27.
4. Гудзь С. П., Яцишина А. С. Геодезичне забезпечення моніторингу земель: теорія і практика. Київ : Ліра-К, 2020. 198 с.
5. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування / С. О. Довгий та ін. К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України. 2019. 316 с. [https://nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-technology/\[sensing\]\[handbook\]\[2019\]_osnovy_dystantsiynoho_zonduvannya_zemli_istoriya_ta_praktychne_zastosuvannya.pdf](https://nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-technology/[sensing][handbook][2019]_osnovy_dystantsiynoho_zonduvannya_zemli_istoriya_ta_praktychne_zastosuvannya.pdf).
6. Столяр С. Г. Особливості застосування інформаційних технологій при моніторингу шкідливих організмів сорго зернового в Поліссі України. *Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення* : збірник тез доповідей III Міжнар. наук.-практ. конф. (Житомир, 8–9 черв. 2023 р.). Житомир, 2023. С. 106–110.
7. Столяр С., Трембіцька О. Моніторинг стану посівів сорго звичайного двокольорового з використанням дистанційного зондування землі. *Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток території Землі: наслідки та шляхи вирішення* : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 12 черв. 2025 р.). Херсон, 2025. С. 171–175.
8. Chaloner T. M., Gurr S. J., Bebbler D. P. Plant pathogen infection risk tracks global crop yields under climate change. *Nat. Clim. Chang.* 2021. Vol. 11. P. 710–715. DOI: 10.1038/s41558-021-01104-8.
9. Detecting Sorghum Plant and Head Features from Multispectral UAV Imagery / Y. Zhao et al.

створює умови для формування системи адаптивного моніторингу. Запропонована концептуальна модель дає можливість своєчасно виявляти осередки фітостресу, оптимізувати застосування добрив і засобів захисту рослин. Таким чином, поєднання супутникових і безпілотних технологій створює наукове підґрунтя для розвитку точного землеробства та підвищення стійкості агроєкосистем сорго зернового в умовах кліматичних змін.

References

1. Bylym O. I. Satellite methods of Earth exploration. Lviv : Vydavnytstvo LNU im. I. Franka, 2020. 238 p.
2. Butenko Ye. V. Geoinformation support for monitoring agricultural landscapes. *Visnyk heodezii ta kartohrafii*. 2023. № 2. P. 25–31.
3. Hnatiuk M. I. Application of GIS technologies in land use. *Naukovyi visnyk*. 2022. No. 3. P. 21–27.
4. Hudz S. P., Yatsyshyna A. S. Geodetic support for land monitoring: theory and practice. Kyiv : Lira-K, 2020. 198 p.
5. Fundamentals of Earth Remote Sensing: History and Practical Applications / S. O. Dovhyi et al. K. : Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy. 2019. 316 p. [https://nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-technology/\[sensing\]\[handbook\]\[2019\]_osnovy_dystantsiynoho_zonduvannya_zemli_istoriya_ta_praktychne_zastosuvannya.pdf](https://nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-technology/[sensing][handbook][2019]_osnovy_dystantsiynoho_zonduvannya_zemli_istoriya_ta_praktychne_zastosuvannya.pdf).
6. Stoliar S. H. Features of the application of information technologies in monitoring harmful organisms of grain sorghum in Polissia, Ukraine. *Modern trends in the development of agriculture: problems and ways to solve them* : zbirnyk tez dopovidei III Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (Zhytomyr, 8–9 cherv. 2023 r.). Zhytomyr, 2023. P. 106–110.
7. Stoliar S., Trembitska O. Monitoring the condition of bicolor common sorghum crops using remote sensing of the earth. The impact of climate change on the spatial development of the Earth's territories: consequences and solutions : materialy VII Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (Kherson, 12 cherv. 2025 r.). Kherson, 2025. P. 171–175.
8. Chaloner T. M., Gurr S. J., Bebbler D. P. Plant pathogen infection risk tracks global crop yields under climate change. *Nat. Clim. Chang.* 2021. Vol. 11. P. 710–715. DOI: 10.1038/s41558-021-01104-8.
9. Detecting Sorghum Plant and Head Features from Multispectral UAV Imagery / Y. Zhao et al. *Plant Phenomics*, 2021. 9874650. <https://doi.org/10.34133/2021/9874650>.
10. Estimation of sorghum seedling number from

Plant Phenomics, 2021. 9874650. <https://doi.org/10.34133/2021/9874650>.

10. Estimation of sorghum seedling number from drone image based on support vector machine and YOLO algorithms / H. Chen et al. *Front. Plant Sci.* 2024. Vol. 15. P. 1399872. DOI: 10.3389/fpls.2024.1399872.

11. Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation / W. J. Frampton et al. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2013. Vol. 82. P. 83–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.04.007>.

12. Mapping soil moisture with the Optical TRapezoid Model (OPTRAM) based on long-term MODIS observations / E. Babaeian et al. *Remote sensing of environment*. 2018. Vol. 211. P. 425–440. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S03442571830186X>.

13. Nigussie Z. The effect of climate change on soil health: a review. *International journal of energy and environmental science*. 2024. . Vol. 9, No 3. P. 52–58. URL: <https://doi.org/10.11648/j.ijees.20240903.11>.

14. Novel machine learning framework for high-resolution sorghum biomass estimation using multi-temporal UAV imagery / E. Tunca et al. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2025. <https://doi.org/10.1007/s13762-025-06498-y>.

15. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach / S. K. Seelan et al. *Remote Sens. Environ.* 2003. Vol. 88. P. 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.007>.

16. Remote Sensing Applications in Agriculture / Ya. Verma et al. *Recent Trends in Agriculture*. 2024. Vol. 13. P. 159–180. https://www.researchgate.net/publication/382276464_Remote_Sensing_Applications_in_Agriculture.

17. Stoliar S., Kliuchevych M. Sorghum diseases in Polissia of Ukraine. *Sciences of Europe*. 2022. Vol. 90 (1). P. 3–6.

18. Uniting remote sensing, crop modelling and economics for agricultural risk management / E. Benami et al. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2021. Vol. 2 (2). P. 140–159. <https://www.nature.com/articles/s43017-020-00122-y>.

19. Unmanned aerial systems-based remote sensing for monitoring sorghum growth and development / S. Shafian et al. *PLoS ONE*. 13 (5): e0196605. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196605>.

20. Uav-based sorghum growth monitoring: a comparative analysis of lidar and photogrammetry / M. Maimaitjiang et al. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2020. Vol. V-3-2020. P. 489–496. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-3-2020-489-2020>.

drone image based on support vector machine and YOLO algorithms / H. Chen et al. *Front. Plant Sci.* 2024. Vol. 15. P. 1399872. DOI: 10.3389/fpls.2024.1399872.

11. Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation / W. J. Frampton et al. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2013. Vol. 82. P. 83–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.04.007>.

12. Mapping soil moisture with the Optical TRapezoid Model (OPTRAM) based on long-term MODIS observations / E. Babaeian et al. *Remote sensing of environment*. 2018. Vol. 211. P. 425–440. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S03442571830186X>.

13. Nigussie Z. The effect of climate change on soil health: a review. *International journal of energy and environmental science*. 2024. Vol. 9, No 3. P. 52–58. URL: <https://doi.org/10.11648/j.ijees.20240903.11>.

14. Novel machine learning framework for high-resolution sorghum biomass estimation using multi-temporal UAV imagery / E. Tunca et al. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2025. <https://doi.org/10.1007/s13762-025-06498-y>.

15. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach / S. K. Seelan et al. *Remote Sens. Environ.* 2003. Vol. 88. P. 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.007>.

16. Remote Sensing Applications in Agriculture / Ya. Verma et al. *Recent Trends in Agriculture*. 2024. Vol. 13. P. 159–180. https://www.researchgate.net/publication/382276464_Remote_Sensing_Applications_in_Agriculture.

17. Stoliar S., Kliuchevych M. Sorghum diseases in Polissia of Ukraine. *Sciences of Europe*. 2022. Vol. 90 (1). P. 3–6.

18. Uniting remote sensing, crop modelling and economics for agricultural risk management / E. Benami et al. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2021. Vol. 2 (2). P. 140–159. <https://www.nature.com/articles/s43017-020-00122-y>.

19. Unmanned aerial systems-based remote sensing for monitoring sorghum growth and development / S. Shafian et al. *PLoS ONE*. 13 (5): e0196605. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196605>.

20. Uav-based sorghum growth monitoring: a comparative analysis of lidar and photogrammetry / M. Maimaitjiang et al. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2020. Vol. V-3-2020. P. 489–496. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-3-2020-489-2020>.

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-9

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.16:631.527

**АНАЛІЗ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО РІЗНОГО ЕКОТИПУ
ЗА ЦІННИМИ ОЗНАКАМИ
В ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ****М. І. Терлецька¹, Г. Я. Біловус¹, О. С. Гораш², Р. І. Климишина²**

¹Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

²Заклад вищої освіти
«Подільський державний
університет»
вул. Шевченка, 12,
м. Кам'янець-Подільський,
Хмельницька обл., 32316

Про авторів:

Марія ТЕРЛЕЦЬКА, кандидат
сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-1737-3263

Галина БІЛОВУС, кандидат
сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0001-7527-5832

Олександр ГОРАШ, доктор
сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0001-9418-0310

Ріта КЛИМИШИНА, кандидат
сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-4643-7895

Для листування:

Марія ТЕРЛЕЦЬКА
e-mail: mari-ter@ukr.net

Інформація про фінансування:
Національна академія аграрних
наук України

Отримано:
3 вересня 2025 р.
Погоджено до друку:
13 листопада 2025 р.
Опубліковано:
30 грудня 2025 р.

Експериментальну роботу проводили у 2021–2023 рр. на полях відділу селекції сільськогосподарських культур в умовах селекційно-насінницької сівозміни Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Предметом досліджень були сорти ячменю озимого: Збруч, МП Дарій, МП Статус, Дев'ятий вал, Достойний, Снігова королева, Валькірія, Русин, Атлас, Еволюція, Фінола. Мета нашої роботи полягає у тому, щоб виділити сорти ячменю озимого, які найбільш пристосовані до погодних умов Карпатського регіону. Ураженість сортів ячменю озимого залежала здебільшого від видового складу збудників хвороб в агроценозі та ґрунтово-кліматичних умов. За роки дослідження стійкими (бал 6) до борошнистої роси були сорти: Збруч, Снігова королева, Дев'ятий вал. Більш сприйнятливими до ураження цим захворюванням виявилися сорти: Фінола, Атлас, Русин, Достойний. Високу стійкість (бал 7) до сітчастої плямистості листя мали сорти: Достойний, Снігова королева. Менш стійким до цього захворювання (бал 5) був сорт Валькірія. Досліджувані сорти мали високу стійкість до карликової іржі (бал 7–6). Основними елементами структури врожаю для ячменю озимого є густота продуктивного стеблостою, озерненість колоса та виповненість зерна. Кожен з цих елементів може змінюватися під дією умов навколишнього середовища. У свою чергу це впливає на величину зерна. Щупле, невиповнене та дрібне зерно має низьку якість, що є наслідком впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища на рослину (дефіцит поживних елементів, погодні умови, пошкодження шкідниками, ураження хворобами). Найкраще співвідношення елементів урожаю відзначено у сорту Снігова королева, на що вплинули сортові особливості та здатність активно використовувати природно-кліматичні умови для розвитку й росту рослин. За довжиною колоса відзначилися сорти: Снігова королева з кількістю зерен 43 шт., найкоротший колос спостерігали у рослин сорту МП Дарій з числом зерен 38 шт. Сорт Дев'ятий вал був максимально наближений до стандарту, а за масою 1000 зерен навіть перевищив його на 0,7 г. Сорти МП Статус та Атлас мали найнижчу масу 1000 зерен (37,0–37,5 г).

Ключові слова: ячмінь, генотип, сорт, урожайність, кількісна ознака, стабільність, адаптивність.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Терлецька М. І., Біловус Г. Я., Гораш О. С., Климишина Р. І., 2025

The analysis of varieties of winter barley of different ecotypes by valuable traits in the soil-climatic conditions of the Western Forest-Steppe

¹Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS
*Hrushevskoho street, 5,
Obroshyne village, Lviv district,
Lviv region, 81115*

²Higher education institution
«Podilskyi State University»
*Shevchenka street, 12,
Kamianets-Podilskyi,
Khmelnitskyi region, 32316*

About authors:

Mariia TERLETSKA
ORCID: 0000-0002-1737-3263

Halyna BILOVUS
ORCID: 0000-0001-7527-5832

Oleksandr HORASH
ORCID: 0000-0001-9418-0310

Rita KLYMYSHYNA
ORCID: 0000-0002-4643-7895

For corresponding:
Mariia TERLETSKA
e-mail: mari-ter@ukr.net

Funding information:
National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:
September 3, 2025
Accepted:
November 13, 2025
Published:
December 30, 2025

The research was conducted in 2021–2023 on the fields of the crop selection department in the conditions of selection and seed rotation of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Agrarian Sciences. The subjects of research were the following varieties: Zbruch, MIP Darii, MIP Status, Deviatyi val, Dostoinyi, Snihova koroleva, Valkiria, Rusyn, Atlas, Evolution, Finola. The purpose of our work was to identify varieties of winter barley that are most adapted to the weather conditions of the Carpathian region. The incidence of winter barley varieties depended largely on the species composition of pathogens in the agrocenosis and soil and climatic conditions. Over the years of research, the most resistant varieties (score 6) to powdery mildew were: Zbruch, Snihova koroleva, Deviatyi val. More susceptible to this disease were: Finola, Atlas, Rusyn, Dostoinyi. It should be noted that high resistance (score 7) to net spotting of leaves was found by the following varieties: Dostoinyi, Snihova koroleva. The Valkiria variety was susceptible to this disease (score 5). All studied varieties had high resistance to dwarf rust (score 7–6). It is possible that such damage of winter barley varieties depended on the species composition of pathogens in the agrocenosis and soil-climatic conditions. As for the structure of the crop, for winter barley its main elements are the following: the density of the productive stem, the size of the ear and the fullness of the grain. Each of these elements can change under the influence of environmental conditions. This, in turn, affects the grain size. Incomplete, thin and small grain is of low quality, which is a consequence of the influence of adverse factors of the external environment on the plant (weather conditions, deficiency of nutrients, damage by diseases and pests). The best ratio of crop elements was noted in the Snihova koroleva variety, which was influenced by varietal characteristics and the ability to actively use natural and climatic conditions for plant development and growth. The longest spike appeared in plants of the Snihova koroleva variety with a number of grains of 43 pcs., and the shortest – in plants of the MIP Darius variety with a number of grains of 38 pcs. The Deviatyi val variety was as close as possible to the standard in terms of ear length, and even exceeded it by 0.7 g in weight of 1,000 grains. The lowest weight of 1,000 grains was in the MIP Status and Atlas varieties (37.0–37.5 g). The best ratio of harvest elements was found in the Snihova koroleva variety, which was influenced by varietal features and the ability to actively use natural and climatic conditions for growth and development.

Keywords: barley, genotype, variety, yield, quantitative trait, stability, adaptability.

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

Вступ. Ячмінь озимий має багато позитивних якостей. Його зерно дозріває на 10–14 діб раніше від пшениці озимої, ячменю ярого та інших культур. Ячмінь озимий добре переносить літню спеку,

який у плані посухостійкості є лідером серед інших хлібних злаків. Проте поряд з перевагами він має суттєві хиби – досить низьку зимо- і морозостійкість, що стримує розширення посівних площ цієї

культури. Врожайність ячменю озимого залежить від ступеня перезимівлі рослин, оскільки за цією властивістю він поступається іншим озимим [5, 12].

В умовах погіршення екологічної ситуації та зростаючої варіабельності гідротермічного режиму, що є характерною ознакою сучасного клімату, сільське господарство України, зокрема рослинництво, демонструє високу чутливість до кліматичних коливань. У зв'язку з цим актуалізується потреба адаптації галузі до змін навколишнього середовища.

Одним із ключових напрямів такої адаптації є впровадження у виробництво сортів з високим рівнем екологічної пластичності, що сприятиме підвищенню стабільності врожаю та якості продукції рослинництва. У контексті глобальних кліматичних змін стабільність урожайності ячменю озимого набуває не меншого значення, ніж його генетично зумовлений потенціал продуктивності. Щоб знизити залежність агроєкосистем від несприятливих і неконтрольованих факторів зовнішнього середовища, потрібний цілеспрямований добір сортів із високою адаптивною здатністю до екстремальних кліматичних умов. Кліматичні зміни, зокрема поява екстремальних погодних явищ на різних етапах органогенезу рослин, негативно позначаються на кількісних та якісних показниках урожаю. Аналіз метеорологічних даних свідчить про швидке зростання частоти та амплітуди коливань температури й опадів, що створює загрозу стабільності агровиробництва. Найбільш значущим ризиком у цьому контексті виступає зростаюча інтенсивність, тривалість та просторове поширення посушливих періодів [3, 4].

Розширення площ посіву ячменю озимого пов'язане з його великим народногосподарським значенням, оскільки ячмінна продукція включає солод, фуражне зерно і використовується у харчовій промисловості [5, 11].

Особливого значення набуває добір сортів для конкретних ґрунтово-кліматичних умов з високою зимостійкістю, стійкістю до хвороб та шкідників, високим генетичним потенціалом продуктивності [8, 15, 21].

Останнім часом чітко простежується тенденція до зростання значущості сорту у формуванні врожайності зернових культур. Однією з основних причин недоотримання потенційного врожаю є обмежений асортимент сортів, стійких до шкідливих організмів. Проблема підвищення резистентності рослин до хвороб є надзвичайно складною та суттєво відрізняється від селекції за іншими господарсько цінними ознаками, оскільки передбачає втручання в складну систему взаємодії між двома біологічними об'єктами – рослиною та патогеном [17, 22].

Слід зазначити те, що більшість сортів мають не лише високу продуктивність, а й високу генетичну однорідність та стійкість до різних захворювань.

Поєднання високого рівня продуктивності з підвищеною стійкістю до стресових абіотичних та біотичних чинників доквілля є обґрунтованою та стратегічно важливою вимогою сучасного сільськогосподарського виробництва до нових сортів і гібридів культурних рослин. Задоволення цих вимог є ключовим чинником підвищення ефективності агровиробництва в умовах глобальних кліматичних змін і зростаючих екологічних ризиків [12, 20].

Одним із завдань для забезпечення високої та стабільної врожайності ячменю озимого є раціональний добір сортів, здатних формувати сталий урожай за різних погодних умов. Особливої ваги набуває впровадження у виробництво декількох сортів з різною тривалістю вегетаційного періоду (різних груп стиглості), що дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з несприятливими кліматичними чинниками, та оптимізувати

потенціал урожайності у межах кожного господарства.

Упродовж останніх років активізувалася спільна робота селекціонерів і фітопатологів, спрямована на створення нових сортів ячменю озимого з поліпшеними адаптивними властивостями, а також їхнє широке впровадження у виробничу практику [12, 19, 20].

На сьогодні на ринку представлено широкий асортимент високоякісного насіння високопродуктивних сортів ячменю озимого як вітчизняної, так і зарубіжної селекції. Водночас одним із важливих чинників ефективного використання такого насіннєвого матеріалу є його адаптивність до конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. На сучасному етапі значним попитом користуються шестирядні сорти ячменю озимого, які вирізняються високою стійкістю до вилягання, ураження хворобами та добрими показниками морозостійкості. Водночас деякі дворядні сорти демонструють високу врожайність і відмінну якість зерна, що робить їх перспективними для вирощування в окремих агрокліматичних зонах [3, 6, 27].

Ячмінь озимий загалом характеризується високим потенціалом урожайності – у сприятливих умовах та за дотримання оптимальної технології вирощування він здатний формувати врожай на рівні 6–8 т/га і більше [3, 10, 29]. Однак слід зазначити, що ячмінь озимий є більш вимогливим до агротехнічних заходів, ніж інші зернові культури, і частіше уражується хворобами, що потребує ретельного дотримання системи захисту рослин і технологічної дисципліни у вирощуванні [21, 24–26].

Зерно ячменю озимого, завдяки своїм високим кормовим якостям, має більш збалансований амінокислотний склад порівняно із зерном пшениці, кукурудзи та інших культур. Це забезпечує ефективніше його використання у тваринництві та знижує витрати корму на одиницю продукції тваринного походження. У

зв'язку з цим зростає актуальність розширення виробництва зерна ячменю озимого як важливої складової кормової бази [9].

Матеріали і методи. Дослідження проводили у 2021–2023 рр. на полях відділу селекції сільськогосподарських культур в умовах селекційно-насінницької сівозміни Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Предметом досліджень були сорти ячменю озимого: Збруч, МІП Дарій, МІП Статус, Дев'ятий вал, Достойний, Снігова королева, Валькірія, Русин, Атлас, Еволюція, Фінола.

Попередник – озимі зернові, фон мінерального живлення – $N_{60}P_{60}K_{60}$, агротехніка – загальноприйнята для вирощування ячменю озимого в зоні досліджень. Облікова площа ділянки – 25 м², повторність – чотириразова. Сівбу проводили селекційною сівалкою СКС-6-10 з апаратом центрального висіву, збирання – комбайном «Сампо-130», обліки та спостереження – згідно з відповідними методиками Державного сорто випробування [20, 21].

Статистичну обробку експериментальних даних виконували за допомогою програми Microsoft Excel з підрахунком середніх, мінімальних (min), максимальних (max) значень. Облік урожаю проводили подільночно методом відбору пробних снопів; статистичну обробку отриманих експериментальних даних – методом дисперсійного аналізу.

Результати та обговорення. Кліматичні умови Західного Лісостепу України в загальному є сприятливими для вирощування ячменю озимого. Середньорічна температура повітря становить 7,0–7,5 °С, кількість опадів – 550–700 мм, з них 70 % випадає у літній період [13].

Зими в останні роки переважно м'які з достатнім сніговим покривом, тому вимерзання ячменю трапляється рідко. Літературні дані свідчать, що випадання рослин від низьких температур не перевищує 12 %, але тривалі морози нижче

ніж 12–15 °С є згубними для їх перезимівлі.

За роки досліджень погодні умови, які склалися під час вегетації ячменю озимого (збільшення температурного режиму та кількості опадів), сприяли розвитку основних хвороб, зокрема борошнистої роси та плямистостей листя [18].

Ступінь ураження досліджуваних сортотразків збудниками захворювань залежав від сортових особливостей.

Погодні умови протягом вегетації ячменю озимого в 2023 р. були нерівнозначні.

У квітні 2023 р. температура повітря була в межах середньобагаторічної, а опадів – на 33,2 мм менше (рис.). У травні температура повітря була на 0,9 °С менша від середньобагаторічної, а кількість опадів – на 64,7 мм менша. У I та III декадах червня середньодобова температура повітря на 1,2 й 1,8 °С перевищувала кліматичні показники (15,6 та 17,2 °С), а в II декаді – наближалася до норми (16,0 °С) й становила 15,4 °С. Середньомісячна температура повітря дорівнювала 17,1 °С й була вищою за норму на 0,8 °С.

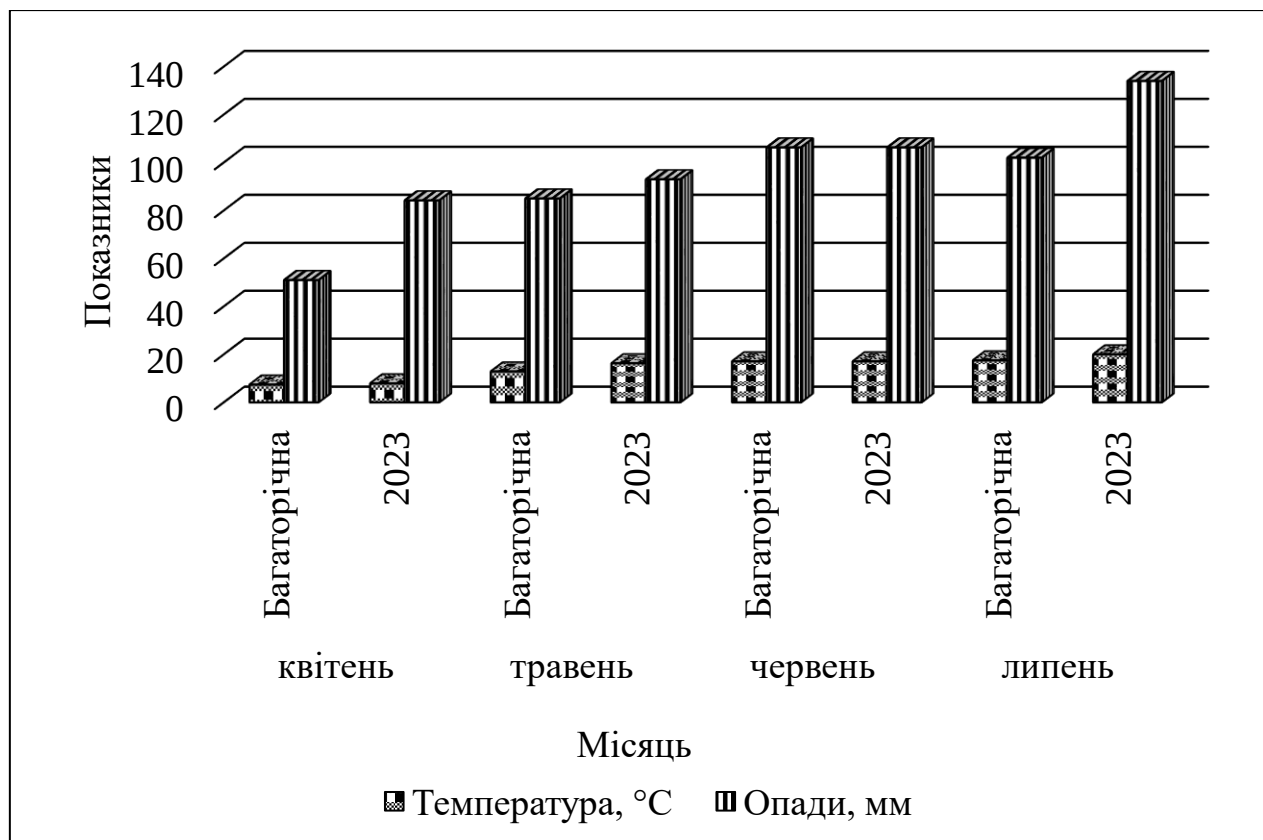


Рис. Метеорологічні дані температури повітря (°С) та кількості опадів (мм) (гідромеліоративний пост спостережень Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН)

Липень також відзначався високими температурами, а зокрема середньомісячний показник становив 20,0 °С за норми 17,5 °С.

Дощі впродовж календарного літа випадали нерівномірно. Значні опади спостерігали в II, III декадах червня

(157 та 153 % норми), III декаді липня (199 %). Близько норми опадів випало в II декаді липня (103 %). Їх нестачу зафіксовано в I декаді червня (29 % від норми), I декаді липня (83 %).

Слід відзначити, що у червні випало 106,3 мм опадів за норми 93 мм, у липні – 134,0 мм за норми 102 мм.

Для ячменю озимого характерною є слабка опірність проти випирання, що пов'язано зі слабкорозвиненою кореневою системою.

За даними екологічного випробування ячменю озимого у кількості 11 сортів (Збруч, МП Статус, МП Дарій, Дев'ятий вал, Достойний, Снігова королева, Валькірія, Русин, Атлас, Еволюція, Фінола), врожайність зерна знаходилася в межах 3,5 (МП Дарій) – 4,3 т/га (Валькірія) (табл. 1).

1. Урожайність сортів ячменю озимого в екологічному сортовипробуванні, 2021–2023 рр.

Сорт	Довжина, см		Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г	Натурна маса, г/л
	стебла	волоті				
Збруч (St)	108,5	8,9	45,0	2,40	45,1	600
МП Дарій	97,0	8,5	38,0	2,10	43,2	565
МП Статус	96,7	8,6	40,0	2,12	37,0	585
Дев'ятий вал	90,3	7,9	44,0	2,15	45,8	598
Достойний	101,5	6,8	43,0	1,70	43,1	595
Снігова королева	74,4	6,4	48,0	2,32	46,6	620
Валькірія	75,6	5,9	49,0	2,43	48,5	630
Русин	98,2	6,7	42,0	2,10	47,9	585
Атлас	88,5	7,8	43,0	1,90	37,5	589
Еволюція	84,5	7,9	41,0	2,05	38,1	591
Фінола	89,5	6,2	40,0	2,50	40,3	601
max	108,5	8,9	49,0	2,50	37,0	630
min	75,6	5,9	38,0	1,70	49,9	585

Найбільш продуктивними виявилися сорти Валькірія, Фінола з приростом до контролю по 0,30 т/га та Дев'ятий вал – 0,20 т/га. Менш продуктивними були: Атлас (3,8 т/га), Русин (3,7 т/га), МП Дарій (3,5 т/га).

На основі результатів досліджень можемо стверджувати, що сорти ячменю озимого Валькірія, Дев'ятий вал, Снігова королева та Фінола перевищували стандарт від 2,5 до 7,5 %, а сорт

Достойний за врожайністю був на рівні стандарту. Ці сорти переважали стандарт також за кількістю зерен у колосі, масою 1000 зерен та натурною масою.

Аналіз показників структури врожаю (табл. 2) дозволяє встановити, які ознаки мають більший вплив на продуктивність рослин, і виділити сорти з цінними ознаками (довжина колоса, кількість зерен у колосі, маса 1000 зерен).

2. Показники структури врожаю та технологічної якості зерна сортів ячменю озимого, 2021–2023 рр.

Сорт	Урожай зерна, т/га	Відхилення від стандарту	
		т/га	%
1	2	3	4
Збруч (St)	4,0	–	–
МП Дарій	3,5	-0,50	12,5
МП Статус	3,8	-0,20	5,0
Дев'ятий вал	4,2	0,20	-5,0
Достойний	4,0	0,00	0,0

1	2	3	4
Снігова королева	4,2	0,20	-5,0
Валькірія	4,3	0,30	-7,5
Русин	3,7	-0,30	7,5
Атлас	3,8	-0,20	5,0
Еволюція	3,9	0,10	2,5
Фінола	4,1	0,30	-2,5
НІР ₀₅		0,41	9,3

За ознакою «довжина колоса» вирізнялися сорти Збруч (8,9 см), МІП Статус (8,6 см), Достойний (6,8 см), за кількістю зерен у колосі – Збруч (45,0 шт.) і Снігова королева (48,0 шт.). Сорти Валькірія та Снігова королева за кількістю зерен (49,0 шт.) дещо перевищували стандарт. За ознакою «маса зерна у колосі» вирізнялися ці ж сорти – відповідно 2,40; 2,32 та 2,43 г, за масою 1000 зерен – Снігова королева (46,6 г), Валькірія (48,5 г) і Русин (47,9 г), а за натурною масою зерна виділялися сорти Снігова королева (620 г/л), Валькірія (630 г/л), Збруч (600 г/л).

Найбільш стійкими (бал 6) до борошнистої роси були сорти: Збруч, Снігова королева, Дев'ятий вал. Більш сприйнятливими до ураження цим захворюванням виявилися сорти: Фінола, Атлас, Русин, Достойний. Високу стійкість (бал 7) до сітчастої плямистості листя мали сорти: Достойний, Снігова королева. Менш стійким до цього захворювання (бал 5) є сорт Валькірія. Досліджувані сорти мали високу стійкість до карликової іржі (бал 7–6).

Висновки. За результатами наших досліджень, в умовах Лісостепу Західного продуктивність сортів була в межах від

3,5 (с. МІП Дарій) до 4,3 т/га (с. Валькірія). За стійкістю до вилягання в наших кліматичних умовах найкраще проявили себе низькорослі сорти Снігова королева, Валькірія, Атлас, Еволюція, менш стійкими були сорти з середньою довжиною стебла та високорослі, такі як Збруч, МІП Статус, МІП Дарій, Фінола.

Виділено сортозразки зі стійкістю до збудників темно-бурої плямистості *Bipolaris sorokiniana* Shoem (Збруч, Снігова королева, Валькірія, Еволюція, Дев'ятий вал) та ринхоспоріозу *Rhynchosporium graminicola* Heinsen (Фінола, МІП Дарій, Снігова королева, МІП Статус, Валькірія, Русин). Найвищою врожайністю зерна в середньому за 2021–2023 рр. відзначилися сорти ячменю озимого: Дев'ятий вал, Снігова королева, Збруч, Валькірія, Еволюція – відповідно 4,2; 4,2; 4,0; 4,3; 3,9 т/га.

Ознаки продуктивності змінювалися під впливом погодних умов та сорту.

За даними досліджень, низько- та середньорослі сорти з довжиною стебла 75–90 см виявилися більш продуктивними в згаданих кліматичних умовах, оскільки були стійкішими до вилягання, що сприяло меншій втраті зерна та більшій стійкості до хвороб.

Список використаної літератури

1. Біловус Г. Я., Марухняк А. Я. Екологічне сортовипробування ячменю озимого в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 38–51.
2. Біловус Г. Я. Оцінка сортозразків ячменю озимого за стійкістю до збудників листових хвороб та урожайністю. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 3 (828). С. 20–27.
3. Васильківський С. П., Кочмарський В. С. Селекція і насінництво польових культур.

References

1. Bilovus H. Ya., Marukhniak A. Ya. Ecological varietal testing of winter barley in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2019. Issue 66. P. 38–51.
2. Bilovus H. Ya. Evaluation of winter barley variety samples for resistance to foliar disease pathogens and productivity. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2022. No. 3 (828). P. 20–27.
3. Vasylykivskyi S. P., Kochmarskyi V. S. Selection and seed production of field crops.

Миронівка, 2016. 58 с.

4. Ващенко В. В., Шевченко О. О. Адаптивність і стабільність сортів ячменю ярого за показниками продуктивності. *Вісник Дніпропетровського ДАУ*. 2013. № 1 (31). С. 11–15.

5. Влох В. Г., Тучапський О. Р. Ячмінь озимий у Західному регіоні України. Львів, 2004. 72 с.

6. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Виведення сортів ячменю озимого, адаптованих до сучасних умов Лісостепу України. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2017. Вип. 90, ч. 1. С. 63–70.

7. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Основні напрями та завдання селекції ячменю озимого у Центральному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2016. № 1. С. 2.

8. Гудзенко В. М. Оцінка селекційних ліній ячменю озимого за продуктивністю та адаптивністю в умовах Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 13–23.

9. Гудзенко В. М. Розширення генетичного різноманіття для селекції ячменю в умовах центральної частини Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 25–37.

10. Гудзенко В. М. Селекційна оцінка колекційних зразків ячменю озимого в умовах Лісостепу України. *Агробіологія*. 2014. № 2. С. 29–33.

11. Гудзенко В. М. Урожайність та стабільність миронівських сортів ячменю озимого. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 113. С. 55–77.

12. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Вплив метеорологічних умов вегетаційного періоду на врожайність ячменю озимого в Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. № 4 (33). С. 39–44.

13. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Хоменко Л. О. Оптимізація підходів щодо оцінки морозостійкості селекційного матеріалу ячменю озимого. *Миронівський вісник*. 2016. Вип. 2. С. 56–68.

14. Демидов О. А., Васильківський С. П., Гудзенко В. М. Рівень вияву та зв'язок урожайності, висоти рослин і стійкості до вилягання ячменю озимого у Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 10. С. 30–34.

15. Заяць О. М., Петрина Г. І., Яремко В. Я. Особливості сортів озимого ячменю. *Посібник українського хлібороба : наук.-практ. щорічник*. 2012. Т. 1. С. 131–132.

16. Землеробство ХХІ століття – проблеми та шляхи вирішення / В. Ф. Камінський та ін. Київ, 2015. 272 с.

17. Лінчевський А. А., Легкун І. Б. Нове ставлення до культури ячменю і селекція в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 9 (810). С. 34–42.

18. Лінчевський А. А. Ячмінь в умовах зміни клімату. *Аграрний тиждень. Україна*. 2016. № 11. С. 48–51.

Myronivka, 2016. 58 p.

4. Vashchenko V. V., Shevchenko O. O. Adaptability and stability of spring barley varieties for productivity index. *Visnyk Dnipropetrovskoho DAU*. 2013. No. 1 (31). P. 11–15.

5. Vloh V. H., Tuchapskyi O. R. Winter barley in the Western region of Ukraine. Lviv, 2004. 72 p.

6. Hudzenko V. M., Vasytkivskyi S. P. Breeding of winter barley varieties adapted to modern conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Zb. nauk. pr. Umanskoho NUS*. 2017. Issue 90, part 1. P. 63–70.

7. Hudzenko V. M., Vasytkivskyi S. P. The main directions and tasks of winter barley selection in the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Novitni ahrotekhnologii*. 2016. No. 1. P. 2.

8. Hudzenko V. M. Assessment of breeding lines of winter barley in terms of productivity and adaptability in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Seleksiia i nasinnystvo*. 2014. Issue 106. P. 13–23.

9. Hudzenko V. M. Expansion of genetic diversity for barley selection in the conditions of the central part of the Forest-Steppe of Ukraine. *Seleksiia i nasinnystvo*. 2015. Issue 107. P. 25–37.

10. Hudzenko V. M. Breeding assessment of collection samples of winter barley in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Ahrobiolohiia*. 2014. No. 2. P. 29–33.

11. Hudzenko V. M. Yield and stability of Myroniv varieties of winter barley. *Seleksiia i nasinnystvo*. 2018. Issue 113. P. 55–77.

12. Demydov O. A., Hudzenko V. M., Vasytkivskyi S. P. The influence of meteorological conditions of the growing season on the yield of barley winter in the Forest Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. No. 4 (33). P. 39–44.

13. Demydov O. A., Hudzenko V. M., Khomenko L. O. Optimization of approaches to the assessment of frost resistance of breeding material of winter barley. *Myronivskyi visnyk*. 2016. Issue 2. P. 56–68.

14. Demydov O. A., Vasytkivskyi S. P., Hudzenko V. M. The level of manifestation and the relationship between productivity, plant height and resistance to lodging of barley winter in the Forest-Steppe. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2016. No. 10. P. 30–34.

15. Zaiats O. M., Petryna H. I., Yaremko V. Ya. Peculiarities of varieties of winter barley. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba : nauk.-prakt. shchorichnyk*. 2012. Vol. 1. P. 131–132.

16. Agriculture of the 21st century – problems and solutions / V. F. Kaminskyi et al. Kyiv, 2015. 272 p.

17. Linchevskyi A. A., Lehkun I. B. New attitude to barley culture and selection in conditions of climate change. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. No. 9 (810). P. 34–42.

18. Linchevskyi A. A. Barley in the conditions of climate change. *Ahrarnyi tyzhden. Ukraina*. 2016.

19. Лінчевський А. А. Ячмінь – джерело здорового способу життя сучасної людини. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 14–21.
20. Методика державного випробування сортів на придатність до поширення в Україні : Загальна частина. *Охорона прав на сорти рослин* : офіційний бюлетень. 2003. Вип. 1, ч. 3. 106 с.
21. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. *Охорона прав на сорти рослин* : офіційний бюлетень. 2003. Вип. 2, ч. 3. 214 с.
22. Мойсєєва М. Культура у фокусі: ячмінь. *Пропозиція*. 2009. № 4. С. 20–21.
23. Солонечний П. М. Гомеостатичність та селекційна цінність сучасних сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 36–41.
24. Baik B.-K., Ullrich S. Barley for food: characteristics and uses. *Journal of Cereal Science*. 2008. 48 (2). P. 233–242.
25. Barley: Production, Improvement, and Uses / ed. by S. E. Ullrich. Wiley-Blackwell, 2011. 661 p.
26. Biel W., Jacyno E., Kawęcka M. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. *South Afr. J. of Animal Sci.* 2014. Vol. 44. P. 189–197.
27. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. № 6. P. 36–40.
28. Mohammadi R., Pourdad S. S., Amri A. Grain yield stability of spring sunflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Aust. J. Agric. Res.* 2008. Vol. 59. P. 546–553.
29. Zhu F., Du B., Xu B. A critical review on production and industrial application of beta-glucans. *Food Hydrocol.* 2016. Vol. 52. P. 275–288.
- No. 11. P. 48–51.
19. Linchevskiy A. A. Barley – the source of a healthy lifestyle for modern people. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2017. No. 12. P. 14–21.
20. Methodology of state testing of varieties for suitability for distribution in Ukraine : General part. *Okhorona prav na sorty roslyn* : ofitsiyni biuleten. 2003. Issue 1, part 3. 106 p.
21. Methodology for examination and state testing of plant varieties of grain, grain and leguminous crops. *Okhorona prav na sorty roslyn* : ofitsiyni biuleten. 2003. Issue 2, part 3. 214 p.
22. Moiseieva M. Culture in focus: barley. *Propozytsiia*. 2009. No. 4. P. 20–21.
23. Solonechnyi P. M. Homeostatic and selective value of modern varieties of spring barley. *Selektsiia i nasinnnytstvo*. 2013. Issue 103. P. 36–41.
24. Baik B.-K., Ullrich S. Barley for food: characteristics and uses. *Journal of Cereal Science*. 2008. 48 (2). P. 233–242.
25. Barley: Production, Improvement, and Uses / ed. by S. E. Ullrich. Wiley-Blackwell, 2011. 661 p.
26. Biel W., Jacyno E., Kawęcka M. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. *South Afr. J. of Animal Sci.* 2014. Vol. 44. P. 189–197.
27. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. № 6. P. 36–40.
28. Mohammadi R., Pourdad S. S., Amri A. Grain yield stability of spring sunflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Aust. J. Agric. Res.* 2008. Vol. 59. P. 546–553.
29. Zhu F., Du B., Xu B. A critical review on production and industrial application of beta-glucans. *Food Hydrocol.* 2016. Vol. 52. P. 275–288.

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-10

Оригінальна наукова стаття

УДК 635.15:631.5

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ДОЦІЛЬНІСТЬ
ВАРІАНТІВ ЗАСТОСУВАННЯ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ
У СИСТЕМІ УДОБРЕННЯ РІПАКУ ОЗИМОГО
НА СІРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТАХ****Я. Г. Цицюра, О. П. Ткачук**

Вінницький національний аграрний
університет
вул. Сонячна, 3, м. Вінниця,
21008

Про авторів:

Ярослав ЦИЦЮРА,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-9167-833X

Олександр ТКАЧУК,
доктор сільськогосподарських
наук, професор
ORCID: 0000-0002-0647-6662

Для листування:

Ярослав ЦИЦЮРА
e-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

1 вересня 2025 р.
Погоджено до друку:
24 листопада 2025 р.
Опубліковано:
30 грудня 2025 р.

В умовах трирічного циклу польових досліджень розглянуто та проаналізовано варіанти застосування сульфату амонію на двох адаптивних гібридах ріпаку озимого у двох формах – гранульованій та водному розчині з позиції оптимізації забезпечення рослин сіркою за суміжної оцінки ефективності такого забезпечення з огляду на формування умов перезимівлі рослин та формування основних результативних ознак їх урожайної продуктивності. Встановлено два можливих оптимальних та доцільних варіанти застосування сульфату амонію за вирощування високо інтенсивних гібридів ріпаку озимого на сірих лісових ґрунтах з метою максимальної реалізації їх урожайного потенціалу та збереження якості продукції. Перший передбачає дробне застосування сульфату амонію як в осінній, так і весняний період у формі водних розчинів концентрацією 1,67–2,85 % у критичні періоди росту і розвитку та загартовування рослин ріпаку озимого дозами за сіркою S_{6-12} кг/га діючої речовини (еквівалентна азоту (за співвідношення S/N у добриві 1,14) N_{5-10}) при загальній нормі внесення за вегетацію S_{40} . Другий передбачає застосування сульфату амонію у класичній формі з розподілом не менше 30 % під передпосівний обробіток, а решту – на початку відновлення вегетації рослин при загальній нормі внесення сірки до 70 кг/га діючої речовини.

Ключові слова: ріпак озимий, сульфат амонію, система удобрення, позакореневі підживлення, насіннева продуктивність.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Цицюра Я. Г., Ткачук О. П., 2025

The efficiency and feasibility of ammonium sulfate application options in the fertilization system of winter rapeseed on grey forestal soils

Vinnitsia National Agrarian University
3 Sonyachna St., Vinnitsia, 21008

About authors:

Yaroslav TSYTSYURA
ORCID: 0000-0002-9167-833X

Oleksandr TKACHUK
ORCID: 0000-0002-0647-6662

For corresponding:

Yaroslav TSYTSYURA
e-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net

Funding information:

Ministry of Education and Science of Ukraine

Received:

September 1, 2025

Accepted:

November 24, 2025

Published:

December 30, 2025

Within a three-year cycle of field experiments, the options of applying ammonium sulfate in two forms – granulated and aqueous solution – were considered and analyzed for two adaptive hybrids of winter rapeseed. The focus was on optimizing plant sulfur nutrition alongside assessing the effectiveness of such supply in terms of creating favorable conditions for overwintering and forming the main yield-determining traits of crop productivity. Two possible optimal and feasible application options of ammonium sulfate for cultivating high-intensity winter rapeseed hybrids on grey forestal soils were established with the aim of maximizing yield potential realization and maintaining product quality. The first involves fractional application of ammonium sulfate both in autumn and spring in the form of aqueous solutions with concentrations of 1.67–2.85 % during the critical stages of growth, development, and hardening of winter rapeseed plants, at sulfur doses of S_{6-12} kg/ha of active substance (equivalent to nitrogen at an S/N ratio in the fertilizer of 1.14, N_{5-10}), with a total seasonal application rate of S_{40} . The second option implies the use of ammonium sulfate in its classical form, with at least 30 % applied before sowing tillage, and the remainder at the beginning of vegetation renewal, with a total sulfur application rate of up to 70 kg/ha of active substance.

Keywords: winter rapeseed, ammonium sulfate, fertilization system, foliar feeding, seed productivity.

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

Вступ. Для аграрного сектору України ріпак озимий залишається стратегічною культурою та лідером експорту, формуючи диверсифікований варіант реалізації та логістики з огляду на багатоцільовий напрямок його використання у світовій практиці перероблення [4]. Ціна на ріпак завжди є привабливою і має істотно вищий рівень у порівнянні із рядом традиційних зернових та зернобобових культур [18]. Такі чинники формують постійний інтерес до цієї культури, інвестиції у наукову сферу розробки ефективних та адаптованих технологій її вирощування, селекцію сортів та гібридів, розвиток інновацій у сфері адаптації рекомендованих технологій вирощування ріпаку озимого орієнтованих на конкретні генотипи [47]. Внаслідок цього, рівень біологічної продуктивності лінійки сортів та гібридів ріпаку озимого, рекомендованих для вирощування у різних регіонах світу перевищує показник в 6–7 т/га [70]. При цьому, на жаль, фактична

урожайність вирощуваних сортів і гібридів у середньому вимірі наближається у кращому випадку до 55–60 % реалізації відміченого урожайного потенціалу [66]. Причини цього варіюють залежно від країни та ґрунтово-кліматичної зони, ресурсного забезпечення території та застосованої технології вирощування ріпаку озимого [59]. При цьому, значну частину впливу на рівень відміченої реалізації насінневої продуктивності чинить система удобрення, яку застосовують за вирощування ріпаку озимого. Її частка у детермінації даного показника для ріпаку озимого перевищує 35–40 % [60]. З огляду на це оптимізація системи удобрення ріпаку озимого в умовах конкретного господарства формує позитивні та стійкі передумови для забезпечення галузі ріпаківництва в Україні відповідним рівнем адекватної продуктивності посівів цієї культури та сталість і надійність у забезпеченні ринково необхідних обсягів виробництва [18].

Відомо, що ріпак озимий досить вибаглива культура до системи її живлення з огляду на наявний поділ вегетації на два життєво важливих періоди (осінній та весняно-літній), що потребує окремих, але збалансованих тактик ґрунтового живлення на фоні адаптивного додаткового живлення користуючись з системи позакоренових корекцій [35, 69]. Крім того, наявність періоду перезимівлі вимагає балансування удобрення певним комплексом мікроелементів, які формують умови успішної перезимівлі та забезпечують оптимізовані варіанти відновлення вегетації на весні, особливо за умови складного періоду перезимівлі [57]. Враховуючи визначену чутливість рослин ріпаку озимого до ряду мікроелементів таких як бор, сірка, молібден, а також до важливих катіонів базового фізіологічного обміну таких як кальцій та магній – важливим є збалансований варіант системи удобрення, який поєднував би комплексний варіант застосування макро- та мікроелементів в єдиному комплексі у періоди, які на певні терміни передують критичним з позиції забезпечення відповідними елементами живлення [50].

У продовження вище сказаного, сірка для рослин ріпаку озимого є важливим елементом, яка формує фізіологічні процеси направлені на гармонізацію обміну рослин, зокрема азото-білкового. Вона також сприяє формування адаптивного комплексу реакцій пристосованості до негативних чинників довкілля, особливо у період перезимівлі [37]. Даний елемент – активний компонент імунітету та комплексу імунологічних реакцій при відповідних ураженнях [36]. Сірка відповідає за важливу функцію формування жирнокислотного складу насіння, загальний вміст в ньому олії тощо. [69]. З огляду на важливість сірки як для ріпаку озимого, так і для озимих культур в цілому – активно досліджуються варіанти удобрення з включенням до їх структури сірковмісних добрив. Такі дослідження направлені на оптимізацію сіркового живлення шляхом використання базових мінеральних добрив, які у своєму дієвому

складі містять доступну сірку [31, 32] або ж дослідження системи мікродобрив за їх листового внесення [58]. У цій науковій дискусії активно вивчається ефективність різноваріантного застосування сірковмісних азотних добрив – спосіб який має дуальне важливе значення з позиції як гармонізації засвоєння азоту та реалізації його загального біологічного значення для рослин ріпаку озимого, так і з позиції формування сприятливих чинників для максимальної реалізації фізіологічного потенціалу відповідних генотипів з результативним ефектом отримання істотно вищих рівнів урожаю [40, 43, 48].

З огляду на відмічені аспекти – актуальним буде вивчення конкретної форми сірковмісного азотного добрива з позиції його ефективності за різноваріантних систем застосунку у технології вирощування ріпаку озимого в умовах конкретного ґрунтового-кліматичного регіону.

З врахуванням вище відміченого, метою досліджень було вивчення ефективності та доцільності застосування відомого добрива сульфату амонію за вирощування високо інтенсивних гібридів ріпаку озимого в умовах нестійкого зволоження на сірих лісових ґрунтах, які у загальному мають ознаки помірного дефіциту рухомих форм сірки, що впливає на рівень біопродуктивності вирощуваних культур чутливих до її нестачі, до яких відносять і ріпак озимий.

Матеріали і методи. Дослідження проведено за період трьох вегетацій ріпаку озимого (2022–2025 рр.) в умовах НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ) на сірих лісових ґрунтах з таким середньозваженим агрохімічним потенціалом (за результатами аналізу зразків ґрунту у сертифікованій Науковій вимірювальній агрохімічній лабораторії ВНАУ відповідно до стандартних протоколів визначення): вміст гумусу – 2,72 %; легкогідролізованого азоту – 80,9 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору (за Чиріковим) – 146,5 мг/кг ґрунту, обмінного калію (за Чиріковим) – 105,9 мг/кг ґрунту; pH_{KCl} – 5,8.

1. Схема досліду з вивчення ефективності варіантів застосування сульфату амонію у технології систем удобрення гібридів ріпаку озимого, 2022–2025 рр.

Індикаційний номер варіанту	Зміст варіанту
I	Контроль (без застосування сульфату амонію) $N_{120}P_{90}K_{90}$ з розподілом: P_{90} (суперфосфат подвійний) + K_{90} (калій хлористий) – під основний обробіток + N_{20} (аміачна селітра) – під передпосівний обробіток + N_{60} (аміачна селітра) – на початку відновлення вегетації (ВВСН 20-22) + N_{40} (аміачна селітра) – у період активного росту бокових пагонів (ВВСН 42-44) (варіант без внесення сірки)
II	$N_{120}P_{90}K_{90}$ з розподілом: P_{90} (суперфосфат подвійний) + K_{90} (калій хлористий) – під основний обробіток + N_{10} (аміачна селітра) – під передпосівний обробіток + N_5 (водний розчин 1,67 % сульфату амонію) у фазу 4 листка (ВВСН 14)) + N_5 (водний розчин 1,67 % сульфату амонію) у фазу 6–7 листка (ВВСН 16)) + N_{40} (аміачна селітра) – на початку відновлення вегетації (ВВСН 20-22) + N_{10} (водний розчин 2,85 % сульфату амонію) у фазу початку росту головного пагона (ВВСН 29-30)) + N_{35} (аміачна селітра) – у період активного росту бокових пагонів (ВВСН 40-42) + N_{10} (водний розчин 2,85 % сульфату амонію) у фазу початку бутонізації (ВВСН 50-51)) + N_5 (водний розчин 1,67 % сульфату амонію) у фазу середини цвітіння (ВВСН 62-63)). За варіантом внесено загалом S_{40} , в т. ч. після відновлення вегетації S_{28} .
III	$N_{120}P_{90}K_{90}$ з розподілом: P_{90} (суперфосфат подвійний) + K_{90} (калій хлористий) – під основний обробіток + N_{20} (сульфат амонію) – під передпосівний обробіток + N_{40} (аміачна селітра) – на початку відновлення вегетації (ВВСН 20-22) + N_9 (водний розчин 2,85 % сульфату амонію) у фазу початку росту головного пагона (ВВСН 29-30)) + N_{36} (аміачна селітра) – у період активного росту бокових пагонів (ВВСН 40-42) + N_{10} (водний розчин 2,85 % сульфату амонію) у фазу початку бутонізації (ВВСН 50-51)) + N_5 (водний розчин 1,67 % сульфату амонію) у фазу середини цвітіння (ВВСН 62-63)). За варіантом внесено S_{50} , в т. ч. після відновлення вегетації S_{28} .
IV	$N_{120}P_{90}K_{90}$ з розподілом: P_{90} (суперфосфат подвійний) + K_{90} (калій хлористий) – під основний обробіток + N_{20} (аміачна селітра) – під передпосівний обробіток + N_{53} (сульфат амонію) – на початку відновлення вегетації (ВВСН 20-22) + N_{47} (аміачна селітра) – у період активного росту бокових пагонів (ВВСН 42-44). За варіантом внесено S_{60} , в т. ч. після відновлення вегетації S_{60} .
V	$N_{120}P_{90}K_{90}$ з розподілом: P_{90} (суперфосфат подвійний) + K_{90} (калій хлористий) – під основний обробіток + N_{20} (сульфат амонію) – під передпосівний обробіток + N_{42} (сульфат амонію) – на початку відновлення вегетації (ВВСН 20-22) + N_{58} (аміачна селітра) – у період активного росту бокових пагонів (ВВСН 42-44). За варіантом внесено S_{70} , в т. ч. після відновлення вегетації S_{48} .

Програма досліджень передбачала загальну схему, яка представлена в таблиці 1 та включала накладення даних технологічних варіантів на агроценози двох

гібридів ріпаку озимого компанії Декалб, які різнились за базовими (стартовими) рекомендованими технологіями вирощування ріпаку озимого – ДК

Експовер (традиційна за ресурсною місткістю технологія вирощування) та ДК Іммінент КЛ.

Схема досліду передбачала застосування чотириразової повторності з систематичним у два яруси розміщенням дослідних ділянок при обліковій площі дослідної ділянки 70 м², а загальній – 98 м². У організації та методологічному супроводі досліджень застосовано стандартні рекомендації проведення польових дослідів з агрохімікатами [8].

Попередником у досліді була пшениця озима. Після збору попередника було проведено дискування у два сліди на 6–8 см з наступною оранкою на глибину 23–25 см. Строк сівби відповідав періоду першої декади вересня з нормою висіву 500 тис. насінин/га (за ширини міжрядь 35 см) у комплексі з післяпосівним коткуванням. Всі інші елементи технології, за виключенням поставлених на вивчення, відповідали зональним рекомендаціям вирощування ріпаку озимого в зоні Лісостепу правобережного та були однотиповими для всіх дослідних варіантів передбачених схемою досліду [7].

У досліді використано мінеральні добрива класичного типу, які відповідають технічним умовам та сертифікатам якості. Водні розчини сульфату амонію було приготовлено з класичного гранульованого сульфату амонію шляхом розчинення його у воді перед внесенням з інтенсивним перемішуванням розчину. Концентрація розчину застосування представлена у загальній схемі досліду (табл. 1). Внесення добрив проводилось вручну (поділянково) з розрахунку визначеної норми та її пропорційного співвідношення на площу ділянки. Внесення водних розчинів добрива проводили звичайним ранцевим обприскувачем. Для фенологічної ідентифікації розвитку рослин ріпаку було застосовано періодизацію за міжнародною шкалою BBCH для ріпаку озимого [41].

Нижче наведено коротку характеристику гібридів ріпаку, які використані у дослідженнях.

ДК Експовер – високопластичний ранньостиглий гібрид, який має високі темпи динаміки росту після відновлення вегетації навесні за рахунок здатності ефективного використання ґрунтової вологи та позитивного відклику на осіннє удобрення. Має комплексну стійкість до основних фітопатогенів (наявний в транскрипті геному ген стійкості RLM7). Високостійкий (8–9 балів) до осипання та розтріскування стручків. Загальна висота рослин в межах 150–160 см при масі 1000 насінин в межах 4,8–5,7 г за рівня олійності насіння 47–48 %. Урожайний потенціал на ріні 4,5–5,5 т/га.

ДК Іммінент КЛ – високопластичний середньостиглий гібрид ріпаку озимого з інтегрованою стійкістю (7–8 балів) до комплексу основних хвороб та пізніми строками цвітіння. Має виражені ознаки компенсаторного характеру зі здатністю до інтенсивного бічного галушення, особливо за оптимізації умов мінерального живлення. Має анатомічне розвинене стебло висотою в інтервалі 170–190 см та глибоко проникну кореневу систему, а також високу стійкість до розтріскування стручків та осипання насіння. Маса 1000 насінин в інтервалі 4,7–5,5 г, олійність насіння у межах 47–49 %. Урожайний потенціал на рівні 5,5–6,5 т/га.

Морфометричні та вагові параметри рослин визначали у період входження рослин у зиму (BBCH 17-18) та у період фенологічної фази початку утворення стручків (BBCH 71-73). Морфологічні параметри, які обліковувались у перший період – діаметр кореневої шийки (см), кількість листків на рослині (шт.), висота розміщення точки росту над поверхнею ґрунту (см). У другий період обліковано такі показники як: висота рослин (від кореневої шийки до верхівки головного стебла, см), сформована маса рослин у сухій речовині (г/м²), ступінь полеглості рослин (%). Обліки вказаних параметрів проводили відповідно до рекомендацій польових досліджень із хрестоцвітими культурами [15]. Для вимірювань було використано мірну лінійку

висотою 2 м та електронний штангенциркуль LAOA 150 мм (точність вимірів до 0,01 мм).

Для оцінки перезимівлі рослин гібридів ріпаку озимого було оцінено показник перезимівлі рослин як співвідношення густоти стояння після відновлення вегетації рослин рано на весні до густоти їх стояння перед входженням у зиму виражене у % [15].

Збереженість рослин визначали як відношення густоти стояння рослин на період дозрівання насіння (ВВСН 80-82) до аналогічного показника на період весняного відновлення вегетації рослин (ВВСН 20-22) виражене у % [15].

Облік густот стояння рослин у вказані вище фенологічні терміни та періоди проведено відповідно до стандартної методології рамковим способом за рандомізованим накладанням рамки у межах дослідних ділянок у кожному повторенні [11].

Облік ступеня полеглих рослин гібридів ріпаку озимого проводили відповідно до методології описаної [17, 67] та виражали у % полеглих рослин з кутом нахилу більше 45° до уявної ортогональної осі стебла проти загальної кількості стебел на 1 м².

Додатково для оцінки впливу варіантів удобрення на показники фертизації генеративної частини рослин ріпаку було оцінено показник абортивності квіток, який визначали на 25 типових рослинах як відношення кількості квітконіжок без сформованої квітки у межах головної осі суцвіття до загальної кількості квітко елементів та виражали у % [61].

Для визначення показника виходу сухої маси рослин з одиниці площі спочатку обліковували її значення за фактичної вологості маси на облікових майданчиках в 1 м² розміщених у середній частині ділянки кожного повторення з наступним переведенням показника у вираз сухої речовини, відповідно до визначеного вмісту сухої речовини [12]. Вміст сухої речовини у надземній листостебловій масі визначали відповідно до стандартного методу її висушування до постійної маси при 105 °С у сушильній шафі (термостатно-ваговий

метод) [15]. Масу 1000 насінин визначали за загальної методикою визначення відповідно до державного стандарту України [3].

Облік урожайності у межах варіантів досліду проводили методом подільного обмолоту у кожному повторенні та наступного зважування отриманого насіння після очищення із калькуляцією урожайності у переведенні на гектарну площу та стандартну вологість (12 %) [15].

Вміст олії в насінні дослідних зразків проводили в умовах лабораторії якості та сертифікації продукції ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ОЖК», (м. Вінниця) відповідно до стандартних протоколів визначення лабораторними методами [12].

Для оцінки гідротермічних режимів вегетації ріпаку озимого за роки досліджень було застосовано такі показники як: середньодобова температура (°С), кількість опадів (мм), відносна вологість (%), гідротермічний коефіцієнт (ГТК, формула 1), індекс посушливості (аридності) де Мартонна [52] (I_n , формула 2), коефіцієнт зволоження Висоцького-Іванова (K_z , формула 3).

$$ГТК = \frac{\sum R}{0.1 \times \sum t_{>10}}, (1)$$

де $\sum R$ – сума опадів за період з температурою вище 10 °С, $\sum t_{>10}$ – сума ефективних температур за період досліджень. Рейтинг умов за значенням ГТК [1]: ГТК > 1,6 – надмірна вологість; ГТК 1,3-1,6 – вологі; ГТК 1,0-1,3 – помірно сухі; ГТК 0,7-1,0 – сухі; ГТК 0,4-0,7 – дуже сухі.

$$I_n = \frac{12P}{t+10}, (2)$$

де P , t – сума опадів (мм) та середньодобова температура повітря (°С) у відповідному місяці. Відповідно до значень I_n , розрахованих за наведеним вище рівнянням, гідротермічний режим регіону може бути класифікований (за адаптацією) [20]: аридний – $I_n < 10$; напіваридний – $10 \leq I_n < 20$; м'який – $20 \leq I_n < 24$; напіввологий – $24 \leq I_n < 28$; вологий – $28 \leq I_n < 35$; дуже вологий – $35 \leq I_n \leq 55$; надзвичайно вологий – $I_n > 55$.

Коефіцієнт зволоження Висоцького-Іванова (K_z) визначався за формулою 3 [27]:

$$K_3 = \frac{P}{E}, (3)$$

де P – кількість опадів за аналізований період, мм; E – випаровуваність за аналізований період (розраховано відповідно до формули 4 [1]), мм. Градація ступенів зволоження за показником K_3 [27]: $K_3 > 1,0$ – період з надмірним зволоженням; K_3 , близький до 1 – оптимальне зволоження; $K_3 = 1,0-0,6$ – нестійке зволоження; $K_3 = 0,6-0,3$ – недостатнє зволоження.

$$E = 0,0018 \times (25 + t)^2 \times (100 - a), (4)$$

де t – середня температура повітря за період, °C; a – середня вологість повітря за аналізований період, %.

Для статистичної оцінки результатів досліджень застосовано систему порівняння істотності різниці між варіантами на рівні статистичної значущості ($p < 0,05$) у рамках дисперсійного аналізу багатофакторного польового відповідно до стандартних методик [51].

Результати та обговорення. Гідротермічний режим за вегетаційні періоди ріпаку озимого у період досліджень характеризувався як відносно сприятливий для забезпечення як ростових, так і продуктивно формувальних процесів та мав певні відмінності (табл. 2, рис. 1).

2. Сегментована оцінка значень гідротермічних режимів періоду вегетації ріпаку озимого за основними результуючими параметрами та коефіцієнтами, 2022–2025 рр.

Рік	Сума опадів, мм (осінній період вегетації IX–XI)	t _{ср.} , °C (осінній період вегетації)	Місяці періоду вегетації											
			IV			V			VI					
			ГТК	I _п	K ₃	ГТК	I _п	K ₃	ГТК	I _п	K ₃			
2022	309,4	9,9	0,56	57,4	2,33	1,43	31,3	0,79	1,50	36,1	0,85			
2023	168,8	13,9	1,54	91,5	3,33	0,08	1,9	0,04	1,64	38,9	0,87			
2024	262,1	16,27	3,26	47,5	3,18	0,58	13,2	0,24	1,66	40,4	0,98			
2025	–	–	0,98	18,1	0,65	7,42	149,9	2,87	0,37	8,82	0,20			
Рік	Сума опадів, мм (осінній період вегетації IX–XI)	t _{ср.} , °C (осінній період вегетації)	Місяці періоду вегетації											
			VII			VIII			IX			X		
			ГТ К	I _п	K ₃	ГТ К	I _п	K ₃	ГТ К	I _п	K ₃	ГТ К	I _п	K ₃
2022	–	–	0,90	22,4	0,58	1,71	43,1	1,06	4,96	98,1	2,60	3,17	51,4	1,50
2023	238,1	15,5	1,41	35,8	0,82	0,65	16,9	0,36	1,01	23,4	0,63	1,03	29,9	0,93
2024	262,1	16,3	1,19	31,1	0,66	0,77	19,8	0,41	0,45	10,6	0,22	1,17	30,5	1,06
2025	337,4	14,4	2,65	65,3	1,49	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Погодні умови 2022/2023 осіннього періоду вегетації ріпаку озимого відмічено з режимом надмірного зволоження при загальній сумі опадів 309,4 мм, рівневі середньодобових температур – 9,9 °C та ГТК (2022 р., IX–X місяці) – 4,07. Такі умови були сприятливими для інтенсивного вегетативного розвитку рослин та створювали ризики для

перезимівлі. Навпаки, період активної весняної вегетації характеризувався оптимальними умовами гідротермічних режимів за загальної суми опадів на рівні 238,1 мм, середньодобової температури – 15,5 °C та середнього показника ГТК (2023 р., IV–VI місяці) – 1,08.

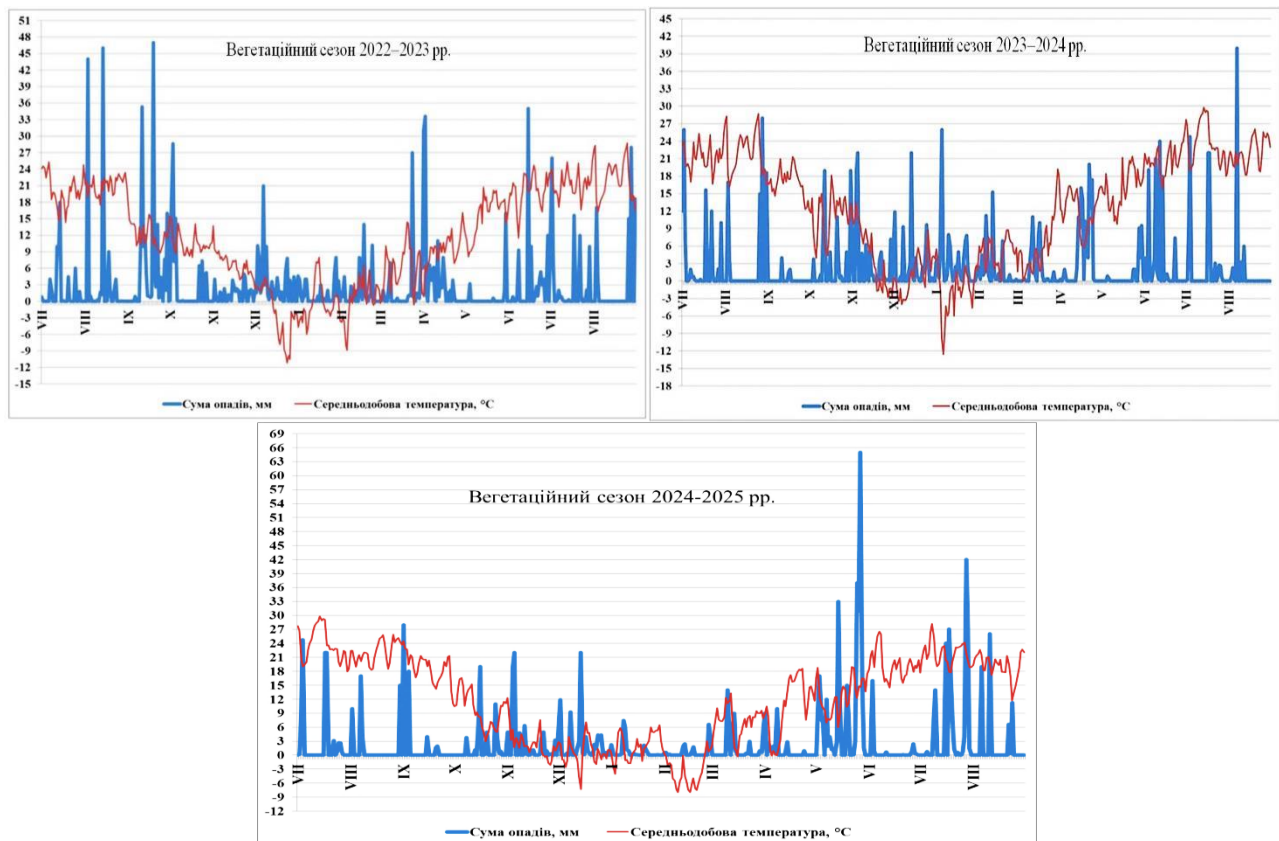


Рис. 1. Динаміка середньодобової температури та суми опадів за період вирощування ріпаку озимого, 2022–2025 рр.

Погодні умови 2023/2024 вегетаційного періоду відмічено як сприятливі для формування ідіотипу рослин для успішної перезимівлі рослин за середньодобової температури в період активної осінньої вегетації на рівні 13,9 °C, суми опадів – 168,8 мм та середньому за період ГТК (2023 р., IX–X місяці) – 1,02. На противагу осінньому періоду, весняно-літній період вегетації визначено як відносно сприятливий за рахунок нерівномірного розподілу опадів, інтенсивного наростання температури до середньодобового значення 19,2 °C за період травня – середини червня (рис. 1). Проте в цілому відмічено задовільний рівень атмосферного зволоження та гідротермічних умов (сума опадів за період активної весняно-літньої вегетації – 262,1 мм, середньодобової температури – 16,3 °C при середньому за період ГТК (2024 р., IV–VI місяці) – 1,833)).

Гідротермічний режим 2024/2025 вегетації характеризувався посушливим

періодом осінньої вегетації на фоні інтенсивного зниження температур (середні за період параметри ГТК (2024 р., IX–X місяці) – 0,81, середньодобова температура – 14,2 °C, сума опадів – 107,2 мм). Період весняної вегетації також характеризувався несприятливими ознаками за рахунок тривалого періоду аномально низьких температур, які тривали аж до початку бутонізації ріпаку озимого на фоні нерівномірного атмосферного зволоження з короточасним періодом випадання значної частини місячної норми опадів. За цей період ГТК (2025 р., IV–VI місяці) становив 2,92 за середньодобової температури – 14,4 °C та суми опадів 337,4 мм. Такий характер спричинив найнижчий рівень продуктивності гібридів ріпаку у межах варіантів дослід у порівнянні вивчаючих вегетаційних сезонів.

У загальному підсумку на основі представлених шкал оцінки показників гідротермічних умов вегетаційних періодів

ріпаку озимого (ГТК, I_п та K₃) їх було розміщено в такому порядку зростання сприятливості для реалізації урожайного потенціалу гібридів культури 2024/2025 – 2023/2024 – 2022/2023, які вивчалися.

Результати вивчення варіантів застосування сульфату амонію засвідчили різномірний їх вплив на морфологічний стан рослин ріпаку озимого для обох гібридів перед входженням у зиму, що сформувало істотно відмінні передумови для успішної перезимівлі та відповідних стартових умов у період відновлення вегетації та активних ростових процесів на весні.

Встановлено, що різні варіанти застосування сульфату амонію визначали істотні відмінності щодо як загальної морфометрії рослин перед входом у зимовий період, оскільки похідна від цього фактора – стан перезимівлі рослин для обох гібридів ріпаку озимого (табл. 3). У цьому плані максимально позитивного ефекту впливу на процес проходження перезимівлі було отримано у варіанті застосування

дрібного внесення водних розчинів сульфату амонію у фазу 4 та у фазу 6–7 листка (варіант II). Саме для цього варіанту у середньо багаторічній оцінці відмічено формування рослин з максимально розвиненою архітектонікою, яка за своїми параметрами не перевищували загальновизнаний оптимум морфологічного стану рослин ріпаку озимого перед входженням у зиму для гарантованої перезимівлі [2]. У порівнянні значень морфологічного розвитку рослин ріпаку озимого гібрида ДК Експер для даного варіанту II до контролю (варіант I) визначено абсолютний приріст за параметром діаметра кореневої шийки 57,75 %, висотного розміщення точки росту над поверхнею ґрунту 55,56 % та кількості листків на рослині 45,93 %. Це додатково забезпечило зростання загальної збереженості рослин після відновлення вегетації у вказаному порівнянні на 14,50 %, а відсотку перезимівлі – на 14,92 %.

3. Морфологічний розвиток рослин гібридів ріпаку озимого залежно від варіантів удобрення (середнє за 2022–2025 рр.)

Гібрид	Шифр варіанту*	Середні показники морфологічного розвитку та просторового розміщення рослин				Густота стояння рослин на початок відновлення вегетації, шт./м ²	Перезимівля рослин, %
		густота стояння рослин, шт./м ²	діаметр кореневої шийки, см	висота точки росту над рівнем ґрунту, см	кількість листків на рослині, шт.		
ДК Експер	I	49,23 ± 1,12 ^a	0,71 ± 0,12 ^a	1,17 ± 0,11 ^a	6,14 ± 1,09 ^a	34,28 ± 1,07 ^a	69,63 ± 1,25 ^b
	II	49,05 ± 1,18 ^a	1,12 ± 0,14 ^c	1,82 ± 0,15 ^c	8,96 ± 1,35 ^d	39,25 ± 1,18 ^d	80,02 ± 1,17 ^e
	III	50,58 ± 1,23 ^b	0,98 ± 0,11 ^b	1,55 ± 0,17 ^b	7,84 ± 1,27 ^b	37,21 ± 1,33 ^b	73,57 ± 1,24 ^c
	IV	50,05 ± 1,19 ^a	0,75 ± 0,18 ^a	1,19 ± 0,15 ^a	6,54 ± 1,12 ^a	34,08 ± 1,15 ^a	68,09 ± 1,21 ^a
	V	50,11 ± 1,22 ^a	0,97 ± 0,17 ^b	1,58 ± 0,19 ^b	7,52 ± 1,24 ^b	37,92 ± 1,38 ^b	75,67 ± 1,29 ^d
ДК Іммінент КЛ	I	48,98 ± 1,24 ^a	0,77 ± 0,15 ^a	1,53 ± 0,16 ^b	7,55 ± 1,11 ^b	33,05 ± 1,15 ^a	67,48 ± 1,41 ^a
	II	50,17 ± 1,35 ^b	1,27 ± 0,13 ^d	2,29 ± 0,19 ^d	9,45 ± 1,32 ^d	41,81 ± 1,22 ^e	83,34 ± 1,33 ^f
	III	50,53 ± 1,27 ^b	1,04 ± 0,12 ^c	1,78 ± 0,14 ^c	8,48 ± 1,28 ^c	38,25 ± 1,52 ^c	75,70 ± 1,32 ^d
	IV	50,15 ± 1,41 ^a	0,80 ± 0,11 ^a	1,52 ± 0,21 ^b	7,37 ± 1,08 ^b	34,82 ± 1,31 ^a	69,43 ± 1,55 ^b
	V	49,83 ± 1,29 ^a	1,07 ± 0,15 ^c	1,79 ± 0,13 ^c	8,29 ± 1,19 ^c	37,81 ± 1,25 ^b	75,88 ± 1,38 ^d

Примітка: *шифр варіантів згідно з табл. 1; **однаковими літерами позначені значення, які суттєво не відрізняються одне від одного у порівнянні варіантів досліду у єдиному масиві даних по гібридах на основі попарного порівняння варіантів за критерієм r_{adj} у системі Тьюкі тесту для рівня значущості $p < 0,05$.

Аналогічна динаміка визначена і для гібрида ДК Іммінент КЛ, де вказаний

приріст мав наступні послідовні значення: 64,93; 49,67; 25,16; 26,50 та 23,50 %.

Наступним по ефективності з близьким значенням показників були варіанти III та V де практикувалось внесення сульфату амонію повною дозою відповідно до регламенту по варіанту у передпосівний обробіток. За збереження прирістного характеру формування показників як морфометрії самих рослин, так і індикаторів успішної їх перезимівлі – власне значення приростів було у середньому меншим в 1,10 рази для гібрида ДК Експер та в 1,14 для гібрида Іммінент КЛ. При цьому за близьких та неістотно відмінних значеннях позитивної корекції показників загальний абсолютний приріст показника перезимівлі у середньому для даних варіантів був 7,17 % для гібрида ДК Експер та 12,31 % для гібрида ДК Іммінент КЛ. Отримані результати позитивно узгоджуються з висновками проведених досліджень [10, 13, 23, 25, 29] як з позиції ефективної ростової корекції сірки у загальному морфологічному розвитку рослин ріпаку озимого внаслідок оптимізації азотного живлення за відомим критерієм співвідношення S/N [21, 23], так і з позиції формування оптимізації процесу іммобілізації рослинних тканин до динамічного зниження середньодобових температур та характеру динамізму процесу накопичення відповідних речовин (білків, цукрів, карбогідратів, глюкозинолатів), які у підсумку визначають толерантність рослин у фазі перезимівлі [29, 33, 38, 39]. Підтверджено також висновки, щодо ефективності застосування рідких форм добрив з позиції швидкості морфорегуляції та фізіологічного стану рослин у порівнянні до ефективності застосування кристалічних (гранульованих) форм добрив відмічену у цілому ряді досліджень [33, 42]. Зокрема, відмічено [19, 45], що водні розчини по швидкодії як мінімум на 15–25 % перевищують класичний варіант застосування сипучих гранульованих форм добрив, а можливість їх точкового дробного внесення у відповідно

фізіологічно критичні фенофази – гарантує надійність та агротехнологічну доцільність їх застосування. Позитивним вважається також зниження залежності застосування добрив у рідкій формі від рівня зволоження ґрунту, оскільки сама система внесення ґрунтується на листовій формі застосування з меншими обмежувачими ризиками та лімітами, що дозволяє додатково оптимізувати та модернізувати варіанти застосування добрив з огляду на гідротермічні умови територій [34, 38, 46, 49]. Крім того, зауважується, що одноразове внесення всієї норми сірки у формі різних добрив не завжди має позитивний вплив на ростові процеси та процеси формування продуктивності ріпаку озимого, оскільки є ряд обмежуючих чинників, які формують передумови як до міграції сполук сірки в ґрунтовому профілі, так і процеси її біологічної іммобілізації, що особливо відчутно на ґрунтах з невисоким запасом доступних форм сірки [24, 63].

У підсумку вказані позитивні аспекти були реалізовані у максимальних ефектах морфометрії рослин та стану їх перезимівлі у розрізі застосованих варіантів удобрення. Вказані узагальнення також підтверджено і порівнянням варіантів рідкого внесення сульфату амонію у дробному варіанті їх розподілення (варіант II дослід) до одноразового внесення сульфату амонію під передпосівний обробіток (варіанти III та V дослід) з істотно вищими значеннями показників для варіанту II за усередненого співвідношення між варіантами (III (V)/II) у значенні 0,895 для гібрида ДК Експер та 0,863 для гібрида ДК Іммінент КЛ.

Позитивний вплив застосування сірковмісних форм добрив з огляду на формування як динаміки ростових процесів, так і формування продуктивності рослин відмічено у застосуванні варіантів дослід у період після відновлення вегетації для обох гібридів ріпаку озимого (табл. 4).

4. Морфометрія та продуктивність рослин гібридів ріпаку озимого залежно від застосованих варіантів удобрення (середнє за 2022–2025 рр.)

Варіант удобрення (В)*	На період досягання насіння			Абортивність квіток на період завершення цвітіння, %	Маса 1000 насінин, г	Урожай- ність насіння, т/га	Олій- ність, %
	Висота рослин, см	Суша маса рослин, г/м ²	Полеглість рослин, %				
ДК Експовер							
I	160,9	1387,5	17,8	20,2	4,17	3,62	45,17
II	149,5	1671,2	9,6	10,7	4,95	4,47	46,93
III	151,4	1643,5	10,2	11,2	4,51	4,27	46,38
IV	158,8	1695,7	13,8	14,7	5,03	4,12	47,44
V	155,7	1604,7	11,5	13,3	4,77	4,21	47,06
НІР ₀₅							
A	1,87	39,3	1,32	0,33	0,11	0,11	0,13
B	1,14	27,9	1,74	0,25	0,08	0,09	0,08
AB	2,29	34,5	1,58	0,29	0,09	0,10	0,11
ДК Іммінент КЛ							
I	177,6	1507,3	20,9	22,4	4,43	3,83	44,81
II	161,8	1844,8	8,7	8,2	4,97	4,75	46,87
III	164,4	1835,2	10,8	10,9	4,88	4,69	46,47
IV	170,8	1887,6	14,3	13,5	5,12	4,35	47,55
V	166,7	1753,4	11,9	12,4	4,91	4,58	47,17
НІР ₀₅							
A	2,15	29,5	1,18	0,44	0,12	0,10	0,11
B	1,74	27,8	1,55	0,36	0,10	0,08	0,08
AB	3,27	28,7	1,39	0,39	0,11	0,09	0,09

Примітка: *шифр варіантів згідно з табл. 1; чинники досліду: А – гібрид, В – варіант удобрення, АВ – взаємодія чинників.

Встановлено вплив застосування сірки на результативність лінійних ростових процесів за ознакою довжини стебла для обох гібридів ріпаку озимого з характером сталого зниження показника, яке позитивно корелювало із нормою внесення сірки. Так, для гібрида ДК Експовер за норми внесення сірки (у діючій речовині) 40 кг/га (варіант II) у порівнянні до варіанту за повної відсутності сірки у технології вирощування (варіант I) відмічено у середньо багаторічному виразі зниження показника на 7,09 %, за норми сірки 50 кг/га (варіант III) – зниження на 5,90 %, за норми внесення 60 кг/га (варіант IV) – 1,31 % та за норми 70 кг/га (варіант V) – зниження на 3,23 %. Для гібрида ДК Іммінент КЛ аналогічні показники становили 8,90; 7,43; 3,83 та

6,14 %. На підставі цього можна стверджувати, що зниження показника співвідношення S/N у формуванні габітусу стебла ріпаку озимого позитивно впливає на формування рослин нижчої конструкції, що позитивно впливає як на зниження ризику вилягання рослин, так і з огляду на встановлені кореляції у співвідношенні векторів росту рослин ріпаку озимого (співвідношення вертикального та радіального росту) – формує рослини з оптимізованим галуженням, інтенсифікацією росту загальної біомаси [33, 55, 63]. При цьому крім значення згаданого співвідношення S/N в ефективності застосування сірки в корекції довжини стебла відмічено знову ж таки позитивне дробне застосування водних розчинів сульфату амонію (варіант II), що

додатково підтверджено у ряді досліджень коректування системи удобрення за рахунок застосування мікроелементів у конструювання системи удобрення ріпаку озимого. Зроблене узагальнення підтверджено результатами обліку сформованої загальної біомаси рослин у сухій речовині де варіант одноразового внесення S_{60} (варіант IV) продемонстрували вищі значення даного показника, сформувавши приріст до контролю (варіант I) на рівні 22,21 % для гібрида ДК Експер та 25,23 % для гібрида ДК Іммінент КЛ. Другим по ефективності був варіант комплексного дробного внесення сірки у форм водного розчину сульфату амонію як в осінній, так і весняний періоди (варіант II, внесення в весняний період S_{28}) з аналогічним приростом для гібридів 20,44 та 22,39 % відповідно.

Такий характер дозволяє узагальнити, що оптимізації ростових процесів рослин ріпаку озимого можна досягнути варіантом дробного застосування азоту і сірки у критичні ростові періоди ріпаку озимого за використання водних розчинів сульфату амонію, або ж одноразовим внесенням більш високої норми у період початку активних ростових процесів.

Проміжний варіант формування показника для обох гібридів відмічено за варіанту внесення S_{48} у весняно-літній період вегетації гібридів (варіант V). В підсумку взаємодія морфологічного і вегетативного розвитку у розрізі варіантів, що вивчалися забезпечила зниження загального відсотка полеглих рослин в агроценозі у порівнянні до контролю без застосування сірки у середньому на 6,53 % у гібрида ДК Експер та 9,48 % у гібрида ДК Іммінент КЛ. Відмічено певні особливості: з одного боку оптимізація зі зростанням дози сірки в період активного весняного росту сприяла подовженню стебла та збільшення загальної маси рослин на одиниці площі агроценозу ріпаку, проте за рахунок позитивного впливу сірки на анатомічні особливості стебел культури, які були відмічені у ряді наукових

публікацій [30, 33, 44, 45, 68] (а саме: потовщення стебла, підвищення його механічної міцності, формування більш компактної вагової (щільної) морфоструктури) визначено оптимальний інтервал застосування сірки у межах 28–48 кг/га, який забезпечує мінімізацію ризиків полягання посівів з огляду на досить високий рівень азотного живлення у схемі досліду у значенні 120 кг/га. За критерієм полеглості мінімальне значення відмічено у варіанті комплексного дробного внесення водного розчину сульфату амонію (варіант II) – зі зниженням показника полеглості у порівнянні до контролю (варіант I) на 8,2 % для гібрида ДК Експер та 12,2 % для гібрида ДК Іммінент КЛ. Мінімальну стійкість до вилягання за цим же показником полеглості обліковано у варіанті внесення S_{60} у період активного відростання рослин ріпаку озимого (варіант IV), де різниця до контролю (варіант I) була найменшою – 4,0 % для гібрида ДК Експер та 6,6 % для гібрида ДК Іммінент КЛ. З огляду на результати застосування відповідного нормування сірки в удобренні ріпаку та добром форм удобрення сіркою можна формувати позитивні передумови для стійкості до вилягання агроценозу та у перспективі позитивно впливати на рівень урожайності та його польову збереженість. Подібні висновки, щодо оптимального технологічного нормування дози сірки у технології вирощування ріпаку озимого відмічено у цілому ряді досліджень з оптимумом дозування від 30 до 60 кг [22, 30], хоча у науковій літературі максимум окреслено у нормі 90 кг/га сірки, а мінімум у значенні 20 кг/га у самі критичні періоди росту рослин ріпаку озимого [28, 30, 33].

Певні особливості ефективності сірковмісних добрив за вирощування ріпаку озимого відмічено і з позиції аналізу рівня абортивності квіток, як один із показників реалізації рівня насіннєвого потенціалу генотипу [26]. Вважається, що сірка сприяє оптимізації процесу фертизації рослин ріпаку озимого з позиції

рівномірності формування квіток та інтенсивності пилоутворення [30]. Проте є і застереження, що надмірне внесення сірки може спричинити певну асинхронізацію у кількості сформованих квіток та фізіологічними можливостями до здатності рослини забезпечити оптимальну тривалість цвітіння та супутні процеси запилення і запліднення [53]. Повідомляється при цьому що збільшення норми внесення сірки до 60–90 кг/га зумовлює інтенсивне подовження періоду цвітіння рослин, формування певної ярусності як цвітіння, що у підсумку може мати зворотний процес зростання їх абортивності, особливо на фоні високих доз азоту у системі живлення [44, 56, 58, 64]. Подібні особливості було підтверджено результатами даних досліджень де на фоні загального позитивного впливу додаткового застосування сірки (середнє по варіантах II–V) у порівнянні до контрольного варіанту без сірки (варіант I) отримано середній показник редукції абортивності квіток на 7,73 % для гібрида ДК Експовер та 11,15 % для гібрида ДК Іммінент КЛ. При цьому для обох гібридів ріпаку озимого мінімальна абортивність відмічена саме у варіанті комплексного дробного внесення сульфату амонію як в осінній, так і весняний періоди, а максимальна серед варіантів застосування сірки – за внесення 60 кг/га сірки у загальній кількості за період вегетації культури. Такий характер формування мав потенційний вплив на кількість сформованих плодоеlementів, тобто максимальна доза застосування сірки за період весняно-літньої вегетації гібридів ріпаку озимого в середньо багаторічному вимірі не забезпечувала збереженість максимальної кількості плодоеlementів, що у комбінації з облікованої густотою стояння рослин на період відновлення вегетації (табл. 3) сформувало передумови до загального нижчого облікованого врожаю насіння.

Відомо, що показник маси 1000 насінин в більшості культурних рослин в тому числі й у ріпаку озимого

залежить від збалансованого забезпечення рослинного організму мікроелементами [31]. Сірка у цьому плані належить до важливих елементів з позиції жирово-білкового обміну у процесах формування і наливу зерна, що у підсумку визначає загальну крупність насіння, його фізіологічну внутрішню щільність, а, отже, і вагові показники [42, 45]. Загальний позитивний вплив сірки визначено порівнянням норм та способів застосування сірковмісних добрив за технології вирощування ріпаку озимого. При цьому відмічено, що істотність позитивного впливу у формуванні показника маси 1000 насінин досягала за рахунок перенесення системи позакореневого підживлення сірковмісними добривами у період від початку цвітіння до початку формування стручків на головній осі суцвіття [4, 6, 49], а внесення високих доз сірки на початку ростових процесів мало нижчий ефект в оптимізації величини показника і залежало від гідротермічних умов, які склались у період від бутонізації до початку утворення стручків. За умови достатнього зволоження на фоні помірного температурного режиму відмічено переваги внесення сірки одноразово на початку активного росту рослин, за умови нестійкого зволоження та інтенсивного наростання середньодобових температур особливо у період формування стручків і насіння – перевагу мало застосування сірки у формі позакореневих підживлень мікродобривами [16, 24, 53, 55]. Такі висновки позитивно узгоджуються із середніми результатами представленими у табл. 4 де застосування сірки в удобренні в середньому по варіантах нормування застосування сірки та вивчаємих гібридах забезпечило приріст показника у значенні 0,59 г (13,78 % до контролю без застосування сірки (варіант I)). Максимальний показник маси 1000 насінин було відмічено у варіанті внесення сірки повною максимальною нормою S_{60} у період початку активного росту рослин обох гібридів ріпаку озимого, дещо менше значення показника (у середньому по

гібридах у значенні 0,12 г) було відмічено у варіанті комплексного дробного застосування водних розчинів сульфату амонію у формі позакореневого підживлення. Такі результати підтвердили вище озвучені висновки окремих дослідників та доводять необхідність можливого позитивного поєднання дробного внесення сірки за умови підвищення норм внесення від 5–10 кг/га до вищого показника у 12–15 кг/га.

Стосовно олійності насіння то її залежність від оптимізації живлення сіркою рослин олійної групи вже доведена [5, 46, 56, 63]. Дискусійними залишаються питання величини приростів у порівнянні до застосованих норм сірки, яке з позиції отриманих результатів коливається у межах від 0,7 до 3,5 % вмісту олії [62]. Такі результати підтверджено і результатами проведених обліків де відмічено загальну оптимізацію даного показника за застосування сірковмісних добрив у формі сульфату амонію (варіанти II–V) із середнім приростом до контролю без сірки (варіант I) на рівні 1,78 % для гібрида ДК Експовер та 2,21 % для гібрида ДК Іммімент КЛ. Максимальне значення олійності у середньому за період досліджень було зафіксовано у IV варіанті досліду дозування сірки за весняного внесення всієї норми сірки (S_{60}) після відновлення вегетації з приростом до контрольного варіанту для тих же гібридів у значенні 2,27 та 2,74 % відповідно. Такі результати додатково підтверджено висновками щодо пролонгованої дії сірки за нарощуваних норм на збільшення якісних показників урожаю за рахунок реутилізації елемента за вищих його концентрацій у тканинах рослини на фоні істотного вищого, або ж нарощуваного удобрення сіркою [63, 65].

Закономірно, що позитивне поєднання факторів оптимізації ростових та фізіологічних процесів гібридів ріпаку озимого відмічене раніше знайшло відображення у показниках сформованого урожаю насіння. Максимальний рівень урожаю, при цьому, для обох гібридів було зафіксовано у варіанті все того ж

комплексного дробного застосування сульфату амонію у формі водних розчинів з позакореневим підживленням з приростом до контролю 0,85 т/га у гібрида ДК Експовер та 0,92 т/га у гібрида ДК Іммімент КЛ. Щодо варіантів класичного застосування сульфату амонію у формі гранульованого добрива – відмічено переваги застосування позитивної комбінації застосування сульфату амонію в осінній період вегетації ріпаку озимого (S_{22}) та весняний період в період відновлення вегетації рослин (S_{48}) (варіант V), що дозволяє поєднати позитивні сторони впливу сірки на оптимізацію морфологічного розвитку рослин та успішної перезимівлі та активізацію росту і фізіологічного процесу обміну і синтезу компонентів рослинного організму у період активної його вегетації. Цей варіант забезпечив приріст урожайності у середньому по вивчаємих гібридах на рівні 0,67 т/га. При цьому загальний позитивний прирістний вплив від застосування сульфату амонію, з огляду на середнє значення по варіантах (II–V) та гібридах, становило 0,71 т/га до контролю.

Слід зазначити й певну генотипові специфічність прояву відклику рослин на застосовані елементи оптимізації з огляду на те, що усереднений прирістний характер формування результуючих ознак у гібрида ДК Іммімент КЛ був на 3,57 % вищим, ніж у гібрида ДК Експовер. Такі особливості вказують на те, що формат конструювання живлення сіркою ріпаку озимого залежить від адаптивного та продуктивного потенціалу відповідних генотипів культури, а також від групи їх стиглості. З огляду на твердження що генотипи ріпаку озимого більш тривалого фенологічного розвитку мають більшу потребу в основних мікроелементах – слід очікувати більш виражену їх реакцію на застосування коректуючих норм відповідного мікроелементу [14, 64, 68]. Такі узагальнення позитивно узгоджуються із представленими результатами, враховуючи той факт, що гібрид ДК Іммімент КЛ

належить до середньостиглої групи, а гібрид ДК Експовер – до ранньостиглої.

Висновки. Таким чином, оптимальним варіантом застосування сульфату амонію за вирощування високоінтенсивних та адаптивних гібридів ріпаку озимого на сірих лісових ґрунтах в умовах нестійкого (мінливого) зволоження визначено варіант, який передбачає застосування водних розчинів сульфату амонію з їх дробним внесенням у відповідні критичні періоди росту і розвитку рослин ріпаку озимого, який передбачає наступну технологічну схему – загальна норма добрив $N_{120}P_{90}K_{90}$ з наступним розподілом: P_{90} (суперфосфат подвійний) + K_{90} (калій хлористий) – під основний обробіток + N_{10} (аміачна селітра) – під передпосівний обробіток + N_5 (водний розчин 1,67 % сульфату амонію) у фазу 4 листки (ВВСН 14)) + N_5 (водний розчин 1,67 % сульфату амонію) у фазу 6–7 листка (ВВСН 16)) + N_{40} (аміачна селітра) – на початку відновлення вегетації (ВВСН

20-22) + N_{10} (водний розчин 2,85 % сульфату амонію) у фазу початку росту головного пагона (ВВСН 29-30)) + N_{35} (аміачна селітра) – у період активного росту бокових пагонів (ВВСН 40-42) + N_{10} (водний розчин 2,85 % сульфату амонію) у фазу початку бутонізації (ВВСН 50-51)) + N_5 (водний розчин 1,67 % сульфату амонію) у фазу середини цвітіння (ВВСН 62-63)).

Застосування такого варіанта удобрення дозволяє отримати урожай гібридів ріпаку озимого на рівні 4,61 т/га при олійності насіння 46,90 %, що на 0,89 т/га та 1,91 % вище, ніж на контролі без застосування сірки.

Для варіанта традиційного внесення сульфату амонію у гранульованій формі перевагу слід віддавати варіанту з розподілом не менше 30–40 % внесення у передпосівний період для оптимізації осіннього періоду вегетації рослин ріпаку озимого, а решту у період початку відновлення його весняної вегетації.

Список використаної літератури

1. Агрометеорологія : навчальний посібник / А. М. Польовий та ін. Миколаїв, 2019. 436 с.
2. Гарбар Л. А., Яцишина Т. П., Самоліук О. П. Вплив удобрення на перезимівлю ріпаку озимого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 74–77. <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2018/01/14.pdf>.
3. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості. К. : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
4. Забарний О. С., Дем'янюк О. С. Оцінка стану та перспективи розвитку ріпаківництва в Україні й світі. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 83–90. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283700>.
5. Кирнасівська Н. В., Васалатій Н. В. Агрокліматичні умови формування олії в насінні озимого ріпаку в степу України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 3 (54). С. 116–117.
6. Курач О. В. Вплив систем удобрення на продуктивність ріпаку озимого. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 32. Р. 63–72. https://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2022/32/Kurach_32.pdf.
7. Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Ріпак. Львів : НВФ «Українські технології», 2005. 88 с.
8. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. Київ : НАУ. 2021. 190 с.

References

1. Agrometeorology: a textbook / A. M. Poliovyi et al. Mykolaiv, 2019. 436 p.
2. Harbar L. A., Yatsyshyna T. P., Samoliuk O. P. The effect of fertilization on the overwintering of winter rapeseed. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2018. No. 1. P. 74–77. <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2018/01/14.pdf>.
3. DSTU 4138–2002. Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality. K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 173 p.
4. Zabarnyi O. S., Demianiuk O. S. Assessment of the state and prospects for the development of rapeseed farming in Ukraine and the world. *Ahroekologichnyi zhurnal*. 2023. No. 2. P. 83–90. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283700>.
5. Kyrnasivska N. V., Vasalatii N. V. Agroclimatic conditions of oil formation in winter rapeseed in the steppe of Ukraine. *Hidrologiia, hidrokhimiia i hidroekologhiia*. 2019. No. 3 (54). P. 116–117.
6. Kurach O. V. The influence of fertilization systems on the productivity of winter rapeseed. *Naukovo-tekhnichnyi biuletyn Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2022. No. 32. P. 63–72. https://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2022/32/Kurach_32.pdf.
7. Lykhochvor V. V., Prots R. R. Turnip. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnolohii», 2005. 88 p.
8. Lisoval A. P. Methods of agrochemical research Kyiv : NAU. 2021. 190 p.

9. Лопушняк В. Динаміка рухомих форм сірки у темно-сірому опідзоленому ґрунті під впливом різних систем удобрення. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2013. № 17 (1). С. 154–157.

10. Любар В. Основні стратегії та тактика весняного удобрення озимого ріпаку. *Зерно*. 2016. № 2. С. 102–104.

11. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур. К. : Алефа, 2000. 144 с.

12. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / За ред. С. О. Ткачик ; 3-тє вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 159 с. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e67fb8d4b9.pdf>.

13. Радзіцька Г. Як покращити зимостійкість озимого ріпаку. *Агроном*. 2018. № 4. С. 80–83.

14. Савчук Ю. М., Антоненко О. Ф. Залежність урожайності та посівних якостей насіння ріпаку озимого від сортів та технології вирощування в умовах правобережного лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 2. С. 20–27.

15. Сайко В. Ф. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами. Київ, 2011. 76 с.

16. Стельмах О., Григорів Я., Кифорук І. Продуктивність сортів ріпаку озимого за різних варіантів удобрення. *Молодий вчений*. 2019. Вип. 7. № 71. Р. 169–174. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-7-71-35>.

17. Цищора Я. Г. Ступінь полеглості агрофітоценозу редьки олійної залежно від параметрів його формування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. Вип. 10. № 3. С. 84–97.

18. Чехова І. В. Формування та розвиток ринку олійних культур: теорія, методологія, практика : монографія. Київ : Аграрна наука, 2021. 144 с. http://imk.zp.ua/images/doc/chehova_2021_monografia.pdf.

19. Agronomic Effectiveness of Granular Nitrogen/Phosphorus Fertilizers Containing Elemental Sulfur with and without Ammonium Sulfate: A Review / S. H. Chien et al. *Agronomy Journal*. 2016. Vol. 108. P. 1203–1213. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj2015.0276>.

20. Baltas E. Spatial Distribution of Climatic Indices in northern Greece. *Meteorological Applications*. 2007. Vol. 14. P. 69–78.

21. Barczak B., Skinder Z., Piotrowski R. Sulphur as a factor that affects nitrogen effectiveness in spring rapeseed agrotechnics. Part II. Yield of seeds and protein. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*. 2016. Vol. 15. № 4. P. 3–14.

9. Lopushniak V. Dynamics of mobile forms of sulfur in dark gray podzolized soil under the influence of different fertilization systems. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahronomiia*. 2013. No. 17 (1). P. 154–157.

10. Liubar V. Basic strategies and tactics for spring fertilization of winter rapeseed. *Zerno*. 2016. No. 2. P. 102–104.

11. Methodology of State Variety Testing of Agricultural Crops. K. : Alefa, 2000. 144 p.

12. Methodology for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods for determining quality indicators of plant products / Za red. S. O. Tkachyk ; 3-tie vyd., vypr. i dop. Vinnytsia : FOP Korzun D. Yu., 2016. 159 p.

13. Radzitska H. How to improve the winter hardiness of winter rapeseed. *Ahronom*. 2018. No. 4. P. 80–83.

14. Savchuk Yu. M., Antonenko O. F. Dependence of yield and sowing qualities of winter rapeseed on varieties and growing technology in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2019. No. 2. P. 20–27.

15. Saiko V. F. Peculiarities of conducting research with cruciferous oilseed crops. Kyiv, 2011. 76 p.

16. Stelmakh O., Hryhoriv Ya., Kyforuk I. Productivity of winter rapeseed varieties under different fertilization options. *Molodyi vchenyi*. 2019. Vol. 7. No. 71. P. 169–174. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-7-71-35>.

17. Tsytsiura Ya. H. The degree of subsidence of the agrophytocenosis of oilseed radish depending on the parameters of its formation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2018. Vol. 10. No. 3. P. 84–97.

18. Chekhova I. V. Formation and development of the oilseed market: theory, methodology, practice: monograph. Kyiv : Ahrarna nauka, 2021. 144 p. http://imk.zp.ua/images/doc/chehova_2021_monografiya.pdf.

19. Agronomic Effectiveness of Granular Nitrogen/Phosphorus Fertilizers Containing Elemental Sulfur with and without Ammonium Sulfate: A Review / S. H. Chien et al. *Agronomy Journal*. 2016. Vol. 108. P. 1203–1213. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj2015.0276>.

20. Baltas E. Spatial Distribution of Climatic Indices in northern Greece. *Meteorological Applications*. 2007. Vol. 14. P. 69–78.

21. Barczak B., Skinder Z., Piotrowski R. Sulphur as a factor that affects nitrogen effectiveness in spring rapeseed agrotechnics. Part II. Yield of seeds and protein. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*. 2016. Vol. 15. № 4. P. 3–14.

22. Distribution of sulfur within oilseed rape leaves in response to sulfur deficiency during vegetative

22. Distribution of sulfur within oilseed rape leaves in response to sulfur deficiency during vegetative growth / M. M. A. Blake-Kalff et al. *Plant Physiology*. 1998. Vol. 118. P. 1337–1344. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC34749/>.
23. Do nitrogen-and sulphur-remobilization-related parameters measured at the onset of the reproductive stage provide early indicators to adjust N and S fertilization in oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown under N-and/or S-limiting supplies? / Y. Akmouche et al. *Planta*. 2019. Vol. 250. P. 2047–2062. <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/98zeDvx4/>.
24. Effect of Different Doses of Sulfur on Growth and Yield of Rapeseed (*Brassica campestris* var. Lumle Tori) / D. Pokhrel et al. *AgroEnvironmental Sustainability*. 2023. Vol. 1. № 2. P. 172–179. DOI: 10.59983/s20230102010.
25. Effect of Timing of Sulfur Fertilizer Application on Growth and Yield of Rapeseed / A. Ahmad et al. *Journal of Plant Nutrition*. 2005. Vol. 28. № 6. P. 1049–1059. DOI: 10.1081/PLN-200058905.
26. Effects of various levels of sulfur and phosphorus fertilizers on the growth and seed yield of canola (*Brassica napus* L.) / A. A. Raza et al. *Journal of Agriculture Environment & Food Security*. 2021. Vol. 2. P. 1–6.
27. Experimental Agrometeorology: A Practical Manual / A. Latief et al. Cham : Springer International Publishing, 2017. 159 p. https://www.researchgate.net/profile/Drlatief-Ahmad/publication/321535663_Measurement_of_Atmospheric_Pressure/links/5b75668892851ca6506464c5/Measurement-of-Atmospheric-Pressure.pdf.
28. Exploring the influence of sulfur on the growth and yield of mustard (*Brassica juncea*) in the Thal region. DYSONA / Q. A. Hashmi et al. *Applied Science*. 2024. Vol. 5. No 1. P. 13–19. DOI: 10.30493/DAS.2023.425014.
29. Falk K. L., Tokuhisa J. G., Gershenzon J. The effect of sulfur nutrition on plant glucosinolate content: Physiology and molecular mechanisms. *Plant Biology*. 2007. Vol. 9. P. 573–581. DOI: 10.1055/s-2007-965431.
30. Grant C. A., Mahli S. S., Karamanos R. E. Sulfur management for rapeseed. *Field Crops Research*. 2012. Vol. 128. P. 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.018>.
31. Gugała M., Sikorska A., & Zarzecka K. The Effect of Fertilization with Sulphur, Boron, and Amino Acids on the Content of Glucosinolate in Winter Rape Seeds. *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (4). 519. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040519>.
32. Haraga, L.-C., Ion, V., Puiu, I. Effects of different sulphur rates and row spacing on oilseed rape. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. LXVI. № 2. P. 228–236. https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2023/issue_2/Art29.pdf.
33. Hawkesford M. J., De Kok L. J. Managing sulphur metabolism in plants. *Plant, Cell & Environment*. 2006. Vol. 29. № 3. P. 382–395. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2005.01470.x.
- growth / M. M. A. Blake-Kalff et al. *Plant Physiology*. 1998. Vol. 118. P. 1337–1344. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC34749/>.
23. Do nitrogen-and sulphur-remobilization-related parameters measured at the onset of the reproductive stage provide early indicators to adjust N and S fertilization in oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown under N-and/or S-limiting supplies? / Y. Akmouche et al. *Planta*. 2019. Vol. 250. P. 2047–2062. <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/98zeDvx4/>.
24. Effect of Different Doses of Sulfur on Growth and Yield of Rapeseed (*Brassica campestris* var. Lumle Tori) / D. Pokhrel et al. *AgroEnvironmental Sustainability*. 2023. Vol. 1. № 2. P. 172–179. DOI: 10.59983/s20230102010.
25. Effect of Timing of Sulfur Fertilizer Application on Growth and Yield of Rapeseed / A. Ahmad et al. *Journal of Plant Nutrition*. 2005. Vol. 28. № 6. P. 1049–1059. DOI: 10.1081/PLN-200058905.
26. Effects of various levels of sulfur and phosphorus fertilizers on the growth and seed yield of canola (*Brassica napus* L.) / A. A. Raza et al. *Journal of Agriculture Environment & Food Security*. 2021. Vol. 2. P. 1–6.
27. Experimental Agrometeorology: A Practical Manual / A. Latief et al. Cham : Springer International Publishing, 2017. 159 p. https://www.researchgate.net/profile/Drlatief-Ahmad/publication/321535663_Measurement_of_Atmospheric_Pressure/links/5b75668892851ca6506464c5/Measurement-of-Atmospheric-Pressure.pdf.
28. Exploring the influence of sulfur on the growth and yield of mustard (*Brassica juncea*) in the Thal region. DYSONA / Q. A. Hashmi et al. *Applied Science*. 2024. Vol. 5. No 1. P. 13–19. DOI: 10.30493/DAS.2023.425014.
29. Falk K. L., Tokuhisa J. G., Gershenzon J. The effect of sulfur nutrition on plant glucosinolate content: Physiology and molecular mechanisms. *Plant Biology*. 2007. Vol. 9. P. 573–581. DOI: 10.1055/s-2007-965431.
30. Grant C. A., Mahli S. S., Karamanos R. E. Sulfur management for rapeseed. *Field Crops Research*. 2012. Vol. 128. P. 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.018>.
31. Gugała M., Sikorska A., & Zarzecka K. The Effect of Fertilization with Sulphur, Boron, and Amino Acids on the Content of Glucosinolate in Winter Rape Seeds. *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (4). 519. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040519>.
32. Haraga, L.-C., Ion, V., Puiu, I. Effects of different sulphur rates and row spacing on oilseed rape. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. LXVI. № 2. P. 228–236. https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2023/issue_2/Art29.pdf.
33. Hawkesford M. J., De Kok L. J. Managing sulphur metabolism in plants. *Plant, Cell & Environment*. 2006. Vol. 29. № 3. P. 382–395. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2005.01470.x.

2006. Vol. 29. № 3. P. 382–395. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2005.01470.x.

34. Improving agronomic effectiveness of elemental sulfur to increase productivity in sulfur-deficient soils / C. Boubakry et al. *Agronomy Journal*. 2023. Vol. 115. № 6. P. 3131–3143. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agj2.21458>.

35. Jankowski K., Budzyński W., Szymanowski A. Effect of sulfur on the quality of winter rape seeds. *Journal of Elementology*. 2008. Vol. 13. P. 521–534. https://www.researchgate.net/publication/282808488_Effect_of_sulfur_on_the_quality_of_winter_rape_seeds.

36. Jarecki W., Korczyk-Szabó J., Macák M. Effect of Nitrogen and Sulphur Fertilization on Winter Oilseed Rape Yield. *Nitrogen*. 2024. Vol. 5. P. 1001–1014. <https://doi.org/10.3390/nitrogen5040064>.

37. Kulczycki G. Chapter Three – The effect of elemental sulfur fertilization on plant yields and soil properties. *Advances in Agronomy*. 2021. Vol. 167. P. 105–182. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.12.003>.

38. Leaves play a central role in the adaptation of nitrogen and sulfur metabolism to ammonium nutrition in oilseed rape (*Brassica napus*) / I. Coletto et al. *BMC Plant Biology*. 2017. Vol. 17. 157. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12870-017-1100-9>.

39. Losak T. Effects of nitrogen and sulphur nutrition on seed yields and oil content in winter rape. *Acta agraria et silvestria: Series silvestris*. 2003. Vol. 40. P. 265–270.

40. Malhi S. S., Schoenau J. J., Grant C. A. A review of sulphur fertilizer management for optimum yield and quality of canola in the Canadian Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science*. 2005. Vol. 85. P. 297–307. <https://doi.org/10.4141/P04-140>.

41. Meier U. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. 2001. 158 p.

42. Namdari A., Baghbani- Arani A., Adavi Z. The Interaction of Combined Application of the Sulfur and Nitrogen on the Growth Characteristics and Yield of Rapeseed Under Rainfed Conditions. *Journal of Crop Production and Processing*. 2024. Vol. 14. Issue 4. P. 59–74. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122436/records/682f24d6d0cf3796e6212792>.

43. Nawab A., Anjum M. M., Afridi M. Z. Effect of Ammonium Sulphate Foliar Spray on Grain Yield and Yield Quality of Canola. *Austin Food Sciences*. 2016. Vol. 1. Issue 6. 1026. <https://austinpublishinggroup.com/food-sciences/fulltext/afs-v1-id1026.pdf>.

44. Oil yields of canola are affected by the N and S levels and application methods under rainfed conditions / A. Janet al. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2008. Vol. 24. P. 1–10.

45. Podleśna A. The effect of soil and foliar application of sulfur on the yield and mineral composition of winter oilseed rape plants. *Annales UMCS Agricultural*. 2009. Vol. 64. P. 68–75.

34. Improving agronomic effectiveness of elemental sulfur to increase productivity in sulfur-deficient soils / C. Boubakry et al. *Agronomy Journal*. 2023. Vol. 115. № 6. P. 3131–3143. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agj2.21458>.

35. Jankowski K., Budzyński W., Szymanowski A. Effect of sulfur on the quality of winter rape seeds. *Journal of Elementology*. 2008. Vol. 13. P. 521–534. https://www.researchgate.net/publication/282808488_Effect_of_sulfur_on_the_quality_of_winter_rape_seeds.

36. Jarecki W., Korczyk-Szabó J., Macák M. Effect of Nitrogen and Sulphur Fertilization on Winter Oilseed Rape Yield. *Nitrogen*. 2024. Vol. 5. P. 1001–1014. <https://doi.org/10.3390/nitrogen5040064>.

37. Kulczycki G. Chapter Three – The effect of elemental sulfur fertilization on plant yields and soil properties. *Advances in Agronomy*. 2021. Vol. 167. P. 105–182. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.12.003>.

38. Leaves play a central role in the adaptation of nitrogen and sulfur metabolism to ammonium nutrition in oilseed rape (*Brassica napus*) / I. Coletto et al. *BMC Plant Biology*. 2017. Vol. 17. 157. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12870-017-1100-9>.

39. Losak T. Effects of nitrogen and sulphur nutrition on seed yields and oil content in winter rape. *Acta agraria et silvestria: Series silvestris*. 2003. Vol. 40. P. 265–270.

40. Malhi S. S., Schoenau J. J., Grant C. A. A review of sulphur fertilizer management for optimum yield and quality of canola in the Canadian Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science*. 2005. Vol. 85. P. 297–307. <https://doi.org/10.4141/P04-140>.

41. Meier U. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. 2001. 158 p.

42. Namdari A., Baghbani- Arani A., Adavi Z. The Interaction of Combined Application of the Sulfur and Nitrogen on the Growth Characteristics and Yield of Rapeseed Under Rainfed Conditions. *Journal of Crop Production and Processing*. 2024. Vol. 14. Issue 4. P. 59–74. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122436/record/s/682f24d6d0cf3796e6212792>.

43. Nawab A., Anjum M. M., Afridi M. Z. Effect of Ammonium Sulphate Foliar Spray on Grain Yield and Yield Quality of Canola. *Austin Food Sciences*. 2016. Vol. 1. Issue 6. 1026. <https://austinpublishinggroup.com/food-sciences/fulltext/afs-v1-id1026.pdf>.

44. Oil yields of canola are affected by the N and S levels and application methods under rainfed conditions / A. Janet al. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2008. Vol. 24. P. 1–10.

45. Podleśna A. The effect of soil and foliar application of sulfur on the yield and mineral composition of winter oilseed rape plants. *Annales UMCS Agricultural*. 2009. Vol. 64. P. 68–75.

46. Rameeh V., Niakan M., Mohammadi M. H. Effects of sulphur on the yield, yield component

46. Rameeh V., Niakan M., Mohammadi M. H. Effects of sulphur on the yield, yield component characters and oil content of oilseed rape. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*. 2021. Vol. 66. No. 1. P. 17–25. <https://doi.org/10.2298/JAS2101017R>.
47. Rapeseed (*Brassica napus*): Processing, Utilization, and Genetic Improvement / N. Raboanatahiry et al. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. No. 9. 1776. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091776>.
48. Seed Yield Components and Seed Quality of Oilseed Rape are Impacted by Sulfur Fertilization and its Interactions with Nitrogen Fertilization / E. Poisson et al. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. 458. DOI: 10.3389/fpls.2019.00458.
49. Sensitivity analyses for improving sulfur management strategies in winter oilseed rape / E. Poisson et al. *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13. e0204376. <https://pdfs.semanticscholar.org/75ec/d2fd343a663a73af0fb93a2bf408ed0f510b.pdf>.
50. Sienkiewicz-Cholewa U., Kieloch R. Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.). *Plant, Soil and Environment*. 2015. Vol. 61 (4). P. 164–170. DOI: 10.17221/24/2015-PSE.
51. Snecdecor, G. W., Cochran, W. G. Statistical Methods, 8th Edition. Wiley-Blackwell. 1991. 524 p.
52. Spatial Distribution and Comparison of Aridity Indices in Extremadura, Southwestern Spain / F. J. Moral et al. *Theoretical and Applied Climatology*. 2016. Vol. 126. P. 801–814. DOI: 10.1007/s00704-015-1615-7.
53. Stepaniuk M., Głowacka A. Yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *napus*) in a short-term monoculture and the macronutrient accumulation in relation to the rate and method of sulphur application. *Agronomy*. 2021. Vol. 12 (1). 68. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010068>.
54. Sulfur-mediated transformation, export and mineral complexation of organic and inorganic C, N, P and Si in dryland soils / X. Gao et al. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. 9850. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-94920-3>.
55. Sulfur uptake and remobilization are differentially affected by N deficiency in winter oilseed rape cultivars / L. Wang et al. *Plant Nutrition*. 2017. Vol. 40. P. 524–531. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2016.1245324>.
56. Sulphur application improves the growth, seed yield and oil quality of canola / Q. Rehmanuh et al. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013. Vol. 35. P. 2999–3006. DOI: 10.1007/s11738-013-1331-9.
57. The Global Assessment of Oilseed Brassica Crop Species Yield, Yield Stability and the Underlying Genetics / J. D. Zandberg et al. *Plants (Basel)*. 2022. Vol. 11 (20). 2740. <https://doi.org/10.3390/plants11202740>.
58. The impact of sulfate restriction seed yield and quality of winter oil seed rape depends on the ability to remobilize sulfate from vegetative tissues to reproductive organs / A. Girondé et al. *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. 695. DOI: 10.3389/fpls.2014.00695.
59. The Rapeseed Potential in Poland and Germany in the Context of Production, Legislation, and Intellectual characters and oil content of oilseed rape. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*. 2021. Vol. 66. No. 1. P. 17–25. <https://doi.org/10.2298/JAS2101017R>.
47. Rapeseed (*Brassica napus*): Processing, Utilization, and Genetic Improvement / N. Raboanatahiry et al. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. No. 9. 1776. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091776>.
48. Seed Yield Components and Seed Quality of Oilseed Rape are Impacted by Sulfur Fertilization and its Interactions with Nitrogen Fertilization / E. Poisson et al. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. 458. DOI: 10.3389/fpls.2019.00458.
49. Sensitivity analyses for improving sulfur management strategies in winter oilseed rape / E. Poisson et al. *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13. e0204376. <https://pdfs.semanticscholar.org/75ec/d2fd343a663a73af0fb93a2bf408ed0f510b.pdf>.
50. Sienkiewicz-Cholewa U., Kieloch R. Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.). *Plant, Soil and Environment*. 2015. Vol. 61 (4). P. 164–170. DOI: 10.17221/24/2015-PSE.
51. Snecdecor, G. W., Cochran, W. G. Statistical Methods, 8th Edition. Wiley-Blackwell. 1991. 524 p.
52. Spatial Distribution and Comparison of Aridity Indices in Extremadura, Southwestern Spain / F. J. Moral et al. *Theoretical and Applied Climatology*. 2016. Vol. 126. P. 801–814. DOI: 10.1007/s00704-015-1615-7.
53. Stepaniuk M., Głowacka A. Yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *napus*) in a short-term monoculture and the macronutrient accumulation in relation to the rate and method of sulphur application. *Agronomy*. 2021. Vol. 12 (1). 68. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010068>.
54. Sulfur-mediated transformation, export and mineral complexation of organic and inorganic C, N, P and Si in dryland soils / X. Gao et al. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. 9850. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-94920-3>.
55. Sulfur uptake and remobilization are differentially affected by N deficiency in winter oilseed rape cultivars / L. Wang et al. *Plant Nutrition*. 2017. Vol. 40. P. 524–531. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2016.1245324>.
56. Sulphur application improves the growth, seed yield and oil quality of canola / Q. Rehmanuh et al. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013. Vol. 35. P. 2999–3006. DOI: 10.1007/s11738-013-1331-9.
57. The Global Assessment of Oilseed Brassica Crop Species Yield, Yield Stability and the Underlying Genetics / J. D. Zandberg et al. *Plants (Basel)*. 2022. Vol. 11 (20). 2740. <https://doi.org/10.3390/plants11202740>.
58. The impact of sulfate restriction seed yield and quality of winter oil seed rape depends on the ability to remobilize sulfate from vegetative tissues to reproductive organs / A. Girondé et al. *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. 695. DOI: 10.3389/fpls.2014.00695.

Property Rights / E. Woźniak et al. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. 1423. DOI: 10.3389/fpls.2019.01423.

60. Tian C., Zhou X., Liu Q. Increasing yield, quality and profitability of winter oilseed rape (*Brassica napus*) under combinations of nutrient levels in fertiliser and planting density. *Crop and Pasture Science*. 2020. Vol. 71 (12). P. 1010–1019. DOI: 10.1071/CP20328.

61. Tsytsiura Y. H. Evaluation of the efficiency of oil radish agrofitocenosis construction by the factor of reproductive effort. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019. Vol. 25. No. 6. P. 1161–1174. <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/23058.pdf>.

62. Varényiová M., Ducsay L., Ryant, P. Sulphur Nutrition and its Effect on Yield and Oil Content of Oilseed Rape (*Brassica Napus* L.). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017. Vol. 65. No. 2. P. 555–562. DOI: 10.11118/actaun201765020555.

63. Walker K.C., Booth E.J. Sulphur Nutrition and Oilseed Quality. In: Abrol, Y.P., Ahmad, A. (eds) *Sulphur in Plants*. Springer, Dordrecht. 2003. P. 323–339. DOI: 10.1007/978-94-017-0289-8_18.

64. Wenda-Piesik A., Hoppe S. Evaluation of hybrid and population cultivars on standard and high-input technology in winter oilseed rape. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2018. Vol. 68. P. 678–689. <https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1460864>.

65. Wielebski F., Wójtowicz M., Liersch A. Response of new forms of winter oilseed rape with modified fatty acid composition to nitrogen and sulfur fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 2022. Vol. 45. P. 2360–2379. DOI: 10.1080/01904167.2022.2027974.

66. Wittkop B., Snowdon R., Friedt W. Status and perspectives of breeding for enhanced yield and quality of oilseed crops for Europe. *Euphytica*. 2009. 170. DOI: 10.1007/s10681-009-9940-5.

67. Wu W., Shah F., Ma B. L. Understanding of crop lodging and agronomic strategies to improve the resilience of rapeseed production to climate change. *Crop and Environment*. 2022. Vol. 1. No. 2. P. 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2022.05.005>.

68. Yasari E., Patwardhan A. M. Physiological analysis of the growth and development of canola (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*. 2006. Vol. 5. No. 5. P. 745–752.

69. Yield and quality of winter oilseed rape in response to different systems of foliar fertilization / K. J. Jankowski et al. *Journal of Elementology*. 2016. Vol. 4. P. 1017–1027. DOI: 10.5601/jelem.2016.21.1.1108.

70. Zheng Q., Liu K. Worldwide rapeseed (*Brassica napus* L.) research: A bibliometric analysis during 2011–2021. *Oil Crop Science*. 2022. Vol. 7. No. 4. P. 157–165. DOI: 10.1016/j.ocsci.2022.11.004.

59. The Rapeseed Potential in Poland and Germany in the Context of Production, Legislation, and Intellectual Property Rights / E. Woźniak et al. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. 1423. DOI: 10.3389/fpls.2019.01423.

60. Tian C., Zhou X., Liu Q. Increasing yield, quality and profitability of winter oilseed rape (*Brassica napus*) under combinations of nutrient levels in fertiliser and planting density. *Crop and Pasture Science*. 2020. Vol. 71 (12). P. 1010–1019. DOI: 10.1071/CP20328.

61. Tsytsiura Y. H. Evaluation of the efficiency of oil radish agrofitocenosis construction by the factor of reproductive effort. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019. Vol. 25. No. 6. P. 1161–1174. <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/23058.pdf>.

62. Varényiová M., Ducsay L., Ryant, P. Sulphur Nutrition and its Effect on Yield and Oil Content of Oilseed Rape (*Brassica Napus* L.). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017. Vol. 65. No. 2. P. 555–562. DOI: 10.11118/actaun201765020555.

63. Walker K.C., Booth E.J. Sulphur Nutrition and Oilseed Quality. In: Abrol, Y.P., Ahmad, A. (eds) *Sulphur in Plants*. Springer, Dordrecht. 2003. P. 323–339. DOI: 10.1007/978-94-017-0289-8_18.

64. Wenda-Piesik A., Hoppe S. Evaluation of hybrid and population cultivars on standard and high-input technology in winter oilseed rape. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2018. Vol. 68. P. 678–689. <https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1460864>.

65. Wielebski F., Wójtowicz M., Liersch A. Response of new forms of winter oilseed rape with modified fatty acid composition to nitrogen and sulfur fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 2022. Vol. 45. P. 2360–2379. DOI: 10.1080/01904167.2022.2027974.

66. Wittkop B., Snowdon R., Friedt W. Status and perspectives of breeding for enhanced yield and quality of oilseed crops for Europe. *Euphytica*. 2009. 170. DOI: 10.1007/s10681-009-9940-5.

67. Wu W., Shah F., Ma B. L. Understanding of crop lodging and agronomic strategies to improve the resilience of rapeseed production to climate change. *Crop and Environment*. 2022. Vol. 1. No. 2. P. 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2022.05.005>.

68. Yasari E., Patwardhan A. M. Physiological analysis of the growth and development of canola (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*. 2006. Vol. 5. No. 5. P. 745–752.

69. Yield and quality of winter oilseed rape in response to different systems of foliar fertilization / K. J. Jankowski et al. *Journal of Elementology*. 2016. Vol. 4. P. 1017–1027. DOI: 10.5601/jelem.2016.21.1.1108.

70. Zheng Q., Liu K. Worldwide rapeseed (*Brassica napus* L.) research: A bibliometric analysis during 2011–2021. *Oil Crop Science*. 2022. Vol. 7. No. 4. P. 157–165. DOI: 10.1016/j.ocsci.2022.11.004.

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-11

Оригінальна наукова стаття

УДК 636.034:636.2.087.7:551.582

**ВПЛИВ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
НА МОЛОЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ
ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ МОЛОКА
КОРІВ ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ****Р. В. Волошин**

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

Про авторів:

Ростислав ВОЛОШИН,
кандидат ветеринарних наук
ORCID: 0009-0002-6819-6196

Для листування:

Ростислав ВОЛОШИН
e-mail: volrv@ukr.net

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:

4 жовтня 2025 р.

Погоджено до друку:

25 листопада 2025 р.

Опубліковано:

30 грудня 2025 р.

У роботі подано результати власних досліджень, присвячених вивченню впливу температурних умов навколишнього середовища на молочну продуктивність та якісні характеристики молока корів голштинської породи. Дослід проведено у виробничих умовах молочного господарства, де утримується 640–700 корів із середньорічною продуктивністю 11,4 тис. літрів молока на одну голову (за даними 2023 р.). Спостереження здійснював протягом червня–вересня 2024 р. – періоду, коли у західних областях України відзначалися підвищені температури повітря. Для характеристики погодних умов використано дані Волинського обласного центру з гідрометеорології щодо середньодобових температур у Ковельському районі, де розташоване господарство. Аналізував середньодобові надої молока за різних температурних режимів та оцінював зміни його якісних показників — вмісту жиру і білка. Виявлено виражену тенденцію до зниження молочної продуктивності за підвищення температури вище +24 °С, що свідчить про наявність у тварин ознак теплового стресу. Паралельно відмічено незначні коливання показників жирності (3,44–3,75 %) та білковості (3,15–3,35 %) молока. Ці зміни, ймовірно, пов'язані з адаптаційними реакціями організму корів на перегрів і змінами в годівлі у спекотний період. Отримані результати підкреслюють необхідність удосконалення системи мікроклімату, технологій утримання та годівлі тварин у літній сезон для зменшення впливу температурного стресу на продуктивність і якість молока.

Ключові слова: корови, молоко, білок, жир, надій, температура навколишнього середовища, тепловий стрес, голштинська порода.

The influence of high ambient temperatures on milk productivity and milk quality indicators in Holstein cows

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

About authors:

Rostyslav VOLOSHYN
ORCID: 0009-0002-6819-6196

For corresponding:

Rostyslav VOLOSHYN
e-mail: volrv@ukr.net

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:

October 4, 2025

Accepted:

November 25, 2025

Published:

December 30, 2025

The paper presents the results of the author's study on the influence of ambient temperature conditions on milk yield and milk quality traits in Holstein cows. The research was carried out in the production conditions at a dairy farm maintaining 640–700 lactating cows with an average annual milk yield of 11.4 thousand liters per cow (as of 2023). Observations were conducted from June to September 2024 – the period characterized by unusually high air temperatures in the Western regions of Ukraine. To describe the climatic conditions, data from the Volyn Regional Hydrometeorological Center were used, specifically the average daily air temperatures recorded in Kovel district, where the farm is located. Average daily milk yields were analyzed under different temperature regimes, along with changes in milk quality parameters such as fat and protein content. A clear tendency toward decreased milk production was observed when the average daily temperature exceeded +24 °C, indicating signs of heat stress in the animals. At the same time, minor fluctuations in milk fat (3.44–3.75 %) and protein content (3.15–3.35 %) were recorded. These variations are likely related to adaptive physiological responses of the cows to heat load and to changes in feeding practices during the hot season. The obtained results emphasize the need to improve feeding systems, housing technologies and microclimatic conditions during summer to minimize the negative impact of temperature stress on milk productivity and quality.

Keywords: cows, milk, protein, fat, milk yield, ambient temperature, heat stress, Holstein breed.

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

Вступ. Сьогоднішнє молочне скотарство України переживає період активної перебудови, пов'язаної з адаптацією до потреб українського та світових ринків, ефективність якого значною мірою залежить від рівня продуктивності та фізіологічного стану молочних корів. На сучасному етапі розвитку галузі дедалі більшого значення набуває проблема впливу кліматичних чинників, зокрема підвищених температур навколишнього середовища, на продуктивність і здоров'я високопродуктивних тварин. Температура навколишнього середовища безпосередньо і прямопропорційно впливає на температуру повітря в корівнику, незалежно від його типу, що підвищує температуру кормової суміші та води, які споживають тварини [2, 6]. Температурний стрес порушує тепловий баланс організму корів, знижує споживання корму, порушує

водно-сольовий обмін і призводить до зменшення надоїв та погіршення якості молока [5, 16, 21].

Тепловий стрес є однією з основних причин зниження надоїв у літній період, що супроводжується значними економічними втратами у молочному виробництві [8, 17]. Особливо чутливими до температурних коливань є високопродуктивні корови, у яких тепловий стрес розвивається швидше через інтенсивний обмін речовин і підвищене тепловиділення [11]. Відомо, що при перевищенні оптимального діапазону температур (18–22 °C) у високопродуктивних корів порушуються процеси терморегуляції, знижується споживання корму, погіршується баланс енергії та білка, що призводить до зменшення синтезу молока [1, 20].

Ряд досліджень науковців підтверджує тісний взаємозв'язок між температурно-

вологісним індексом і продуктивністю молочних корів. Так окремими дослідниками, встановлено, що за підвищення температури понад 24–25 °C відбувається вірогідне зниження добових надоїв, погіршення якісних показників молока та прояви теплового стресу різного ступеня [5, 7]. За таких умов у тварин спостерігаються зміни у гематологічному та біохімічному статусі, що свідчить про напруження терморегуляторних і метаболічних процесів. Зокрема, спостерігається зменшення концентрації гемоглобіну, еритроцитів і загального білка крові, що може свідчити про гемодилуцію та порушення білкового обміну [12, 15].

Аналіз закордонної літератури також підтверджує, що під впливом високих температур знижується як кількість, так і якість молока, зокрема вміст жиру та білка [22]. Окремі дослідження відзначали зниження надоїв у корів при підвищенні температурно-вологісного індексу понад 72 одиниці [10, 20]. Наявні в літературі дані підкреслюють, що тепловий стрес порушує комфорт, поведінку, водно-сольовий баланс і обмін речовин тварин, що в комплексі негативно впливає на їхню продуктивність [11]. Крім кількісних змін, високі температури зумовлюють погіршення технологічних властивостей молока: підвищується кислотність, знижується термостійкість і вміст жиру, що негативно впливає на якість продукції переробної промисловості [22].

Проблема адаптації молочної худоби до підвищених температур особливо актуальна в умовах кліматичних змін, які проявляються зростанням середніх температур і частотою теплових хвиль у літній період [4, 9, 10]. Це потребує пошуку ефективних технологічних і зоотехнічних рішень для зменшення негативного впливу теплового навантаження на продуктивність корів, удосконалення умов мікроклімату, раціонів годівлі та систем вентиляції у тваринницьких приміщеннях [2, 3, 21].

Дослідження в різних кліматичних зонах світу вказують, що ступінь зниження надоїв та змін складу молока залежить не лише від абсолютних температур, але й від тривалості періодів перегріву, вологості повітря, вентиляції приміщень, якості годівлі та породи тварин [12, 14]. Тому для ефективного ведення молочного скотарства в умовах кліматичних змін надзвичайно важливо оцінювати не лише кількісні, але і якісні параметри продукції у зв'язку з температурними коливаннями навколишнього середовища.

Аналізуючи наведені дані, очікується, що результати дослідження будуть корисними для менеджерів молочних господарств та спеціалістів із годівлі й утримання ВРХ в Україні, оскільки дозволять адаптувати технологічні підходи до місцевих кліматичних особливостей та зменшити економічні збитки від теплового стресу.

Матеріали і методи. Дослідження проведені в молочному господарстві Ковельського району Волинської області. Загальне поголів'я лактуючих корів впродовж року коливається в межах 640–700 голів. Середньодобовий надій молока у 2024 р. складав 36,4 л на одну голову (38,3 – травень; 34,1 – липень). Продуктивність за 2023 р. складала в середньому 11,4 тис. л молока на одну корову. Доїння тварин здійснюється в доїльному залі три рази на добу.

Корови утримувалися в каркасних корівниках з металевих конструкцій за безприв'язною системою із природною вентиляцією. Як підстилку в боксах використовували пісок і дерев'яну тирсу, що забезпечувало гігієну та комфорт. Видалення гною проводиться за допомогою механічного згортання з наступним змивом три рази на добу.

Раціон тварин складається з повноцінного змішаного корму на основі кукурудзяного силосу та сінажу. Всі тварини мають вільний доступ до кормів та води.

Для аналізу середньодобових температур використовували подекадні

агрометеорологічні бюлетені Волинського обласного центру з гідрометеорології, а саме Ковельської метеостанції. Показники жирності та вміст білка визначались за допомогою ультразвукового аналізатора молока «ЕКОМІLK 120». Коефіцієнт кореляції між середньодобовою температурою повітря та основними показниками молока – добовим надоєм,

масовою часткою жиру і білка розраховували за методом Пірсона.

Результати та обговорення. Аналіз середньодобових надоїв корів голштинської породи у досліджувані періоди 2024 р. показав наявність зворотного зв'язку між температурою навколишнього середовища та продуктивністю тварин (рис. 1).

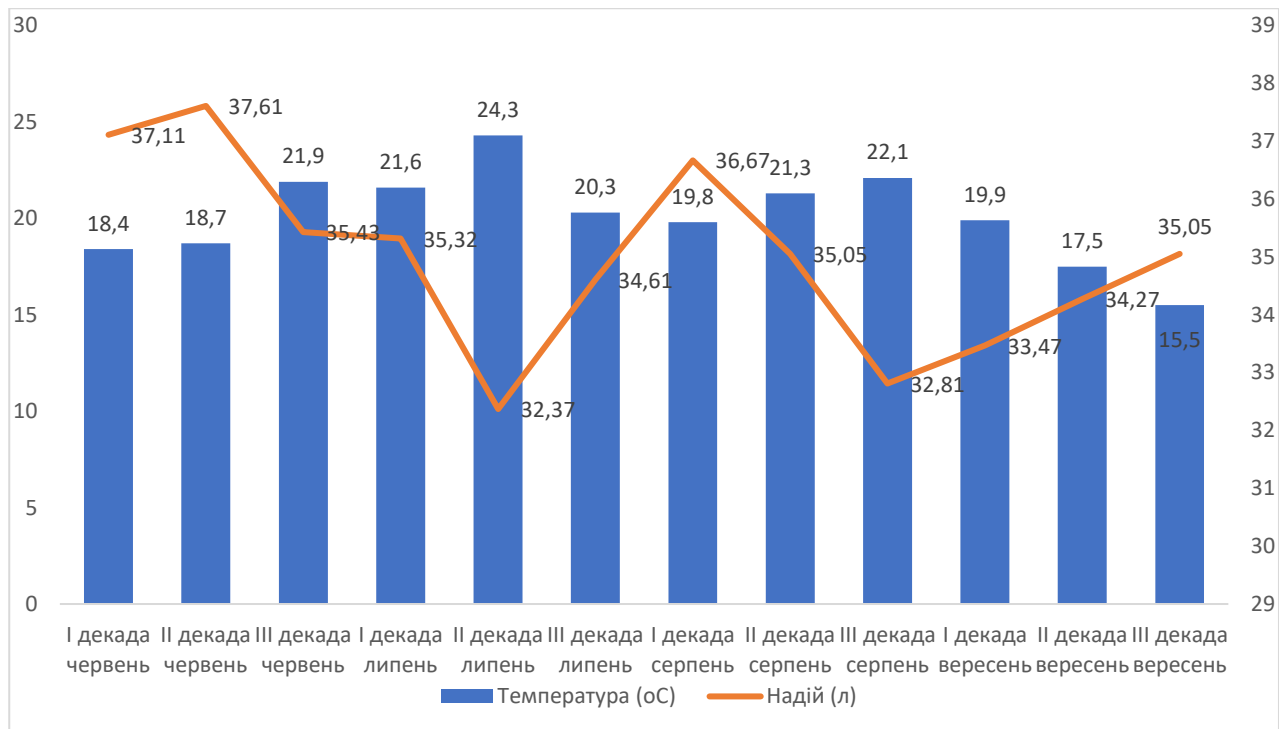


Рис. 1. Залежність середньодобових надоїв молока від температури навколишнього середовища

Як бачимо з опрацьованих результатів, найвищі показники продуктивності (37,11–37,61 л) спостерігалися у червні за помірної середньодобової температури навколишнього середовища (18,4–18,7 °C), тоді як у періоди з середньодобовою температурою понад 22 °C надої зменшувалися до 32,37–32,81 л (II декада липня, III декада серпня). Згідно з даними Волинського обласного центру з гідрометеорології, у липні максимальна температура повітря була зафіксована 13 липня і досягала +35–38 °C, при цьому протягом 4–6 днів поспіль температура перевищувала +30 °C. У ці дні в господарстві відзначено найбільше зниження середньодобових надоїв

молока – до 31,4 л на голову (проти 32,4 л у середньому за декаду). Розрахований коефіцієнт кореляції ($r = -0,47$) підтверджує помітний негативний вплив підвищеної температури повітря на молочну продуктивність.

Аналіз економічної складової показав, що середньодобові надої в спекотні періоди зменшувались у середньому на 13–15 % порівняно з базовим рівнем продуктивності стада. За умови середньорічного лактуючого поголів'я близько 670 гол корів такі коливання можуть призводити до суттєвих економічних втрат, які оцінюються на рівні 12–15 % добового обсягу реалізації молока, що в грошовому еквіваленті

складає близько 64 тис. грн на добу у спекотні дні. Отримані дані нашого досліджу свідчать про те, що навіть короточасні періоди теплового стресу здатні значно впливати на економічну ефективність виробництва, що підкреслює доцільність запровадження систем охолодження, корекції раціону та адаптивних технологій утримання у спекотний сезон.

Отримані мною результати узгоджуються з даними науковців, які зазначають, що за підвищення температури понад 22–25 °C у тварин знижується споживання корму, погіршується тепловий баланс, що

зумовлює зменшення надоїв [18, 19]. Таким чином, температура довкілля є одним із визначальних зовнішніх факторів, що впливають на рівень молочної продуктивності влітку.

Під час аналізу динаміки жирності молока корів упродовж літньо-осіннього періоду 2024 р. встановлено незначну залежність цього показника від температури навколишнього середовища. При коливанні середньодобових температурних показників навколишнього середовища від 15,5 до 24,3 °C, жирність молока змінювалася у межах 3,44–3,75 % (рис. 2).

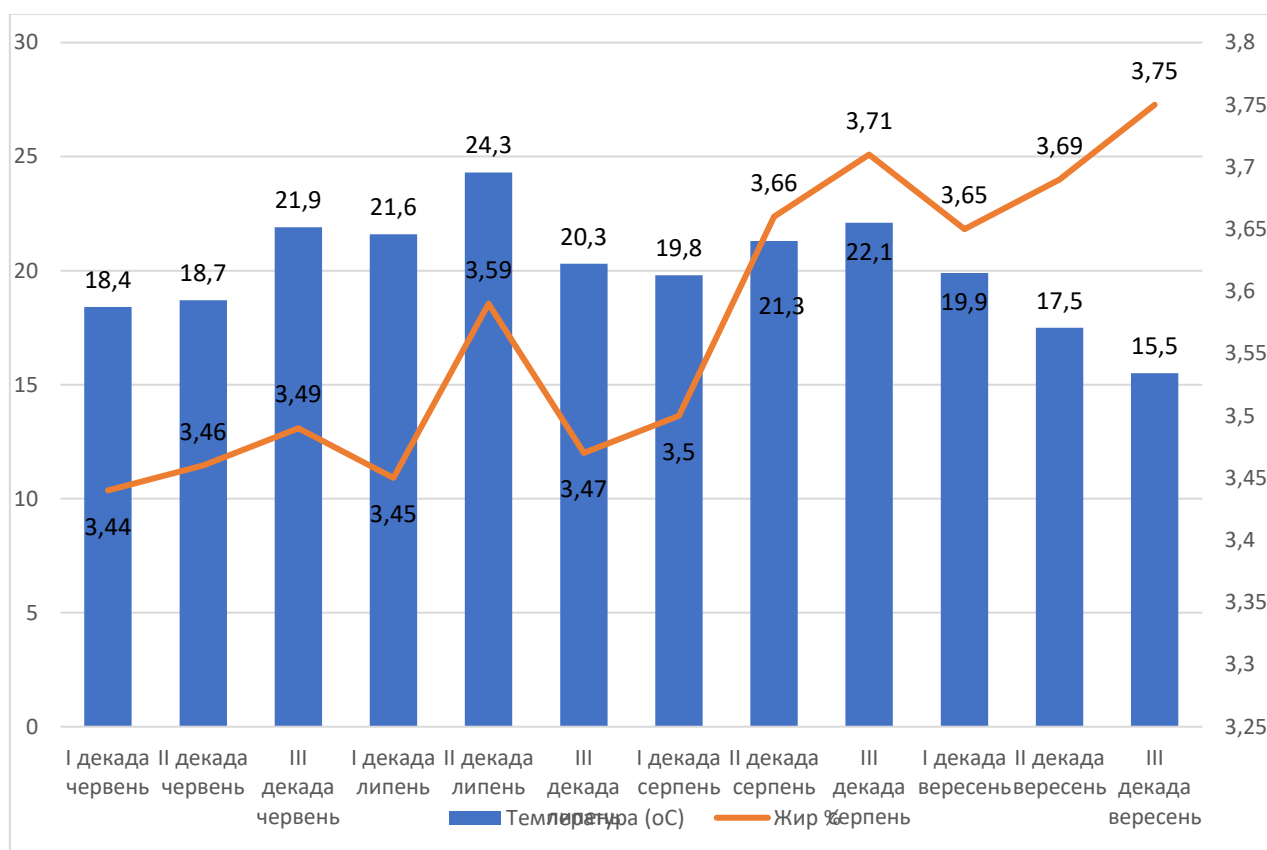


Рис. 2. Залежність середньодобових показників жирності молока від температури навколишнього середовища

Загальна тенденція свідчить, що за зниження температури на кінець періоду жирність мала тенденцію до незначного підвищення. Це підтверджується слабким негативним кореляційним зв'язком ($r = -0,21$).

Отже, збільшення жирності наприкінці вересня ймовірно може бути зумовлене як сезонними фізіологічними змінами у корів (перехід до пізньої лактації), так і зниженням температури довкілля, що зменшує теплове навантаження на організм. Подібні результати спостерігали

й інші дослідники, відзначаючи підвищення жирності молока в осінній період за рахунок змін у метаболізмі лактуючих тварин [12].

У ході дослідження мною також проаналізовано залежність вмісту білка в

молоці від середньодобової температури повітря протягом літньо-осіннього періоду 2024 р. Зафіксовано, що температура змінювалася від 15,5 до 24,3 °С, тоді як вміст білка залишався відносно стабільним – у межах 3,18–3,20 г/л (рис. 3).

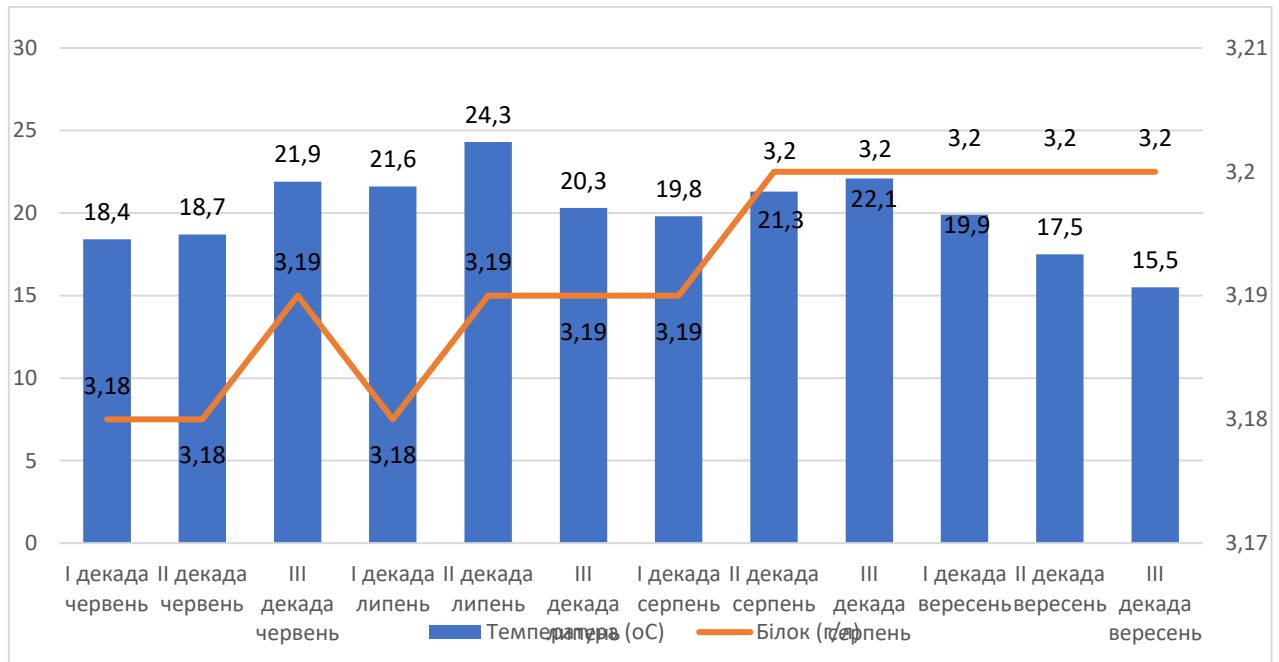


Рис. 3. Залежність середньодобових показників вмісту білка в молоці від температури навколишнього середовища

Незважаючи на те, що температура повітря змінювалася в діапазоні від 15,5 до 24,3 °С, істотної кореляційної залежності між цими параметрами не виявлено. Розрахований коефіцієнт кореляції Пірсона між температурою та вмістом білка становить $r = -0,12$, що свідчить про дуже слабкий обернений зв'язок, який не має статистичної значущості. Це очевидно означає, що підвищення або зниження температури суттєво не впливає на рівень білка в молоці і свідчить про стабільність білкового складу за умов незначних температурних коливань або про переважний вплив інших факторів (наприклад, вологості чи фази розвитку тваринного організму).

Отримані дані дослідження узгоджуються з даними інших дослідників, які вказують, що вміст білка в молоці є відносно стабільним показником і залежить переважно від генетичних особливостей

тварин, повноцінності раціону, умов годівлі та фази лактації, тоді як вплив температури довкілля проявляється лише за екстремальних кліматичних умов [13].

Висновки

1. Протягом літньо-осіннього періоду (червень-вересень) 2024 р. на території Ковельського району Волинської області середньодобова температура повітря коливалася від 15,5 до 24,3 °С, що дозволило оцінити вплив теплових умов на якісні та кількісні показники молока.

2. Надої молока зменшувалися зі зростанням температури. Встановлено обернений кореляційний зв'язок між температурою повітря та надоем ($r = -0,47$), що вказує на негативний вплив високих температур навколишнього середовища на молочну продуктивність корів.

3. Жирність молока коливалася від 3,44 до 3,75 % і мала слабкий обернений

зв'язок із температурою ($r = -0,21$). Зниження температури в осінній період супроводжувалося незначним підвищенням жирності, що, ймовірно, пов'язано з фізіологічними особливостями тварин у пізній лактації.

4. Вміст білка в молоці змінювався у межах 3,18–3,20 г/л і характеризувався дуже слабким оберненим зв'язком із температурою ($r = -0,12$), що свідчить про відносну стабільність білкового складу молока за помірних кліматичних коливань.

Список використаної літератури

1. Болтик, Н. Вплив теплового стресу на молочну продуктивність корів. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2014. 7. С. 72–76.

2. Вплив підвищеної температури у корівнику на поведінку дійних корів / М. О. Захаренко та ін. *Scientific Progress & Innovations*, 2023. 26 (1). С. 55–58. <https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/1742/2186>.

3. Гаврилюк О. І. Вплив мікроклімату корівника при різних способах утримання на якість молока корів. *Вісник СНАУ. Серія «Тваринництво»*. Суми, 2017. Вип. 5/1 (31). С. 48–50.

4. Зниження впливу теплового стресу на молочну продуктивність корів / І. Є. Седюк та ін. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. Харків, 2023. № 129. С. 172. DOI: 10.32900/2312-8402-2023-129.

5. Кошавка, Л. М., Бойко, В. І., Цвіліховський, М. І. Тепловий стрес у високоудійних корів. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва»*. 2018. Т. 9, № 1. С. 42–52. <https://veterinaryscience.com.ua/web/uploads/pdf/12503-27640-1-SM.pdf>.

6. Молодковець О. Ю., Захаренко М. О. Температурно-вологісний режим корівників за дії високих температур повітря примусового і добровільного доїння корів. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*. Вип. 34, ч. 2. С. 350–356. <https://repo.btu.kharkiv.ua/items/35244809-4785-47d7-a4fa-33d32cf303c4>.

7. Температура навколишнього середовища, як фактор впливу на продуктивність великої рогатої худоби / Ю. С. Кравченко та ін. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. № 121. Харків, 2019. С. 136. DOI: 10.32900/2312-8402-2019-121-136-146.

8. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production

Загалом, отримані результати свідчать, що підвищення температури повітря насамперед впливає на кількість виробленого молока, тоді як якісні показники молока такі як вміст білка і жиру залишаються відносно стабільними. Це вказує на доцільність застосування технологічних заходів для зниження теплового навантаження на тварин у літній період з метою збереження високої продуктивності тварин та уникнення економічних збитків товарно-молочними господарствами.

References

1. Boltyk, N. The effect of heat stress on milk production in cows. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova»*. 2014. 7. P. 72–76.

2. The effect of elevated temperature in the cowshed on the behavior of dairy cows / M. O. Zakharenko et al. *Scientific Progress & Innovations*, 2023. 26 (1). P. 55–58. <https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/1742/2186>.

3. Havryliuk O. I. The influence of the microclimate of the cowshed under different housing methods on the quality of cow milk. *Visnyk SNAU. Seriiia «Tvarynnystvo»*. Sumy, 2017. Vol. 5/1 (31). P. 48–50.

4. Reducing the impact of heat stress on cow milk production / I. Ye. Sediuk et al. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnystva NAAN*. Kharkiv, 2023. No. 129. P. 172. DOI: 10.32900/2312-8402-2023-129.

5. Koshchavka, L. M., Boiko, V. I., Tsvilikhovskyi, M. I. Heat stress in high-yielding cows. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriiia «Veterynarna medytsyna, yakist i bezpeka produktsii tvarynnystva»*. 2018. Vol. 9, No. 1. P. 42–52. <https://veterinaryscience.com.ua/web/uploads/pdf/12503-27640-1-SM.pdf>.

6. Molodkovets O. Yu., Zakharenko M. O. Temperature and humidity regime of cowsheds under the influence of high air temperatures, forced and voluntary milking of cows. *Problemy zoonzhenerii ta veterynarnoi medytsyny*. Vol. 34, part 2. P. 350–356. <https://repo.btu.kharkiv.ua/items/35244809-4785-47d7-a4fa-33d32cf303c4>.

7. Ambient temperature as a factor influencing cattle productivity / Yu. S. Kravchenko et al. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnystva NAAN*. No. 121. Kharkiv, 2019. P. 136. DOI: 10.32900/2312-8402-2019-121-136-146.

8. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production / D. Renaudeau et al. *Animal*. 2012. Vol. 6. Issue 5. P. 707–728. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>.

9. Shevchuk M., Mylostyvyi R. The milk

/ D. Renaudeau et al. *Animal*. 2012. Vol. 6. Issue 5. P. 707–728. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>.

9. Шевчук М., Милостивий Р. Молочна продуктивність корів залежить від сезонного фактору. *Animal Welfare in the Conditions of Global Climate Change* : Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference (April 21–22, Dnipro). Dnipro, 2021. 73–75. https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/4509/1/AWCGCC_2021-73-75.pdf.

10. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows / R. B. Zimbelman et al. *Proceedings of the Southwest Nutrition and Management Conference*, 2009. Tucson, 158–169.

11. Biochemical changes during heat stress in productive animals with an emphasis on the antioxidant defense system. / D. Mylostyva et al. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2022., 10 (1), article number 2209. DOI: 10.31893/jabb.22009.

12. Effects of heat stress on energetic metabolism of lactating Holstein cows / J. Wheelock et al. *Journal of Dairy Science*. 2010. Vol. 93. Issue 2. P. 644–655. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2295>.

13. Heat stress in lactating dairy cows : a review / C. T. Kadzere et al. *Livestock Production Science*, 2002. 77 (1), 59–91. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X).

14. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals : A review / R. Das et al. *Veterinary World*. 2016. 9 (3), 260–268. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>.

15. Mylostyvyi, R. The effect of prolonged heat stress on haematological parameters of Holstein cows. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 2024. Vol. 16. No. 1. P. 59–69. <https://doi.org/10.31548/veterinary1.2025.59>.

16. Polsky, L., von Keyserlingk, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100. Issue 11. P. 8645–8657. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>.

17. St-Pierre, N. R., Cobanov, B., Schnitkey, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*. 2003. Vol. 86. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5).

18. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle / U. Bernabucci et al. *Journal of Dairy Science*. 2014. 97 (1). P. 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>.

19. The relationship between warm weather and milk yield in Holstein cows / R. Mylostyvy et al. *World's Veterinary Journal*. 2023. 13 (1), 134–143. DOI: 10.54203/scil.2023.wvj14.

20. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate / R. Bouraoui et al. *Animal Research*, 2002. Vol. 51. No. 6. P. 479–491. <https://doi.org/10.1051/animres:2002036>.

production of cows depends on the seasonal factor. *Animal Welfare in the Conditions of Global Climate Change* : Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference (April 21–22, Dnipro). Dnipro, 2021. 73–75. https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/4509/1/AWCGCC_2021-73-75.pdf.

10. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows / R. B. Zimbelman et al. *Proceedings of the Southwest Nutrition and Management Conference*, 2009. Tucson, 158–169.

11. Biochemical changes during heat stress in productive animals with an emphasis on the antioxidant defense system. / D. Mylostyva et al. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2022., 10 (1), article number 2209. DOI: 10.31893/jabb.22009.

12. Effects of heat stress on energetic metabolism of lactating Holstein cows / J. Wheelock et al. *Journal of Dairy Science*. 2010. Vol. 93. Issue 2. P. 644–655. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2295>.

13. Heat stress in lactating dairy cows : a review / C. T. Kadzere et al. *Livestock Production Science*, 2002. 77 (1), 59–91. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X).

14. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals : A review / R. Das et al. *Veterinary World*. 2016. 9 (3), 260–268. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>.

15. Mylostyvyi, R. The effect of prolonged heat stress on haematological parameters of Holstein cows. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 2024. Vol. 16. No. 1. P. 59–69. <https://doi.org/10.31548/veterinary1.2025.59>.

16. Polsky, L., von Keyserlingk, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100. Issue 11. P. 8645–8657. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>.

17. St-Pierre, N. R., Cobanov, B., Schnitkey, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*. 2003. Vol. 86. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5).

18. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle / U. Bernabucci et al. *Journal of Dairy Science*. 2014. 97 (1). P. 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>.

19. The relationship between warm weather and milk yield in Holstein cows / R. Mylostyvy et al. *World's Veterinary Journal*. 2023. 13 (1), 134–143. DOI: 10.54203/scil.2023.wvj14.

20. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate / R. Bouraoui et al. *Animal Research*, 2002. Vol. 51. No. 6. P. 479–491. <https://doi.org/10.1051/animres:2002036>.

21. Ways to reduce the impact of the external environment in summer on the milk productivity of cows / A. Zolotarov et al. 2023. *Scientific Horizons*,

21. Ways to reduce the impact of the external environment in summer on the milk productivity of cows / A. Zolotarov et al. 2023. *Scientific Horizons*, 26(4), 9–20. DOI: 10.48077/scihor4.2023.09.

22. West, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003. Vol. 86. Issue 6. P. 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X).

26(4), 9–20. DOI: 10.48077/scihor4.2023.09.

22. West, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003. Vol. 86. Issue 6. P. 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X).

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-12

Оригінальна наукова стаття

УДК 636.2:577.125

**ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТУ ВІДГОДІВЕЛЬНИХ БУГАЙЦІВ
ЗА ВВЕДЕННЯ У ЇХ РАЦІОН ДЖЕРЕЛ
ЕСЕНЦІАЛЬНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ І ПРЕПАРАТІВ СЕЛЕНУ****О. Б. Дяченко, Й. Ф. Рівіс, Г. В. Тесак**

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

Про авторів:

Олександр ДЯЧЕНКО,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-9140-841X

Йосип РІВІС,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-6249-3440

Галина ТЕСАК
ORCID: 0000-0003-3356-7380

Для листування:

Олександр ДЯЧЕНКО
e-mail: o.b.dyachenko@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:

11 серпня 2025 р.

Погоджено до друку:

16 вересня 2025 р.

Опубліковано:

30 грудня 2025 р.

Висвітлено результати дослідження впливу введення до раціону відгодівельних бугайців джерел поліненасичених жирних кислот родин ω -3 та ω -6, а також препарату селену на інтенсивність росту тварин і нутрицевтичну цінність яловичини. Експеримент було проведено у зимово-стійловий період на 30 головах бугайців поліської м'ясної породи, яких методом аналогів розподілено на контрольну та дві дослідні групи. Упродовж 60 діб тварини дослідних груп отримували суміш лляної та соняшникової олій, а друга дослідна група додатково – селеніт натрію. Результати досліджень засвідчили, що введення олій сприяло зростанню рівня α -ліноленової кислоти в раціоні у 2,2 разу, що дозволило знизити співвідношення ω -6/ ω -3 з 5,13:1 до 2,72:1 – показника, наближеного до рекомендованого для здорового харчування. Водночас включення селеніту натрію забезпечило зростання кількості селену в раціоні до фізіологічно виправданого рівня. Було зафіксовано достовірну ($P < 0,001$) різницю у середньодобових приростах маси тіла: тварини I та II дослідних груп перевищували контрольну відповідно на 73,4 та 93,4 г. Отримані дані свідчать про ефективність запропонованого підходу до збагачення раціону як засобу підвищення м'ясної продуктивності та поліпшення біологічної цінності яловичини, що є актуальним у контексті концепцій «Єдиного здоров'я» та забезпечення якості харчових продуктів.

Ключові слова: бугайці, поліненасичені жирні кислоти, селен, інтенсивність росту, нутрицевтична цінність, годівля.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Дяченко О. Б., Рівіс Й. Ф., Тесак Г. В., 2025

Growth performance of fattening young bulls with dietary supplementation of essential fatty acids and selenium preparations

Institute of Agriculture of Carpathian
Region of NAAS

*Hrushevskoho street, 5,
Obroshyne village, Lviv district,
Lviv region, 81115*

About authors:

Oleksandr DIACHENKO

ORCID: 0000-0002-9140-841X

Yosyp RIVIS

ORCID: 0000-0002-6249-3440

Halyna TESAK

ORCID: 0000-0003-3356-7380

For corresponding:

Oleksandr DIACHENKO

e-mail: o.b.dyachenko@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:

August 4, 2025

Accepted:

September 16, 2025

Published:

December 30, 2025

The article presents the results of a study on the effects of supplementing the diets of fattening young bulls with sources of omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids and a selenium preparation on growth intensity and the nutraceutical value of beef. The experiment was conducted during the winter stall period on 30 Polissia beef breed bulls, 15–16 months of age, divided into control and two experimental groups using the method of analogs. For 60 days bulls in the experimental groups received a mixture of flaxseed and sunflower oils; in addition, the second experimental group received sodium selenite. The results showed that oil supplementation significantly increased α -linolenic acid intake by 2.2 times, reducing the ω -6/ ω -3 ratio from 5.13:1 to 2.72:1 – a value close to that recommended for a balanced diet. The inclusion of sodium selenite elevated selenium intake to physiologically adequate levels. A statistically significant difference ($P < 0.001$) was recorded in the average daily weight gain: bulls in the first and second experimental groups outperformed the control by 73.4 g and 93.4 g, respectively. These findings confirm the effectiveness of the proposed dietary strategy for enhancing both meat productivity and the biological value of beef. This approach aligns with the principles of the “One Health” concept and addresses current priorities in ensuring food quality and human health.

Keywords: bulls, polyunsaturated fatty acids, selenium, growth intensity, nutraceutical value, feeding.

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

Вступ. Упродовж останніх десятиліть у світовому науковому та суспільному просторі зростає усвідомлення важливості впливу раціону харчування на стан здоров'я людини. У розвинених країнах дедалі більше уваги приділяють вивченню зв'язку між споживанням продуктів тваринного походження та ризиками розвитку хронічних неінфекційних захворювань, зокрема серцево-судинних, метаболічних та онкологічних [18, 20, 29]. У зв'язку з цим актуальними стають питання не лише кількісного забезпечення населення харчовими продуктами, але й їх якісних характеристик, зокрема вмісту есенціальних нутрієнтів, включаючи жирні кислоти, мікроелементи та біологічно активні речовини [8, 17].

Одним із ключових елементів забезпечення здоров'я населення є

виробництво безпечної, екологічно чистої та збалансованої за своїм складом сільськогосподарської продукції. Відповідно міжнародні організації, такі як Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), Всесвітня організація охорони здоров'я тварин (WOAH/МЕБ) та Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (ФАО), розробили програми «One Health» («Єдине здоров'я») та «Global Health Security Agenda» («Глобальна безпека здоров'я»), що підкреслюють нерозривний зв'язок між здоров'ям людини, тварин та станом навколишнього середовища. Згідно з цими концепціями, контроль якості та безпечності харчових продуктів має здійснюватися на всіх етапах – від вирощування сільськогосподарських тварин до доставки продукції на стіл

споживача, тобто за принципом «з лану до столу» [1, 19, 26].

У цьому контексті особливу увагу науковців привертає м'ясо як джерело цінного білка, амінокислот, вітамінів групи В, а також жирних кислот. Однак сучасні підходи до оцінки харчової якості м'яса передбачають також дослідження його жирнокислотного профілю, зокрема вмісту незамінних поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) родин ω -3 і ω -6, які відіграють ключову роль у регуляції фізіологічних процесів в організмі людини [7, 9, 22]. Жирні кислоти цих родин є попередниками простагландинів, тромбосанів, лейкотриєнів та інших сигнальних молекул, беруть участь у формуванні структур клітинних мембран, регулюють запальні процеси, впливають на імунітет, серцево-судинну систему та нейрогуморальну регуляцію [21, 28].

Проте варто зазначити, що м'ясо великої рогатої худоби зазвичай характеризується низьким вмістом ПНЖК, що зумовлено як раціоном годівлі, так і фізіологічними особливостями процесу травлення у жуйних тварин [12, 14, 31]. У рубці під впливом мікрофлори відбувається інтенсивна біогідрогенізація поліненасичених жирних кислот до насичених або мононенасичених форм, що знижує їх кількість у тканинах тварин, зокрема у м'язах і печінці [11, 13, 31]. Водночас вміст есенціальних ω -3 і ω -6 кислот в яловичині значно поступається відповідному показнику у м'ясі риб або деяких видів птиці [11, 12, 31].

У відповідь на ці виклики у багатьох країнах світу ведуть інтенсивні дослідження для розробки ефективних способів модифікації жирнокислотного складу яловичини. Зокрема, до раціону великої рогатої худоби вводять джерела ПНЖК рослинного походження (лляна, ріпакова, соєва, соняшникова олії), застосовують технології захисту жирів від біогідрогенізації, наприклад, у формі кальцієвих солей жирних кислот, мікрокапсул, гранул тощо [23, 25, 27]. Такі підходи сприяють підвищенню вмісту

есенціальних жирних кислот у м'ясі, поліпшуючи його біологічну цінність та вплив на здоров'я споживачів.

Поряд із жирними кислотами важливим мікроелементом, який впливає на метаболізм ліпідів та антиоксидантний статус організму, є селен. Дефіцит цього мікроелемента, характерний для багатьох регіонів України, зокрема Карпатського [2, 5], може мати негативний вплив на функціонування щитоподібної залози, імунну відповідь та продуктивність тварин [15, 24]. Селен є компонентом понад тридцяти селенопротеїнів, зокрема ферментів глутатіонпероксидазної системи, які забезпечують антиоксидантний захист клітин [10, 30]. У тваринництві встановлено, що згодовування добавок селену може впливати на показники росту, метаболізм жирів, вміст холестеролу, а також на якість продукції тваринного походження [6, 16].

Метою дослідження є вивчення комбінованого збагачення раціонів відгодівельних бугайців джерелами поліненасичених жирних кислот та селену як ефективної стратегії для підвищення їх м'ясної продуктивності та поліпшення біологічної (нутрицевтичної) цінності яловичини.

Матеріали і методи. Дослідження проведено у зимово-стійловий період на 30 головах відгодівельного молодняку ВРХ 15–16-місячного віку поліської м'ясної породи у ФГ «Білак» Самбірського р-ну Львівської обл.

Методом аналогів відгодівельних бугайців було поділено на три групи. У підготовчий період (20 діб) контрольна та дві дослідні групи тварин отримували основний раціон. У період проведення досліджень (60 діб) бугайцям I і II дослідних груп до основного раціону додавали визначену в наших попередніх дослідженнях оптимальну кількість суміші лляної і соняшникової олій (відповідно 65 і 35 мл/гол./добу) та доксан (2 мг/кг маси тіла). Крім того, друга дослідна група відгодівельних тварин додатково отримувала разом із комбікормом селен у

формі селеніту натрію у кількості 2,64 мг, що є оптимальною дозою, визначеною в наших попередніх дослідженнях. Обліковий період становив 60 діб. Схему досліду представлено в табл. 1.

На початку та в кінці досліду було визначено масу тіла піддослідних тварин. Вміст жирних кислот родин ω -6 і ω -3 у

кормах раціону та використаних у досліді соняшниковій і лляній оліях було визначено методом газової хроматографії [3] за допомогою приладу «Chrom-5», вміст селену – методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії [4] за допомогою приладу Selmi C-115 M1.

1. Схема досліду

Група тварин	Кількість тварин	Характер годівлі
Контрольна	10	Основний раціон (ОР)
I дослідна	10	ОР + лляна олія (65 мл/гол./добу) + соняшникова олія (35 мл/гол./добу) + доксан
II дослідна	10	ОР + лляна олія (65 мл/гол./добу) + соняшникова олія (35 мл/гол./добу) + доксан + селеніт натрію (2,64 мг)

Результати дослідження було проаналізовано за допомогою варіаційно-статистичного методу з використанням t-критерію Стюдента. Розраховували середні значення (M) та стандартні похибки середніх ($\pm m$). Статистично значущими вважали відмінності за рівня ймовірності $P < 0,05$. Усі обчислення виконували з використанням програмного забезпечення MS Excel 2003.

Результати та обговорення. Рациональне збагачення кормів джерелами поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) і

мікроелементами є важливою складовою сучасних підходів до підвищення якості продукції тваринництва. У рамках проведеного досліду було проаналізовано жирнокислотний склад використаних добавок, вміст есенціальних нутрієнтів у раціонах, а також динаміку росту піддослідних тварин.

Аналіз жирнокислотного складу олій, використаних для збагачення раціонів, засвідчив суттєві відмінності між лляною та соняшnikовою оліями (табл. 2).

2. Жирнокислотний склад використаних у досліді лляної та соняшnikової олій, %

Жирні кислоти та їх код	Лляна олія	Соняшnikова олія
Лауринова, 12:0	0,1	0,1
Міристинова, 14:0	0,2	0,1
Пентадеканова, 15:0	0,3	0,4
Пальмітинова, 16:0	5,4	5,8
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,1	0,1
Стеаринова, 18:0	3,1	3,3
Олеїнова, 18:1	16,6	29,8
Лінолева, 18:2	14,2	58,4
α -ліноленова, 18:3	59,4	0,9
Арахінова, 20:0	0,5	0,9
Ейкозаснова, 20:1	0,1	0,2

Лляна олія характеризувалася високим вмістом α -ліноленової кислоти

(59,4 %), яка належить до ω -3 ПНЖК, що мають виражену протизапальну й

кардіопротекторну дію. Тоді як соняшникова олія, навпаки, мала високий вміст лінолевої кислоти (58,4 %), яка належить до родини ω -6. Така комплементарність забезпечує можливість корекції жирнокислотного профілю раціонів для досягнення оптимального співвідношення ω -6 до ω -3 кислот, що є

ключовим показником якості ліпідного харчування.

У подальшому було визначено кількісний вміст лінолевої й α -ліноленової жирних кислот, а також селену в основних компонентах базового раціону бугайців (табл. 3).

3. Вміст лінолевої (ω -6) і α -ліноленової (ω -3) кислот та селену в кормах раціону піддослідних тварин

Корми раціону (кг)	Вміст		
	лінолевої кислоти, г	α -ліноленової кислоти, г	селену, мг
Сіно злаково-бобове, 4,0	18,4	4,2	0,10
Сінаж злаково-бобовий, 10,0	48,8	17,8	0,22
Комбікорм, 4,0	69,6	4,8	1,84
Брага пшенична, 20,0	9,8	1,8	1,02
М'яса, 0,5	0,0	0,0	0,01
Вода, 50,0	0,0	0,0	0,01
Разом	146,6	28,6	3,20

Основними джерелами лінолевої кислоти виступили комбікорм (69,6 г) і сінаж (48,8 г), тоді як найбільший вміст α -ліноленової зафіксовано у сінажі (17,8 г). Загальна кількість селену у базовому раціоні становила 3,20 мг, що перебуває на нижній межі фізіологічної норми і є нижче від рекомендованої потреби відгодівельного молодняка м'ясних порід великої рогатої худоби згідно з нормами

NRC (0,3 мг селену/кг сухої маси корму) на 0,88 мг, або 21,6 %.

Введення суміші лляної та соняшникової олій до раціону тварин I та II дослідних груп сприяло істотному підвищенню вмісту α -ліноленової кислоти до 63,6 г, що майже у 2,2 разу перевищувало відповідний показник контрольної групи (табл. 4).

4. Вміст лінолевої і α -ліноленової кислот та селену у раціоні піддослідних бугайців

Показник	Група		
	контрольна	I дослідна	II дослідна
Ліолева, г	146,6	173,3	173,3
α -ліноленова, г	28,6	63,6	63,6
Селен, мг	3,20	3,20	4,40
ω -6/ ω -3	5,13:1	2,72:1	2,72:1

Як наслідок, співвідношення ω -6/ ω -3 знизилося з 5,13:1 до 2,72:1, що відповідає рекомендаціям щодо раціонального харчування. Додаткове введення селеніту натрію в II дослідній групі забезпечило підвищення загального вмісту селену до 4,4 мг, що створює передумови для

поліпшення антиоксидантного статусу організму тварин.

Зростання вмісту α -ліноленової і лінолевої кислот та селену у раціоні відгодівельних бугайців у заключний період їх вирощування приводить до підвищення інтенсивності їх росту (табл. 5).

5. Інтенсивність росту піддослідного молодняку ВРХ ($M \pm m$, $n = 10$)

Група тварин	Маса тіла бугайців, кг		Середньодобовий приріст маси тіла бугайців, г
	на початку досліду	у кінці досліду	
Контрольна	438,8 $\pm$ 2,49	501,7 $\pm$ 3,20	1048,3 $\pm$ 13,93
I дослідна	437,9 $\pm$ 2,37	505,2 $\pm$ 3,13	1121,7 $\pm$ 13,16***
II дослідна	438,5 $\pm$ 2,41	507,0 $\pm$ 3,10	1141,7 $\pm$ 12,48***

Примітка: * $P < 0,05$, ** $P < 0,00$, *** $P < 0,001$.

З даних таблиці видно, що за дослідний період тварини I і II дослідних груп порівняно з контрольними аналогами мають вищі прирости маси тіла відповідно на 73,4; 93,4 г. Отримані результати вказують на покращення використання поживних речовин, імовірно, внаслідок вищої біологічної цінності раціонів та поліпшення метаболізму ліпідів.

Висновки. Установлено, що використання лляної та соняшникової олій як джерел ω -3 та ω -6 поліненасичених жирних кислот дозволяє ефективно модифікувати ліпідний склад раціонів бугайців, зокрема істотно підвищити надходження α -ліноленової кислоти та знизити співвідношення ω -6/ ω -3 до фізіологічно оптимального рівня.

Основні компоненти базового раціону мали обмежену концентрацію α -ліноленової кислоти та селену, що обґрунтовує доцільність введення додаткових джерел цих нутрієнтів для

забезпечення біологічної повноцінності кормів.

Додавання селеніту натрію до раціону тварин II дослідної групи сприяло підвищенню загального рівня споживання селену, що має потенціал для поліпшення антиоксидантного статусу організму й метаболічного гомеостазу.

Результати росту бугайців підтверджують позитивний вплив модифікованого раціону на м'ясну продуктивність: у тварин I та II дослідних груп було зафіксовано достовірно вищі середньодобові прирости маси тіла порівняно з контролем відповідно на 73,4; 93,4 г.

Застосування комбінованого збагачення раціонів джерелами поліненасичених жирних кислот та селену слід розглядати як ефективну стратегію для підвищення біологічної (нутрицевтичної) цінності яловичини, що відповідає сучасним вимогам харчування людини.

Список використаної літератури

1. Гадзало Я. М. Вирішення проблеми продовольчої безпеки України в контексті реалізації спільної стратегії МЄБ, ВООЗ та ФАО «Єдине здоров'я». *Ветеринарна медицина*. 2014. Вип. 103. С. 5–7.
2. Інформаційна база даних хімічного складу кормів України для організації обґрунтованої годівлі сільськогосподарських тварин / Г. О. Богданов та ін. Харків : ІТ УААН, 2010. 214 с.
3. Кількісні хроматографічні методи визначення окремих ліпідів і жирних кислот у біологічному матеріалі : метод. посіб. / Й. Ф. Рівіс та ін. Вид. 2-ге, уточн. та доп. Львів : СПОЛОМ, 2017. 160 с.
4. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / В. В. Влізла та ін. ; за ред. В. В. Влізла. Львів, 2012. 764 с.
5. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / УААН, Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім.

References

1. Hadzalo Ya. M. Solving the problem of food security of Ukraine in the context of the implementation of the joint strategy of the OIE, WHO and FAO «United Health». *Veterynarna medytsyna*. 2014. Issue 103. P. 5–7.
2. Information database of chemical composition of feed in Ukraine for the organization of sound feeding of farm animals / H. O. Bohdanov et al. Kharkiv : IT UAAN, 2010. 214 p.
3. Quantitative chromatographic methods for the determination of individual lipids and fatty acids in biological material : metod. posib. / Y. F. Rivis et al. Vyd. 2-he, utochn. ta dop. Lviv : SPOLOM, 2017. 160 p.
4. Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine : handbook / V. V. Vlizla et al. ; za red. V. V. Vlizla. Lviv, 2012. 764 p.
5. Background content of microelements in the soils of Ukraine / UAAN, Natsionalnyi naukovyi tsentr

О. Н. Соколовського» ; ред. А. І. Фатєєв, Я. В. Пашенко. Харків, 2003. 117 с.

6. Шаповалов С. О. Теоретичні та практичні аспекти ролі есенційних, біогенних, біофільних мікроелементів у організмі тварин. *Біологія та валеологія*. 2011. Вип. 13. С. 69–79.

7. A modelling approach to investigate the impact of consumption of three different beef compositions on human dietary fat intakes / Y. M. Lenighan et al. *Public Health Nutr.* 2020. Vol. 23, issue 13. P. 2373–2383. DOI: 10.1017/S1368980019003471.

8. A review on role of essential trace elements in health and disease / L. Prashanth et al. *Journal of Dr. NTR University of Health Sciences*. 2015. Vol. 4, № 2. P. 75–85. DOI: 10.4103/2277-8632.158577.

9. Bioactivity and health effects of ruminant meat lipids. Invited Review / P. Vahmani et al. *Meat Sci.* 2020. Vol. 165. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108114.

10. Dietary selenium across species / X. G. Lei et al. *Annual Review of Nutrition*. 2022. Vol. 42. P. 337–375. DOI: 10.1146/annurev-nutr-062320-121834.

11. Differential partitioning of rumen-protected *n*-3 and *n*-6 fatty acids into muscles with different metabolism / C. Wolf et al. *Meat Science*. 2018. Vol. 137. P. 106–113. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.11.007.

12. Doreau M., Bauchart D., Chilliard Y. Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. *Animal Production Science*. 2011. Vol. 51. P. 19–29. DOI: 10.1071/AN10043.

13. Effect of supplementing flaxseed oil on growth and carcass traits of Friesian bulls / M. A. El-Hamd et al. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 2021. Vol. 72, № 3. P. 3151–3162. DOI: 10.12681/jhvms.28509.

14. Effects of feeding flaxseed or sunflower-seed in high-forage diets on beef production, quality and fatty acid composition / C. Mapiye et al. *Meat Science*. 2013. Vol. 95, issue 1. P. 98–109. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.03.033.

15. Effects of mineral supplementation on qualitative beef parameters / T. V. Farionik et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2023. Vol. 14, № 1. P. 64–69. DOI: 10.15421/022310.

16. Enjalbert F., Lebreton P., Salat O. Effects of copper, zinc and selenium status on performance and health in commercial dairy and beef herds: retrospective study. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2006. Vol. 90, issue 11–12. P. 459–466. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2006.00627.x.

17. Fatty acid composition of grain- and grass-fed beef and their nutritional value and health implication / K. M. C. Nogoy et al. *Food Sci. Anim. Resour.* 2022. Vol. 42, issue 1. P. 18–33. DOI: 10.5851/kosfa.2021.e73.

18. Fatty acids modulate cytokine and chemokine secretion of stimulated human whole blood cultures in diabetes / M. C. Simon et al. *Clin. Exp. Immunol.* 2013. Vol. 172, issue 3. P. 383–393. DOI: 10.1111/cei.12071.

19. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems / W. Willett et al. *Lancet*. 2019. Vol. 393, issue

«Instytut gruntoznawstwa ta ahrokhimii im. O. N. Sokolovskoho» ; red. A. I. Fatieiev, Y. V. Pashchenko. Kharkiv, 2003. 117 p.

6. Shapovalov S. O. Theoretical and practical aspects of the role of essential, biogenic, biophilic trace elements in the animal body. *Biolohiia ta valeolohiia*. 2011. Issue 13. P. 69–79.

7. A modelling approach to investigate the impact of consumption of three different beef compositions on human dietary fat intakes / Y. M. Lenighan et al. *Public Health Nutr.* 2020. Vol. 23, issue 13. P. 2373–2383. DOI: 10.1017/S1368980019003471.

8. A review on role of essential trace elements in health and disease / L. Prashanth et al. *Journal of Dr. NTR University of Health Sciences*. 2015. Vol. 4, no. 2. P. 75–85. DOI: 10.4103/2277-8632.158577.

9. Bioactivity and health effects of ruminant meat lipids. Invited Review / P. Vahmani et al. *Meat Sci.* 2020. Vol. 165. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108114.

10. Dietary selenium across species / X. G. Lei et al. *Annual Review of Nutrition*. 2022. Vol. 42. P. 337–375. DOI: 10.1146/annurev-nutr-062320-121834.

11. Differential partitioning of rumen-protected *n*-3 and *n*-6 fatty acids into muscles with different metabolism / C. Wolf et al. *Meat Science*. 2018. Vol. 137. P. 106–113. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.11.007.

12. Doreau M., Bauchart D., Chilliard Y. Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. *Animal Production Science*. 2011. Vol. 51. P. 19–29. DOI: 10.1071/AN10043.

13. Effect of supplementing flaxseed oil on growth and carcass traits of Friesian bulls / M. A. El-Hamd et al. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 2021. Vol. 72, no. 3. P. 3151–3162. DOI: 10.12681/jhvms.28509.

14. Effects of feeding flaxseed or sunflower-seed in high-forage diets on beef production, quality and fatty acid composition / C. Mapiye et al. *Meat Science*. 2013. Vol. 95, issue 1. P. 98–109. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.03.033.

15. Effects of mineral supplementation on qualitative beef parameters / T. V. Farionik et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2023. Vol. 14, no. 1. P. 64–69. DOI: 10.15421/022310.

16. Enjalbert F., Lebreton P., Salat O. Effects of copper, zinc and selenium status on performance and health in commercial dairy and beef herds: retrospective study. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2006. Vol. 90, issue 11–12. P. 459–466. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2006.00627.x.

17. Fatty acid composition of grain- and grass-fed beef and their nutritional value and health implication / K. M. C. Nogoy et al. *Food Sci. Anim. Resour.* 2022. Vol. 42, issue 1. P. 18–33. DOI: 10.5851/kosfa.2021.e73.

18. Fatty acids modulate cytokine and chemokine secretion of stimulated human whole blood cultures in diabetes / M. C. Simon et al. *Clin. Exp. Immunol.* 2013. Vol. 172, issue 3. P. 383–393. DOI: 10.1111/cei.12071.

10170. P. 447–492. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4.

20. Hartigh L. J. Conjugated linoleic acid effects on cancer, obesity, and atherosclerosis: a review of pre-clinical and human trials with current perspectives. *Nutrients*. 2019. Vol. 11, issue 2. P. 370. DOI: 10.3390/nu11020370.

21. Kang J. X., Weylandt K. H. Modulation of inflammatory cytokines by omega-3 fatty acids. *Lipids in Health and Disease*. 2008. Vol. 49. P. 133–143. DOI: 10.1007/978-1-4020-8831-5_5.

22. Normand J., Gruffat D. Fattening cattle with grass-based diets improves the nutritional quality of fatty acids in beef. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2023. Vol. 58, № 1. P. 53–69. DOI: 10.1016/j.cnd.2022.07.004.

23. Omega 3 blends of sunflower and flaxseed oil – modeling chemical quality and sensory acceptability / R. Romanić et al. *Foods*. 2024. Vol. 13, issue 23. P. 1–18. DOI: 10.3390/foods13233722.

24. Palomares R. A. Trace minerals supplementation with great impact on beef cattle immunity and health. *Animals*. 2022. Vol. 12, issue 20. P. 1–21. DOI: 10.3390/ani12202839.

25. Productive and physiological responses of feedlot cattle receiving different sources of Ca salts of fatty acids in the finishing diet / R. F. Cooke et al. *Journal of Animal Science*. 2023. Vol. 101. DOI: 10.1093/jas/skac404.

26. Review: Quality of animal-source foods / S. Prache et al. *Animal*. 2022. Vol. 16. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100376.

27. Sequential feeding of lipid supplement enriches beef adipose tissues with 18:3 n-3 biohydrogenation intermediates / P. Vahmani et al. *Lipids*. 2017. Vol. 52, № 7. P. 641–649. DOI: 10.1007/s11745-017-4259-9.

28. Serum polyunsaturated fatty acids correlate with serum cytokines and clinical disease activity in crohn's disease / E. A. Scoville et al. *Scientific Reports*. 2019. № 9. P. 1–11. DOI: 10.1038/s41598-019-39232-z.

29. Simopoulos A. P. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*. 2008. Vol. 233, № 6. P. 674–688. DOI: 10.3181/0711-MR-311.

30. The health benefits of selenium in food animals: a review / B. M. Pecoraro et al. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2022. Vol. 13, issue 1. P. 1–11. DOI: 10.1186/s40104-022-00706-2.

31. The scope for manipulating the polyunsaturated fatty acid content of beef: a review / P. Vahmani et al. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2015. Vol. 6, № 1. P. 29–41. DOI: 10.1186/s40104-015-0026-z.

19. Food in the Anthropocene: the *EAT–Lancet* Commission on healthy diets from sustainable food systems / W. Willett et al. *Lancet*. 2019. Vol. 393, issue 10170. P. 447–492. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4.

20. Hartigh L. J. Conjugated linoleic acid effects on cancer, obesity, and atherosclerosis: a review of pre-clinical and human trials with current perspectives. *Nutrients*. 2019. Vol. 11, issue 2. P. 370. DOI: 10.3390/nu11020370.

21. Kang J. X., Weylandt K. H. Modulation of inflammatory cytokines by omega-3 fatty acids. *Lipids in Health and Disease*. 2008. Vol. 49. P. 133–143. DOI: 10.1007/978-1-4020-8831-5_5.

22. Normand J., Gruffat D. Fattening cattle with grass-based diets improves the nutritional quality of fatty acids in beef. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2023. Vol. 58, no. 1. P. 53–69. DOI: 10.1016/j.cnd.2022.07.004.

23. Omega 3 blends of sunflower and flaxseed oil – modeling chemical quality and sensory acceptability / R. Romanić et al. *Foods*. 2024. Vol. 13, issue 23. P. 1–18. DOI: 10.3390/foods13233722.

24. Palomares R. A. Trace minerals supplementation with great impact on beef cattle immunity and health. *Animals*. 2022. Vol. 12, issue 20. P. 1–21. DOI: 10.3390/ani12202839.

25. Productive and physiological responses of feedlot cattle receiving different sources of Ca salts of fatty acids in the finishing diet / R. F. Cooke et al. *Journal of Animal Science*. 2023. Vol. 101. DOI: 10.1093/jas/skac404.

26. Review: Quality of animal-source foods / S. Prache et al. *Animal*. 2022. Vol. 16. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100376.

27. Sequential feeding of lipid supplement enriches beef adipose tissues with 18:3 n-3 biohydrogenation intermediates / P. Vahmani et al. *Lipids*. 2017. Vol. 52, no. 7. P. 641–649. DOI: 10.1007/s11745-017-4259-9.

28. Serum polyunsaturated fatty acids correlate with serum cytokines and clinical disease activity in crohn's disease / E. A. Scoville et al. *Scientific Reports*. 2019. No. 9. P. 1–11. DOI: 10.1038/s41598-019-39232-z.

29. Simopoulos A. P. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*. 2008. Vol. 233, no. 6. P. 674–688. DOI: 10.3181/0711-MR-311.

30. The health benefits of selenium in food animals: a review / B. M. Pecoraro et al. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2022. Vol. 13, issue 1. P. 1–11. DOI: 10.1186/s40104-022-00706-2.

31. The scope for manipulating the polyunsaturated fatty acid content of beef: a review / P. Vahmani et al. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2015. Vol. 6, no. 1. P. 29–41. DOI: 10.1186/s40104-015-0026-z.

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-13

Оглядова стаття

УДК 638.178.2

ВАЖЛИВІСТЬ ТА УНІКАЛЬНІСТЬ МАТОЧНОГО МОЛОЧКА БДЖІЛ**О. Я. Клим¹, М. І. Воробель¹, , Й. Ф. Рівіс¹, Б. В. Гутий², Ю. В. Ковальський²**

¹Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

²Львівський національний
університет ветеринарної медицини
та біотехнологій
імені С. З. Гжицького
вул. Пекарська, 50, м. Львів, 79010

Про авторів:

Олег КЛИМ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0003-3134-9558

Марія ВОРОБЕЛЬ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0003-4387-4173

Йосип РІВІС,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-6249-3440

Богдан ГУТИЙ,
доктор ветеринарних наук
ORCID: 0000-0002-5971-8776

Юрій КОВАЛЬСЬКИЙ,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-5751-5844

Для листування:

Олег КЛИМ
e-mail: klum-oleg@ukr.net

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних наук
України

Отримано:

14 липня 2025 р.

Погоджено до друку:

18 вересня 2025 р.

Опубліковано:

30 грудня 2025 р.

Актуальною проблемою бджільництва є розроблення сучасних технологій для збільшення виробництва продукції. Здійснено огляд літератури щодо цінності маточного молочка бджіл. Це біоактивний продукт, який має різнопланові лікувальні властивості, тому широко використовується в медицині, косметології та харчовій промисловості. Маточне молочко важливе для дієтичного харчування, має загальну тонізуючу дію, стимулює обмін речовин, відновлює функцію залоз внутрішньої секреції, покращує кровотворення, діяльність серця та органів травлення й активізує процеси окиснення вуглеводів, що сприяє тканинному диханню, росту тканин і розвитку органів. Дослідження підтверджують, що маточне молочко має антибактеріальні властивості, прискорює загоєння ран та проявляє радіопротекторні ефекти. Проведений аналіз літератури вказує на дуже складний хімічний склад маточного молочка, що представлений приблизно 100 різними речовинами, вміст яких коливається залежно від періодів його відбору, способів зберігання та переробки. За своїми фізичними властивостями та хімічним складом є унікальним продуктом бджільництва, що містить поживні та біоактивні речовини, які впливають на розвиток бджіл. Фізіологічна роль цих речовин в організмі бджіл та інших тварин потребує подальших досліджень.

Ключові слова: медоносні бджоли, маточне молочко, обніжжя, перга, біохімічний склад, поживні речовини, профілактика.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

The importance and uniqueness of royal milk of bees

¹Institute of Agriculture
of Carpathian Region of NAAS
*Hrushevskoho street, 5,
Obroshyne village, Lviv district,
Lviv region, 81115*

²Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies of Lviv
Pekarska St., 50, Lviv, 79010

About authors:

Oleh KLYM
ORCID: 0000-0003-3134-9558

Mariia VOROBEL
ORCID:0000-0003-4387-4173

Yosyp RIVIS
ORCID:0000-0002-6249-3440

Bogdan GUTYJ
ORCID: 0000-0002-5971-8776

Yurii KOVALSKYI
ORCID: 0000-0002-5751-5844

For corresponding:

Oleh KLYM
e-mail: klum-oleg@ukr.net

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:
July 14, 2025
Accepted:
September 18, 2025
Published:
December 30, 2025

One of the urgent problems of beekeeping is the development of modern technologies to increase production, in particular, of the royal jelly. The work provides a review of the literature on the uniqueness of bee royal jelly. Royal jelly is a biologically active product of beekeeping, which has numerous medicinal properties and is widely used in medicine, cosmetology and the food industry. This product also plays an important role in dietary nutrition. It has a general tonic effect, stimulates metabolism, restores the function of endocrine glands, improves hematopoiesis and activity of the heart and digestive organs, increases oxygen consumption by tissues and activates carbohydrate oxidation processes, which promotes tissue respiration and tissue growth as well as organ development. Studies confirm that royal jelly has antibacterial properties, accelerates wound healing and has radioprotective effects. Analysis of the literature indicates a very complex chemical composition of royal jelly, which is represented by about 100 different substances, the content of which varies depending on the periods of its selection, methods of storage, and processing. Due to its physical properties and chemical composition, bee royal jelly is a unique product of beekeeping, containing many nutrients and biologically active substances that affect the development of bees. The physiological role of these substances in the body of bees and other animals requires further research.

Keywords: honeybees, royal jelly, bee pollen, perga, biochemical composition, nutrients, prevention.

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

Вступ. Бджільництво – важлива галузь сільського господарства, яка розвивається. Окрім того, бджоли є одним з маркерів екобезпеки ландшафту. Ці комахи є запилювачами багатьох культур і дикорослих рослин-медоносів, чим підтримують екослужби в агроландшафтах [8, 18]. Продукція бджільництва є джерелом значної кількості біоактивних речовин – регуляторів фізіологічних функцій в організмі людей, а також використовується в різних галузях

промисловості, фармації тощо. Особливо цінним в цьому відношенні є маточне молочко бджіл, яке крім поживних речовин, містить значну кількість антиоксидантів, імуностимуляторів, антидепресантів, гормонів, низькомолекулярних органічних компонентів різної хімічної будови. Наукові джерела вказують на значний різнобічний інтерес до маточного молочка. Вчені вважають, що збільшення виробництва молочка підвищить

ефективність ведення бджільництва в цілому [4, 12].

Маточне молочко – продукт, що секретується верхньощелепними та глотковими гіпофаренгіальними залозами молодих робочих бджіл у віці від 6 до 10 дня життя та виділяють його у спеціальні комірочки (маточники), де розвиваються матки бджіл [17]. Молочко є непрозорою масою білого кольору з кремовим відтінком гелеподібної консистенції зі специфічним фенольним запахом, має виразний солодкуватий чи кислуватий смак, рН 3,4–4,5, густину 1,1 г/мл, в'язку структуру. Унікальність його в тому, що у бджололиному вулику цим продуктом годують личинки, які за споживання цього корму швидко розвиваються, а завдяки специфічному складу молочка в маточнику народжується бджоломатка.

Хімічний склад маточного молочка представлений близько 100 різними речовинами, вміст яких коливається залежно від періодів його відбору, способів зберігання, переробки. Свіжозібране маточне молочко у своєму складі містить води – 65–70, білків – 14–18, цукрів – 7–18, ліпідів – 3–8, вуглеводів – 1,7–5,7 та 0,7–1,2 % мінеральних речовин, вітамінів і незамінних амінокислот [17]. Склад та властивості маточного молочка бджіл залежать також від рослинного різноманіття, географічного розташування та екобезпеки території, на яких утримуються пасіки. Порівнюючи протеїни маточного молочка з продуктами споживання людиною слід зазначити він схожий на білки курячого м'яса, яйця або звичайного коров'ячого молока. Найвищий вміст корисних речовин має маточне молочко, саме тому бджолярі його називають «королівське желе».

У білках маточного молочка основну частину займають гама-глобуліни, які відповідають за противірусні, протимікробні й антитоксичні функції та позитивно впливають на загальну резистентність усього організму. Також у наукових публікаціях вказано, що до складу маточного молочка входять не лише

амінокислоти, а також неідентифіковані сполуки [20]. Так, зокрема, амінокислотний склад маточного молочка включає 17 амінокислот з яких 8 є незамінних, а також 5 неідентифікованих споріднених сполук. Це валін (1,6 %), гліцин (3,0 %), ізолейцин (1,6 %), лейцин (3,0 %), пролін (3,9 %), треонін (2,0 %), серин (2,9 %), метіонін (3,7 %), фенілаланін (0,5 %), аспарагінова кислота (2,8 %), глутамінова кислота (8,3 %), тирозин (4,9 %), лізин (2,9 %), аргінін (3,3 %) і триптофан (3,4 %) [14]. Іншими науковими дослідженнями при використанні рідинної хроматографії (UPLC) було розділено та кількісно визначено 26 амінокислот маточного молочка. Результати показали, що кількість вільних та загальних амінокислот у свіжому молочку є значно вищий, ніж при зберіганні, що вказує на те, що дані амінокислоти можна використовувати, як параметр якості маточного молочка [24].

Маточне молочко бджіл містить різні вітаміни, такі як В₁ (тіамін), В₂ (рибофлавін), В₃ (нікотинова кислота), В₅ (пантотенова кислота), В₆ (піридоксин), В₇ (біотин), В₈ (інозит), В₉ (фолієва кислота), С (аскорбінова кислота) та РР (ніацин) у різних пропорціях. Серед високого вмісту вітамінів групи В маточного молочка, виділена нікотинова та пантотенова кислоти, піридинові з'єднання, які входять в склад вітаміну фолієвої кислоти, що є важливим для кровотворення та деяких процесів обміну речовин. Наявні у маточному молочку гамма-глобуліни та вітамін В₅ необхідні для синтезу і метаболізму білків, жирів, вуглеводів та деяких гормонів. Виявлені також сполуки молочка, які включають кілька нуклеотидів у вигляді вільних основ (аденозин, уридин, гуанозин, іридин і цитидин) і фосфати, такі як аденозин 5'-монофосфат (АМФ), аденозин 5'-дифосфат (АДФ) і аденозин 5'-трифосфат (АТФ). Відомо, що нуклеїнові кислоти маточного молочка мають важливе значення в процесах синтезу речовин, зокрема сприяють регенерації клітин [33].

У маточному молочку знаходиться лізоцин, який стимулює утворення антитіл, бере участь в антимікробних та імуномодельюючих активностях. Свіжо відібране молочко при контакті з повітрям і температурі 15 °C жовтіє та погіршується його якість, що зумовлено наявністю альбумінів та впливом навколишнього середовища. Важливо розуміти, що обезводнене або за порушення умов зберігання, молочко втрачає свої корисні властивості. Відповідно натуральний продукт – нативне бджолине маточне молочко вимагає певних умов зберігання тільки при мінусовій температурі і в термоупаковці без доступу сонячного світла та повітря.

Вуглеводний склад маточного молочка в основному представлений моносахаридами. У свіжому продукті частка цукру займає від 7 до 18 % від загальної кількості та близько 30 % від сухої речовини [29]. Концентрація фруктози (2,3–7,6 %, середнє значення 4,9 %) і глюкоза (2,9–8,1 %, середнє значення 5,5 %) [28]. Відмінності зустрічаються у мінорних цукрах, які відіграють провідну роль [9, 28]. Сахароза завжди присутня, але часто у змінних концентраціях: менше як 0,1–2,1 %, середнє значення 1,0 % [41], 0,8–3,6 %, середнє значення 1,87 % [42], 0,0–1,6 %, середнє значення 0,6 % [5].

Дослідженнями проведеними у Франції встановлено, що сахароза та ерлоза маточного молока становить від 0,0 до 1,8 % та 0,0–0,4 %, відповідно, досягають 3,9 та 2,0 % у деяких комерційних зразках та 7,7 та 1,7 % у виробленому молочку при годівлі цукровою тростиною. Мальтоза та мальтотріоза становить 0,0–1,0 % та 0,0–0,2 % у французькому молочку, і досягають рівня 2,6 та 0,4 % у комерційних зразках, а при додатковій годівлі бджіл можна досягти 5,5 % і 1,7 %. Дані результати зумовлені впливом різних типів годівлі [33]. Також були виявлені інші цукри, такі як галактоза, маніт, мальтулоза, тураноза, трегалоза, палатіноза, ізомальтоза, гентіобіоза та мелезитоза, а

також глюконова кислота (продукт окислення глюкози) [28, 34].

До мінерального складу маточного молочка входять такі макро- і мікроелементи, як калій, натрій, кальцій, фосфор, магній, манган, купрум, аргентум та аурум, проте найбільше в його складі цинку, феруму і кобальту. Коливання мінерального складу свіжого маточного молочка становить 0,8–3 % [27]. Також є і сліди мінеральних елементів (0,01–1 мг/100 г) Ni, Cr, Sn, W, Sb, Ti і Bi. Основні елементи представлені в порядку зниження концентрації: K, Ca, Na, Mg, Zn, Fe, Cu і Mn [9]. Кількість елементів коливається від місця знаходження пасіки (фактори середовища, кормова база, період одержання), а також від біологічних факторів бджіл. При дослідженні мікро- і макроелементів важливим результатом було гомеостатичне коригування їх концентрації. Цей ефект забезпечувався внутрішньою секрецією бджіл годувальниць. Дослідження дало змогу встановити, що маточне молочко комах має таку саме гомеостатичну дію, як молоко ссавців та людей [38].

Дослідженнями [18] виявлено зміну хімічного складу та вмісту мінеральних елементів маточного молочка бджіл залежно від часу його збору. Дані дослідження проводили в осінній період в бджологосподарстві на п'ятьох вуликах з ізольованими матками для одержання одновікових яєць, які надалі будуть переноситись в мисочки стандартним методом. Вологість цього продукту бджільництва знижувалась на 20,6 %, а протеїн зростав на початку досліду, а такий важливий показник як 10-гідрокси-2-деценева кислота знижувалась, що вказує на фізіологічно здоровий розвиток личинок.

Важливе значення біологічної активності молочка складає його ліпідна фракція, яка своєю чергою бере участь в окисно-відновних процесах. Ліпідний склад маточного молочка характеризується наявністю 6–18 % жирних кислот, 4–10 % фенолів, 5–6 % восків, 3–4 % стероїдів і

0,4–0,8 % фосфоліпідів [43]. Вільні жирні кислоти складають 77,2 % ефірного екстракту, в тому числі – янтарна, адипінова, пімелінова, азелаїнова, себацінова, лауринова, пальмітинова, олеїнова та інші. G. Lercker та ін. [16] виявив, що жирні кислоти маточного молочка в основному складаються з 32 % транс-10-гідрокси-2-деценової кислоти, 24 % глюконової кислоти, 22 % 10-гідроксидеканової кислоти, 5 % дикарбонових кислот і кількох інших кислот [43]. Основною кислотою молочка є транс-10-гідрокси-2-деценова кислота, яка відсутня в низці продукції бджільництва та не виявлено в інших природних продуктах [32]. Також молочко багате флавоноїдами, основними скверцетином, кемферолом, галангіном, фізетином.

Узагальнюючи наведене, слід сказати, що маточне молочко як цінний багатокомпонентний за хімічним складом продукт бджільництва потребує подальшого вивчення його властивостей. Тому, метою досліджень було проаналізувати уточнений хімічний склад маточного молочка та обґрунтувати багатогранність його застосування у різних галузях.

Матеріали і методи. Теоретично-методологічною основою проведеного аналізу слугували дані наукової літератури, періодичних видань, нормативних документів, системні й комплексні підходи щодо складу та використання маточного молочка бджіл. При опрацюванні інформації використано такі методи: емпірико-теоретичні (збір, аналіз і синтез наукової інформації), теоретичні (визначення, опис, інтерпретація) й абстрактно-логічний (логічний підхід до формування висновків і пропозицій) тощо.

Результати та обговорення. Маточне молочко є дуже корисним і дорогим продуктом бджільництва. Його висока вартість пояснюється як корисними біоактивними властивостями, так і великими витратами праці на його виробництво.

На основі аналізу досліджень низки вчених варто зазначити вплив на вироблення бджолами маточного молочка деяких добавок, в тому числі й органічних кислот [15, 18, 26, 36, 44]. Згодовуванням бджолам одночасно з пилком і цукровим сиропом молочної та оцтової кислот сприяє росту й розвитку залоз, а відтак і збільшенню секреції маточного молочка [26]. У дослідженнях інших вчених встановлено, що додавання до корму бджіл лимонної кислоти стимулює процес бета-окиснення жирних кислот і покращує забезпечення бджіл енергією, внаслідок чого в кінцевому результаті підвищується якість секретованого маточного молочка [44]. Наведене підтверджено і дослідженнями інших авторів [18, 46], які додавали до корму різні дози лимонної кислоти в діапазоні від 0,25 до 0,75 %, а найефективніше впливала доза 0,50 %. При застосуванні останньої маточне молочко містило значно менше вологи та загального цукру, але мало підвищений рівень транс-10-гідрокси-2-деценової кислоти, фенольних кислот, білків і кислотності. В результаті споживання даного продукту значно подовжилась тривалість життя бджіл, а також мало позитивний вплив на розвиток залоз і якість маточного молочка.

Продукти бджільництва, зокрема маточне молочко вважаються потенційним джерелом природних антиоксидантів, здатних протидіяти наслідкам окиснювального стресу, що лежить в основі патогенезу багатьох захворювань. На думку закордонних вчених, антиоксидантна активність маточного молочка може бути пов'язана з біологічним ефектом вільних амінокислот.

Маточне молочко завдяки різноманітності та унікальності своїх властивостей має дуже широке застосування. Це молочко, яке є одним з найпотужніших стимуляторів, дедалі частіше застосовується для лікування серцево-судинних захворювань, розладів шлунково-кишкового тракту, а також при туберкульозі та артритях. Воно допомагає стабілізувати кров'яний тиск, стимулює

кровотворення та регулює роботу центральної й периферичної нервової системи, а також ендокринних залоз [10, 11]. Споживання маточного молочка підвищує імунітет, нормалізує живлення клітин тканин, стимулює і регулює функції організму, покращує пам'ять і апетит, забезпечує енергію та нормалізує статеву функцію. Маточне молочко покращує загальний обмін речовин, підвищує опірність організму до інфекційних хвороб, позитивно впливає на ендокринну систему, підвищує апетит, тонус тканин; підвищує статеву активність, виявляє антибіотичну, бактерицидну дію проти багатьох мікроорганізмів.

Маточне молочко як функціональний продукт має гіпоглікемічну, гіпохолестеринемічну та гіпотензивну дію, пригнічує розвиток пухлин своєю антиоксидантною активністю та спричиняє загальний позитивний вплив на здоров'я не лише людей, а й тварин. Його біоактивність проявляється завдяки наявності жирних кислот, білків та фенольних сполук [28]. Зокрема, в кролівництві пероральне застосування у молодняку до досягнення статевої зрілості цього продукту у кількості 100 мг/кг раціону сприяло підвищенню якості їх сперми. Одночасно із цим за збільшення дози маточного молочка самцям до 400 мг/кг корму раз на тиждень при тепловому стресі запобігає літньому безпліддю та обумовлює високий прояв фізіологічних реакцій. Дослідження показують, що за високої температури повітря найкращі результати одержують за згодовування маточного молочка 400 мг/кг корму (одноразово за тиждень) порівняно з іншими дозами 200 мг/кг та 800 мг/кг. Зокрема при ефективній дозі спостерігається підвищення приросту маси тіла на 11,8 % що більше на 1,4 % з нижньою дозою та 1 % при її підвищенні за одночасного зростання коефіцієнта конверсії корму. У сироватці крові кролів відбувається підвищення вмісту протеїну, альбуміну і глобуліну за одночасним зниженням рівня загальних ліпідів, холестерину і тригліцеридів. Застосування

маточного молочка обумовлює активне нарощування кісткової тканини, про що вказує зростання таких показників як кальцій, фосфор та лужна фосфатаза. Позитивний вплив маточного молочка на м'ясну продуктивність підтверджується також іншими вченими, зокрема зростає вихід тушки та ніжність м'яса. Попри позитивний ефект від згодовування даного продукту бджільництва на продуктивність та якість м'яса стан здоров'я кролів не змінився. Підсумовуючи наведене слід відзначити, що при згодовуванні цього продукту в кролівництві забезпечується зменшення фізіологічного напруження, що викликано тепловим стресом [43].

Також підтверджуються антиоксидантні властивості маточного молочка, зумовлені вмістом протеїнів та пептидів, з яких 29 антиоксидантних пептидів було виділено у водних розчинах маточного молочка [31].

Аналіз літературних джерел свідчить про захисну дію маточного молочка від токсичності мікотоксинів, зокрема фумонізіну, що виробляються *Fusarium verticillioides*. Проведеними дослідженнями встановлено, що годівля щурів кормами забрудненими даним мікотоксином обумовлювала зменшення приросту живої маси та споживання корму, зменшення рівня глутатіонпероксидази й супероксиддисмутази. У той час відбувалося збільшення рівнів АЛТ, АСТ, тригліцеридів, холестерину, креатиніну та сечової кислоти, а також спостерігалися гістологічні та гістохімічні зміни в тканинах печінки й нирок. Водночас із цим, додавання до забруднених кормів мікотоксином фумонізину маточного молочка у дозі 100 або 150 мг/кг від маси тіла призвело до підвищення активності глутатіонпероксидази, супероксиддисмутази, зниження рівня малонового діальдегіду, гістологічної та гістохімічної картини печінки й нирок. Підсумовуючи наведене слід зазначити, що маточне молочко має захисну дію від токсичності та цей захист залежить від дози [22].

Дослідженнями інших вчених [12] також встановлено захисну дію застосування маточного молочка щодо токсичності Кадмію для білих мишей. У даному дослідженні виявлено, що пероральне застосування маточного молочка у дозах 100 і 250 мг/кг від маси тіла сприяло пригніченню мутагенних ефектів Кадмію, а саме відновленню антиоксидантного статусу та значному зниженню рівня малонового діальдегіду. Тоді, як при додаванні лише Кадмію відбувалося значне зниження глутатіонпероксидази та підвищення рівня малонового діальдегіду в печінці й нирках. Представлене вище підтверджує антиоксидантний ефект досліджуваного продукту бджільництва.

Захисна дія маточного молочка у щурів встановлена і проти токсичності хлориду алюмінію ($AlCl_3$). Тваринам давали дозу хлориду алюмінію ($AlCl_3$) (30 мг/кг) через день внутрішньочеревно впродовж восьми тижнів і маточне молочко у дозі 400 мг/кг щодня у воді тривалістю вісім тижнів та їх поєднання. Результати досліджень показали зниження фолікулостимулюючого, лютенізуючого гормонів, тестостерону. Однак при поєднанні $AlCl_3$ з маточним молочком спостерігається зростання вище зазначених гормонів. Однією із причин зростання такого гормону, як тестостерон є добавки цинку, що і містяться у маточному молочці [6].

Маточне молочко має певні біологічні властивості, такі як антибактеріальні, протиракові, імуномодулюючі та антиоксидантні [17].

Вітаміни, які представлені в маточному молочку переважно водорозчинні, що відповідають за роботу мозку та пам'яті, здоровий стан шкіри, нігтів та волоссяного покриву людини.

Спостерігаючи за важливими властивостями маточного молочка як в чистому його споживанні, так і комбіновано з іншими продуктами бджільництва, встановлено що воно забезпечує швидке відновлення

спортсменів та підвищує працездатність наукових працівників [7, 42]. Також позитивну дію молочко проявляє на нервову систему та на залози внутрішньої секреції. Као Жун та ін. [19] показали, що маточне молочко має тонізуючу дію на центри гіпоталамуса, в результаті якого збільшується кількість аденокортикового гормону.

Загально відомі факти щодо лікувальних властивостей жирних кислот, які є в складі маточного молочка, надають медичну та комерційну цінність. Дослідження вказують, що дані кислоти молочка проявляють протиракову дію. Дендринні клітини маточного молочка відіграють важливу роль в ініціації та регуляції проти патогенів, пухлин та інших антигенів [25]. Жирні кислоти, такі як 3-гідроксидодеканова кислота, 11-оксодеканова кислота та гідроксидодеканова кислота, проявляють сильну антимікробну дію широкого спектра щодо патогенних бактерій і грибків [32]. Інші жирні кислоти, такі як 1,8-октандикарбонова кислота та 1,6-гександикарбонова кислота, показали відносно сильний вплив на рецептори, але вони становлять лише невеликий відсоток у складі маточного молочка [43].

Також виявлений позитивний ефект дії маточного молочка при різних порушеннях нервової системи, фізичних перевантаженнях організму; вживання маточного молочка підвищує розумову активність та є унікальним засобом проти радіації. В розвинених країнах світу після атомних катастроф для дітей і дорослих вводилось триразове застосування молочка в день, після чого було відмічено його позитивну дію різними дослідженнями. Також застосування маточного молочка сприяє швидкому відновленню після інфаркту або інсульту. Згідно з науковими даними, маточне молочко за складом і особливостями біологічної дії є унікальним харчовим продуктом широкої та різнопланової профілактично-лікувальної дії та потребує подальшого ретельного вивчення.

Сучасні дослідження В. І. Смоляра [4] мали декілька напрямків радіозахисного харчування такі як: зменшення потрапляння радіонуклідів з їжею, сповільнення всмоктування та нагромадження в організмі та раціонального харчування. Зменшити потрапляння радіонуклідів з їжі в організм можна отримати при використанні екологічно чистих продуктів, які містять мінімальну їх кількість.

Унікальність складу молочка бджіл зумовила його використання як в косметології, так і в гуманній медицині. При його споживанні виокремлюють цілющі властивості, які мають різноманітну дію таку як бактеріостатичну, протиінфекційну, противірусну дію, що своєю чергою використовується в боротьбі проти різних запальних процесів та різного роду патогенних збудників, а також для покращення апетиту, завдяки кислотам, що входять в його склад і прискорюють метаболізм та оновлюють клітини печінки. Стимулюючий ефект маточного молочка ефективний в обмінних процесах тканин та м'язів. Тому його вважають природним анаболіком, який після фізичних навантажень дає змогу м'язам швидше відновитись. Завдяки молочку можна очистити кров від холестерину та жирових відкладень на стінках капілярів та покращити тонус м'яза серця. При вживанні маточного молочка оздоровлюється шкіра, нігті, волосся, тому косметологічні препарати, в які входить маточне молочко, особливо цінуються.

Аналіз літературних джерел свідчить про значне покращення фізико-хімічних, сенсорних та мікробіологічних

властивостей харчових продуктів, зокрема, йогурту. Дослідженнями було встановлено, що життєздатність пробіотиків у кінцевому продукті досягає вищих рівнів з додаванням 2 % (маса/об'єм) маточного молочка [28]. Н. М. Ломова та О. О. Сніжко [3] запропонували спосіб удосконалення класичної технології виробництва йогурту введенням в його рецептуру цінних природних компонентів – меду, маточного молочка та бджолиного обніжжя. На основі проведених досліджень вони встановили, що мед, маточне молочко та бджолине обніжжя позитивно впливали на хімічний склад йогурту, збільшуючи масову частку всіх важливих його компонентів.

Висновки. Незважаючи на значний прогрес у дослідженні маточного молочка, механізми позитивного впливу багатьох його складників усе ще залишаються недостатньо вивченими. Якість цього продукту значною мірою залежить від регіону, що пояснюється відмінностями природно-географічних та екологічних умов, які визначають особливості його формування та виробництва.

Маточне молочко бджіл вирізняється унікальними фізичними властивостями та хімічним складом. Воно містить широкий спектр поживних і біологічно активних речовин, що забезпечують розвиток бджіл і здатні позитивно впливати на організм людини при дієтичному чи лікувальному застосуванні, а також на тварин під час використання відповідних препаратів. Попри це, склад і механізми дії компонентів маточного молочка потребують подальшого вивчення й уточнення.

Список використаної літератури

1. Вплив якості корму на розвиток і продуктивність бджолиних маток / Ю. В. Ковальський та ін. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. Т. 23. № 95. С. 71–75. URL: <https://doi.org/10.32718/nvvet-a9510>.

2. Гуцол Г. В. Оцінка інтенсивності забруднення медоносних угідь важкими металами. *International*

References

1. The influence of feed quality on the development and productivity of bee queens / Y. Kovalskyi et al. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 2021. Vol. 23. No. 95. P. 71–75. URL: <https://doi.org/10.32718/nvvet-a9510>.

2. Gutsol G. Estimation of the intensity of contamination of honey fields with heavy metals. *International Independent Scientific Journal*. 2020. Vol. 2. No. 15. P. 5–11. <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/24940.p>

Independent Scientific Journal. 2020. Vol. 2. No.15. P. 5–11. <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/24940.pdf>

3. Ломова Н. М., Сніжко О. О. Вплив меду, маточного молочка та бджолиного обніжжя на хімічний склад йогурту. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2014. № 3.

4. Смоляр В. І. Формула раціонального харчування. *Проблеми харчування*. 2013. № 1. С. 5–9. http://medved.kiev.ua/web_journals/current/nutrition/1_2013/str05.pdf.

5. A suggestion for royal jelly specifications / D. Kanelis et al. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*. 2015. Vol. 66. Issue 4. P. 275–284. <https://doi.org/10.1515/aiht-2015-66-2651>.

6. Al-Eisa R. A., Al-Nahari H. A. The attenuating effect of royal jelly on hormonal parameters in aluminum chloride (AlCl₃) intoxicated rats. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*. 2007. Vol. 6. Issue 2. P. 70–85.

7. Antioxidant Potential of Propolis, Bee Pollen, and Royal Jelly: Possible Medical Application / J. Kocot et al. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2018. P. 1–29. URL: <https://doi.org/10.1155/2018/7074209>.

8. Bee and non-bee pollinator importance for local food security / F. Requier et al. *Trends in Ecology & Evolution*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.10.006>.

9. Benfenati L., Sabatini A. G., Nanetti A. Composizione in salimineralidellagelatinareale. *Apicoltura*. 1986. Vol. 2. P. 129–143.

10. Bogdanov S. Royal jelly, bee brood: composition, health, medicine: a review. *Lipids*. 2011. Vol. 3. No. 8. P. 8–19.

11. Brandorf A. Z., Ivoilova, M. M. The influence of environmental factors on the quality standards of royal jelly *Apis mellifera* L. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018. Vol. 62. Issue 1. P. 19–26. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.19-26.

12. Çavuşoğlu K., Yapar K., Yalçın E. Royal jelly (honey bee) is a potential antioxidant against cadmium-induced genotoxicity and oxidative stress in albino mice. *Journal of medicinal food*. 2009. Vol. 12. No. 6. P. 1286–1292. DOI: 10.1089/jmf.2008.0203.

13. Changes in the chemical composition of royal jelly produced through artificial bee-feeding in response to seasonal variations during non-migratory beekeeping / E. Kim et al. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2022. Vol. 115. P. 104982. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104982>.

14. Chemical composition and antimicrobial activity of royal jelly—review / L. Bărnăuțiu et al. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. 2011. Vol. 44. No. 2. P. 67–72. https://spasb.ro/index.php/public_html/article/view/1858.

15. Comparison of the nutrient composition of royal jelly and worker jelly of honey bees (*Apis mellifera*)

df.

3. Lomova N. M., Snizhko O. O. The effect of honey, royal jelly and bee pollen on the chemical composition of yoghurt. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. 2014. No. 3.

4. Smoliar V. I. Formula for a balanced diet. *Problemy kharchuvannia*. 2013. No. 1. P. 5–9. http://medved.kiev.ua/web_journals/current/nutrition/1_2013/str05.pdf.

5. A suggestion for royal jelly specifications / D. Kanelis et al. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*. 2015. Vol. 66. Issue 4. P. 275–284. <https://doi.org/10.1515/aiht-2015-66-2651>.

6. Al-Eisa R. A., Al-Nahari H. A. The attenuating effect of royal jelly on hormonal parameters in aluminum chloride (AlCl₃) intoxicated rats. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*. 2007. Vol. 6. Issue 2. P. 70–85.

7. Antioxidant Potential of Propolis, Bee Pollen, and Royal Jelly: Possible Medical Application / J. Kocot et al. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2018. P. 1–29. URL: <https://doi.org/10.1155/2018/7074209>.

8. Bee and non-bee pollinator importance for local food security / F. Requier et al. *Trends in Ecology & Evolution*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.10.006>.

9. Benfenati L., Sabatini A. G., Nanetti A. Composizione in salimineralidellagelatinareale. *Apicoltura*. 1986. Vol. 2. P. 129–143.

10. Bogdanov S. Royal jelly, bee brood: composition, health, medicine: a review. *Lipids*. 2011. Vol. 3. No. 8. P. 8–19.

11. Brandorf A. Z., Ivoilova, M. M. The influence of environmental factors on the quality standards of royal jelly *Apis mellifera* L. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018. Vol. 62. Issue 1. P. 19–26. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.19-26.

12. Çavuşoğlu K., Yapar K., Yalçın E. Royal jelly (honey bee) is a potential antioxidant against cadmium-induced genotoxicity and oxidative stress in albino mice. *Journal of medicinal food*. 2009. Vol. 12. No. 6. P. 1286–1292. DOI: 10.1089/jmf.2008.0203.

13. Changes in the chemical composition of royal jelly produced through artificial bee-feeding in response to seasonal variations during non-migratory beekeeping / E. Kim et al. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2022. Vol. 115. P. 104982. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104982>.

14. Chemical composition and antimicrobial activity of royal jelly—review / L. Bărnăuțiu et al. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. 2011. Vol. 44. No. 2. P. 67–72. https://spasb.ro/index.php/public_html/article/view/1858.

15. Comparison of the nutrient composition of royal jelly and worker jelly of honey bees (*Apis mellifera*) / Y. Wang et al. *Apidologie*. 2015. Vol. 47 (1). P. 48–56. URL: <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0374-x>.

/ Y. Wang et al. *Apidologie*. 2015. Vol. 47 (1). P. 48–56. URL: <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0374-x>.

16. Components of royal jelly: I Identification of the organic acid / G. Lercker et al. *Lipids*. 1981. Vol. 16. No. 12. P. 912–919.

17. Composition of Royal Jelly (RJ) and Its Anti-Androgenic Effect on Reproductive Parameters in a Polycystic Ovarian Syndrome (PCOS) Animal Model / N. Ab Hamid et al. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. No. 6. P. 499. <https://doi.org/10.3390/antiox9060499>.

18. Consumption of Citric Acid by Bees Promotes the Gland Development and Enhances Royal Jelly Quality / X. Wang et al. *Life*. 2024. Vol. 14. No. 3. P. 340. <https://doi.org/10.3390/life14030340>.

19. Content and Antimicrobial Activities of Bingol Royal Jelly / A. Ş. Bengü, et al. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 2020. Vol. 7. Issue 2. P. 480–486. <https://doi.org/10.30910/turkjans.725977>.

20. Effect of harvesting time and the number of queen cell cups on royal jelly composition / A. UcakKoc et al. *Journal of Apicultural Research*. 2021. P. 1–7. URL: <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1930956>.

21. Effects of Bee Pollen Derived from *Acer mono Maxim.* or *Phellodendron amurense* Rupr. on the Lipid Composition of Royal Jelly Secreted by Honeybees / E. Zhou et al. *Foods*. 2023. Vol. 12. No. 3. P. 625. <https://doi.org/10.3390/foods12030625>.

22. Efficacy of royal jelly against the oxidative stress of fumonisin in rats / A. El-Nekeety et al. *Toxicon*. 2007. Vol. 50. No. 2. P. 256–269.

23. El-Guendouz S., Lyoussi B., Miguel M. G. Insight into the chemical composition and biological properties of Mediterranean royal jelly. *Journal of Apicultural Research*. 2020. Vol. 59. No. 5. P. 890–909. DOI: 10.1080/00218839.2020.1744241.

24. Fast determination of 26 amino acids and their content changes in royal jelly during storage using ultra-performance liquid chromatography / L. Wu et al. *J. Food Comp Anal*. 2009. Vol. 22. P. 242–249.

25. Fatty acids isolated from royal jelly modulate dendritic cell-mediated immune response *in vitro* / D. Vucevic et al. *IntImmunopharmacol*. 2007. Vol. 7. P. 1211–1220.

26. Feeding probiotics and organic acids to honeybees enhances acinal surface area of their hypopharyngeal glands / A. Hasan et al. *Research in Veterinary Science*. 2022. Vol. 149. P. 47–50. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.06.001>.

27. Garcia-Amoedo L. H., Almeida-Muradian L. B. Physicochemical composition of pure and adulterated royal jelly. *Química Nova*. 2007. Vol. 30. No. 2. P. 257–259. DOI: 10.1590/S0100-40422007000200002.

28. Health Promoting Properties of Bee Royal Jelly: Food of the Queens / N. Collazo et al. *Nutrients*. 2021. Vol. 13. No. 2. P. 543. URL: <https://doi.org/10.3390/nu13020543>.

29. Honeybee colonies compensate for pesticide-induced effects on royal jelly composition and brood survival with increased brood production / M. Schott et al. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. No. 1. P. 1–15. DOI:

16. Components of royal jelly: I Identification of the organic acid / G. Lercker et al. *Lipids*. 1981. Vol. 16. No. 12. P. 912–919.

17. Composition of Royal Jelly (RJ) and Its Anti-Androgenic Effect on Reproductive Parameters in a Polycystic Ovarian Syndrome (PCOS) Animal Model / N. Ab Hamid et al. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. No. 6. P. 499. <https://doi.org/10.3390/antiox9060499>.

18. Consumption of Citric Acid by Bees Promotes the Gland Development and Enhances Royal Jelly Quality / X. Wang et al. *Life*. 2024. Vol. 14. No. 3. P. 340. <https://doi.org/10.3390/life14030340>.

19. Content and Antimicrobial Activities of Bingol Royal Jelly / A. Ş. Bengü, et al. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 2020. Vol. 7. Issue 2. P. 480–486. <https://doi.org/10.30910/turkjans.725977>.

20. Effect of harvesting time and the number of queen cell cups on royal jelly composition / A. UcakKoc et al. *Journal of Apicultural Research*. 2021. P. 1–7. URL: <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1930956>.

21. Effects of Bee Pollen Derived from *Acer mono Maxim.* or *Phellodendron amurense* Rupr. on the Lipid Composition of Royal Jelly Secreted by Honeybees / E. Zhou et al. *Foods*. 2023. Vol. 12. No. 3. P. 625. <https://doi.org/10.3390/foods12030625>.

22. Efficacy of royal jelly against the oxidative stress of fumonisin in rats / A. El-Nekeety et al. *Toxicon*. 2007. Vol. 50. No. 2. P. 256–269.

23. El-Guendouz S., Lyoussi B., Miguel M. G. Insight into the chemical composition and biological properties of Mediterranean royal jelly. *Journal of Apicultural Research*. 2020. Vol. 59. No. 5. P. 890–909. DOI: 10.1080/00218839.2020.1744241.

24. Fast determination of 26 amino acids and their content changes in royal jelly during storage using ultra-performance liquid chromatography / L. Wu et al. *J. Food Comp Anal*. 2009. Vol. 22. P. 242–249.

25. Fatty acids isolated from royal jelly modulate dendritic cell-mediated immune response *in vitro* / D. Vucevic et al. *IntImmunopharmacol*. 2007. Vol. 7. P. 1211–1220.

26. Feeding probiotics and organic acids to honeybees enhances acinal surface area of their hypopharyngeal glands / A. Hasan et al. *Research in Veterinary Science*. 2022. Vol. 149. P. 47–50. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.06.001>.

27. Garcia-Amoedo L. H., Almeida-Muradian L. B. Physicochemical composition of pure and adulterated royal jelly. *Química Nova*. 2007. Vol. 30. No. 2. P. 257–259. DOI: 10.1590/S0100-40422007000200002.

28. Health Promoting Properties of Bee Royal Jelly: Food of the Queens / N. Collazo et al. *Nutrients*. 2021. Vol. 13. No. 2. P. 543. URL: <https://doi.org/10.3390/nu13020543>.

29. Honeybee colonies compensate for pesticide-induced effects on royal jelly composition and brood survival with increased brood production / M. Schott et al. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. No. 1. P. 1–15.

10.1038/s41598-020-79660-w.

30. Kausar S. H., More V. R. Royal Jelly: Organoleptic characteristics and physicochemical properties. *Lipids*. 2019. Vol. 6. No. 2. P. 20–24.

31. Kavas N. Functional probiotic yoghurt production with royal jelly fortification and determination of some properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2022. Vol. 28. P. 100519. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100519>.

32. Melliou E., Chinou I. Chemistry and bioactivity of royal jelly from Greece. *J Agric Food Chem*. 2005. Vol. 53. No. 23. P. 8987–8992. DOI: 10.1021/jf051550p.

33. Online cleanup of accelerated solvent extractions for determination of adenosine 5'-triphosphate (ATP), adenosine 5'-diphosphate (ADP), and adenosine 5'-monophosphate (AMP) in royal jelly using high-performance liquid chromatography / X. Xue et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2009. Vol. 57. No. 11. P. 4500–4505. <https://doi.org/10.1021/jf900853q>.

34. Physicochemical characterisation of French royal jelly: Comparison with commercial royal jellies and royal jellies produced through artificial bee-feeding / M. Wytrychowski et al. *J. Food Compos. Anal.* 2013. Vol. 29. P. 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.12.002>.

35. Physicochemical Properties of Royal Jelly and Comparison of Commercial with Raw Specimens / V. Kazemi et al. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*. 2019. Vol. 14 (4). URL: <https://doi.org/10.5812/jjnpp.64920>.

36. Proteome Comparisons between Hemolymph of Two Honey bee Strains (*Apis mellifera ligustica*) Reveal Divergent Molecular Basis Driving Hemolymph Function and High Royal Jelly Secretion / Z. Ararso et al. *Journal of Proteome Research*. 2017. Vol. 17. Issue 1. P. 402–419. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.7b00621>.

37. Quality and standardisation of Royal Jelly / A. G. Sabatini et al. *J. ApiProd. ApiMed. Sci.* 2009. Vol. 1. P. 1–6. DOI: 10.3896/IBRA.4.01.1.04.

38. Ramadan M. F., Al-Ghamdi A. Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *Journal of functional foods*. 2012. Vol. 4 (1). P. 39–52. DOI: 10.1016/j.jff.2011.12.007.

39. Ramanathan A. N. K. G., Nair A. J., Sugunan V. S. A review on Royal Jelly proteins and peptides. *Journal of Functional Foods*. 2018. Vol. 44. P. 255–264.

40. Searching for differences in chemical composition and biological activity of crude drone brood and royal jelly useful for their authentication / E. Sidor et al. *Foods*. 2021. Vol. 10. No. 9. P. 2233. <https://doi.org/10.3390/foods10092233>.

41. Sesta G. Determination of sugars in royal jelly by HPLC. *Apidologie*. 2006. Vol. 37. P. 84–90.

42. Sugar profile and total proteins content of fresh royal jelly / O. Popescu et al. *Bull. UASVM Anim. Sci. Biotechnol.* 2009. Vol. 66. P. 265–269. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/2009>

DOI: 10.1038/s41598-020-79660-w.

30. Kausar S. H., More V. R. Royal Jelly: Organoleptic characteristics and physicochemical properties. *Lipids*. 2019. Vol. 6. No. 2. P. 20–24.

31. Kavas N. Functional probiotic yoghurt production with royal jelly fortification and determination of some properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2022. Vol. 28. P. 100519. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100519>.

32. Melliou E., Chinou I. Chemistry and bioactivity of royal jelly from Greece. *J Agric Food Chem*. 2005. Vol. 53. No. 23. P. 8987–8992. DOI: 10.1021/jf051550p.

33. Online cleanup of accelerated solvent extractions for determination of adenosine 5'-triphosphate (ATP), adenosine 5'-diphosphate (ADP), and adenosine 5'-monophosphate (AMP) in royal jelly using high-performance liquid chromatography / X. Xue et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2009. Vol. 57. No. 11. P. 4500–4505. <https://doi.org/10.1021/jf900853q>.

34. Physicochemical characterisation of French royal jelly: Comparison with commercial royal jellies and royal jellies produced through artificial bee-feeding / M. Wytrychowski et al. *J. Food Compos. Anal.* 2013. Vol. 29. P. 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.12.002>.

35. Physicochemical Properties of Royal Jelly and Comparison of Commercial with Raw Specimens / V. Kazemi et al. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*. 2019. Vol. 14 (4). URL: <https://doi.org/10.5812/jjnpp.64920>.

36. Proteome Comparisons between Hemolymph of Two Honey bee Strains (*Apis mellifera ligustica*) Reveal Divergent Molecular Basis Driving Hemolymph Function and High Royal Jelly Secretion / Z. Ararso et al. *Journal of Proteome Research*. 2017. Vol. 17. Issue 1. P. 402–419. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.7b00621>.

37. Quality and standardisation of Royal Jelly / A. G. Sabatini et al. *J. ApiProd. ApiMed. Sci.* 2009. Vol. 1. P. 1–6. DOI: 10.3896/IBRA.4.01.1.04.

38. Ramadan M. F., Al-Ghamdi A. Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *Journal of functional foods*. 2012. Vol. 4 (1). P. 39–52. DOI: 10.1016/j.jff.2011.12.007.

39. Ramanathan A. N. K. G., Nair A. J., Sugunan V. S. A review on Royal Jelly proteins and peptides. *Journal of Functional Foods*. 2018. Vol. 44. P. 255–264.

40. Searching for differences in chemical composition and biological activity of crude drone brood and royal jelly useful for their authentication / E. Sidor et al. *Foods*. 2021. Vol. 10. No. 9. P. 2233. <https://doi.org/10.3390/foods10092233>.

41. Sesta G. Determination of sugars in royal jelly by HPLC. *Apidologie*. 2006. Vol. 37. P. 84–90.

42. Sugar profile and total proteins content of fresh royal jelly / O. Popescu et al. *Bull. UASVM Anim. Sci.*

3349436.

43. Terada Y., Narukawa M., Watanabe T. Specific hydroxy fatty acids in royal jelly activate TRPA1. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2011. Vol. 59. Issue 6. P. 2627–2635. <https://doi.org/10.1021/jf1041646>.

44. The effect of nutritional status on the synthesis ability, protein content and gene expression of mandibular glands in honey bee (*Apis mellifera*) workers / G. Zhang et al. *Journal of Apicultural Research*. 2022. P. 747–756. URL: <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2080951>.

45. Use of Royal Jelly as Functional Food on Human and Animal Health / M. Strant et al. *Hayvansal Üretim*. 2019. Vol. 60. No. 2. P. 131–144. DOI: 10.29185/hayuretim.513449.

46. Xue X., Wu L., Wang K. Chemical Composition of Royal Jelly. *Bee Products – Chemical and Biological Properties*. Cham, 2017. P. 181–190. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-59689-1_8.

47. Yeung Y. T., Argüelles S. Bee products: royal jelly and propolis. In book: *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements*. 2019. P. 475–484. DOI: 10.1016/B978-0-12-812491-8.00063-1.

Biotechnol. 2009. Vol. 66. P. 265–269. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20093349436>.

43. Terada Y., Narukawa M., Watanabe T. Specific hydroxy fatty acids in royal jelly activate TRPA1. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2011. Vol. 59. Issue 6. P. 2627–2635. <https://doi.org/10.1021/jf1041646>.

44. The effect of nutritional status on the synthesis ability, protein content and gene expression of mandibular glands in honey bee (*Apis mellifera*) workers / G. Zhang et al. *Journal of Apicultural Research*. 2022. P. 747–756. URL: <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2080951>.

45. Use of Royal Jelly as Functional Food on Human and Animal Health / M. Strant et al. *Hayvansal Üretim*. 2019. Vol. 60. No. 2. P. 131–144. DOI: 10.29185/hayuretim.513449.

46. Xue X., Wu L., Wang K. Chemical Composition of Royal Jelly. *Bee Products – Chemical and Biological Properties*. Cham, 2017. P. 181–190. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-59689-1_8.

47. Yeung Y. T., Argüelles S. Bee products: royal jelly and propolis. In book: *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements*. 2019. P. 475–484. DOI: 10.1016/B978-0-12-812491-8.00063-1.

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-2-14

Оригінальна наукова стаття

УДК 636.4

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АНТИСТРЕСОВОГО ПРЕПАРАТУ В КОНТЕКСТІ ПРОФІЛАКТИКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТРЕС-ЧИННИКІВ У СВИНАРСТВІ**Д. А. Лашин, І. В. Корх**

Інститут тваринництва НААН
вул. Тваринників, 1А, м. Харків,
61026

Про авторів:

Денис ЛАШИН,
здобувач РВО «Доктор філософії»
ORCID: 0009-0003-7092-5738

Ігор КОРХ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-8077-895X

Для листування:

Ігор КОРХ
e-mail: dr.fox2011@ukr.net

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних наук
України

Отримано:

11 листопада 2025 р.

Погоджено до друку:

25 листопада 2025 р.

Опубліковано:

30 грудня 2025 р.

У статті наведено результати з визначення ефективності використання нового антистресового препарату в контексті профілактики технологічних стрес-чинників у свинарстві. В рамках оцінювання нешкідливості, гострої токсичності та подразнювальної дії новоствореного препарату за впливом на організм лабораторних щурів, його було віднесено до класу практично нетоксичних речовин. Під час кастрації, яку розглядали як стандартний модельний стрес-чинник, підтверджено доцільність застосування раціональної дози препарату у свинарстві. Констатовано, що профілактика стресу за використання експериментального препарату в критичні періоди технологічного циклу вирощування молодняку свиней в дозі 1,5 мл/10 кг живої маси на добу супроводжується збільшенням його живої маси як на початку, так і наприкінці досліду, де її величини становлять 5,55 кг або 5,5 % ($p < 0,001$) та 2,86 кг, або 2,8 % за одночасного підвищення інтенсивності росту за період досліду на 38,0 г або 5,5 % ($p < 0,001$) і на 18,0 г або 2,5 %, ніж у ровесників з інших груп. Аргументовано, що молодняк, якому вводили експериментальний препарат, демонстрував і найкращі показники скоростиглості та найнижчі витрати корму на одиницю приросту. Розрахунок економічної ефективності вирощування кабанчиків довів високу результативність обох антистресових препаратів, проте експериментальний засіб продемонстрував кращі показники. Принаймні внаслідок зменшення собівартості виробництва продукції, зростання виторгу від її реалізації та підвищення додаткового прибутку з розрахунку на 1 голову його використання сприяло підвищенню рівня рентабельності на 5,9 і 16,3 %, порівняно з ровесниками I контрольної та II дослідної груп.

Ключові слова: кабанчики, стрес-чинник, препарат, середньодобовий приріст, економічна ефективність.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Лашин Д. А., Корх І. В., 2025

Effectiveness of the use of anti-stress drug in the context of prevention of technological stress factors in pig farming

Institute of Animal Sciences of NAAS
Tvarynnikiv street, 1-A, Kharkiv,
61026

About authors:

Denys LASHYN
ORCID: 0009-0003-7092-5738

Igor KORKH
ORCID: 0000-0002-8077-895X

For corresponding:

Igor KORKH
e-mail: dr.fox2011@ukr.net

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:
November 11, 2025
Accepted:
November 25, 2025
Published:
December 30, 2025

The article presents the results of determining the effectiveness of the use of a new anti-stress drug in the context of prevention of technological stress factors in pig farming. As part of the assessment of the safety, acute toxicity and irritant effect of the newly created drug on the body of laboratory rats, it was classified as a practically non-toxic substance. During castration, which was considered as a standard model stress factor, the feasibility of using a rational dose of the drug in pig farming was confirmed. It was found that the prevention of stress by using the experimental drug in critical periods of the technological cycle of growing young pigs at a dose of 1.5 ml/10 kg of live weight per day is accompanied by an increase in their live weight both at the beginning and at the end of the experiment, where its values were 5.55 kg or 5.5 % ($p < 0.001$) and 2.86 kg or 2.8 % with a simultaneous increase in growth intensity during the experiment by 38.0 g or 5.5 % ($p < 0.001$) and by 18.0 g or 2.5 %, compared to peers from other groups. It is stated that young pigs that were administered the experimental drug demonstrated both the best indicators of precocity and the lowest feed costs per unit of growth. Calculation of the economic efficiency of growing boars proved the high effectiveness of both anti-stress drugs, but the experimental agent demonstrated better indicators. At least due to the reduction in the cost of production, the increase in revenue from its sale and the increase in additional profit per 1 head of its use contributed to an increase in the level of profitability by 5.9 and 16.3 %, compared to the peers of the I control and II experimental groups.

Keywords: boars, stress factor, drug, average daily gain, economic efficiency.

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

Вступ. Проблема стресу в сільськогосподарських тварин останнім часом набуває особливої актуальності та привертає значну увагу науковців, стаючи предметом системного та глибокого дослідження у галузях свинарства, скотарства, конярства та дрібного тваринництва. Узагальнення результатів наукових джерел літератури свідчить, що сучасні промислові технології ведення тваринництва висувають підвищені вимоги до формування адаптивних механізмів та загального функціонального потенціалу організму тварин [21]. Водночас за оцінками фахівців [8, 23, 27], сукупна дія численних негативних чинників виробничого середовища та довкілля, які є найбільш інтенсивними стресорами, здатна порушувати поведінкові реакції тварин, ослаблювати адаптаційний потенціал їх організму, зумовлювати зменшення

продуктивності, погіршення якості продукції та зниження загального рівня ефективності вирощування. Особливо гостро проблема прояву стресових реакцій постає у свинарстві, де тварини відзначаються високою чутливістю до змінених умов мікроклімату, технологій утримання та систем годівлі [3, 4, 9, 15, 26]. Безумовно, її вирішення ґрунтується на впровадженні комплексу взаємопов'язаних заходів, серед яких важливе місце посідають фармакологічна корекція фізіологічного стану (біологічно-активні речовини, вітаміни, адаптогени, транквілізатори), оптимізація раціонів годівлі, селекція за ознакою стійкості до стресу, а також технологічні (покращення умов і параметрів утримання, параметрів мікроклімату, модернізація обладнання, удосконалення виробничих процесів) [5, 12, 19]. Зокрема встановлено, що

транквілізатори дають змогу істотно зменшити нервову збудливість, посилити толерантність свиней до стрес-чинників, знизити агресивність, збільшити рухову активність, сприяють розслабленню м'язів, зростанню резистентності організму та пом'якшенню больових відчуттів. Натомість слід зауважити, що транквілізатори не усувають наслідків стресу, а лише знижують інтенсивність його прояву [10, 13, 16]. Інші приклади наукової літератури [1, 2] переконливо демонструють, що в проблемі застосування ефективних засобів для зниження стресового навантаження у свиней добре зарекомендували себе адаптогени – речовини, що сприяють оптимізації адаптаційних процесів в організмі та підвищують його здатність протидіяти стрес-чинникам. Досвід інших науковців вказує на суттєву роль використання спеціальних кормових добавок із метою профілактики впливу стрес-чинників на організм свиней, особливо в період відлучення поросят від свиноматки, коли в результаті стресу підвищується їх сприйнятливість до бактеріальних інфекцій, що порушують функцію кишківника і можуть призводити до частой діареї та інших захворювань [22, 24]. У загальній структурі засобів зі зменшення негативного впливу стрес-чинників на організм тварин [6] фітобіотами розглядають також як ефективну альтернативу синтетичним антистресовим препаратам. Ці добавки зберігають активність під час технологічної обробки та рівномірно розподіляються в складі комбікормів. Поряд із застосуванням фітопрепаратів у заходах антистресової профілактики використовують окремі рослинні екстракти, які концентрують біологічно активні речовини та забезпечують виражений імуномодулювальний і адаптогенний ефект у свиней [17, 18, 20, 25]. Натомість не менш важливим залишається пошук інноваційних, більш ефективних і доступних рішень у цьому напрямі, що обумовлює актуальність і науково-

практичне значення проведеної роботи.

На особливу увагу за цих умов заслуговують амінокислота гліцин ($C_2H_5NO_2$), бурштинова кислота ($C_4H_6O_4$) та біологічно активне середовище 199, які стимулюють ріст і розвиток тварин, сприяють підвищенню відтворювальної здатності, покращенню природної резистентності, забезпечують поліпшення як забійних показників, так і якості продукції та сприяють зниженню стресового навантаження. Натомість вичерпні висновки щодо практичного застосування цих засобів у одній комбінованій фармацевтичній формі та синергічного використання у вітчизняному свинарстві наразі відсутні або ж обмежуються розкриттям ефекту окремих компонентів у вівчарстві, норківництві, скотарстві, свинарстві, що визначає необхідність їх поглибленого наукового узагальнення.

Метою роботи було розробити склад антистресового препарату та визначити ефективність його використання для профілактики стресів на різних етапах технологічного циклу вирощування молодняку свиней.

Матеріали і методи. Науково-господарський дослід виконували у виробничих умовах комплексу з виробництва свинини ПП АФ «Світанок» Нововодолажського району Харківської області. Експеримент не суперечив чинному законодавству України (стаття 26 Закону України 5456-VI від 16.10.2012 р. «Про захист тварин від жорстокого поводження») зі змінами станом на 04.08.2017 р. та «Загальним етичним принципам експериментів на тваринах», ухваленим Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001) і міжнародним біоетичним нормам (матеріалам IV Європейської Конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших цілей (Страсбург, 1986). Процедури відбору зразків та маніпуляцій з експериментальними тваринами схвалені комісією з біоетики Інституту

тваринництва НААН (протокол № 8 від 10.05.2023 р.).

На підставі аналізу сучасної наукової літератури та оцінки стану вітчизняного ринку антистресових засобів, що використовуються у тваринництві, як компоненти для розробки експериментального препарату обрали біологічно активне середовище 99, амінокислоту гліцин та бурштинову кислоту. Його створення здійснювали на базі Національного наукового центру «Інститут експериментальної та клінічної ветеринарної медицини» (м. Харків).

Науковим підґрунтям включення до складу препарату гліцину і бурштинової кислоти стали їх відомі та підтверджені біологічні властивості. Гліцин сприяє покращенню росту, фізіологічного стану, імунної реактивності та якості продукції, а також виявляє виражену антистресову дію. Бурштинова кислота нормалізує обмін речовин, знижує гіпоксичні прояви, підвищує стійкість до стресу та підтримує гомеостаз. Її застосування дає змогу збільшити продуктивність та прискорити відновлення організму тварин у періоди стресових навантажень. Біологічно активне середовище 199 – це стандартне живильне середовище для культивування клітин, яке містить збалансований комплекс неорганічних солей, амінокислот, вітамінів і глюкозу, необхідних для підтримання росту та розвитку клітин *in vitro*. У ветеринарній практиці використовують як допоміжний компонент у складі препаратів завдяки своїм біоактивним властивостям і здатності посилювати дію основних дієвих речовин.

Дослідження з визначення токсичності експериментального препарату проводили на білих нелінійних лабораторних щурах відповідно до загальноприйнятих методик (І. Я. Коцюмбас, 2005).

За організації й проведення дослідів застосовували загальноприйняті вимоги до постановки зоотехнічних дослідів [7]. Піддослідне поголів'я молодняку свиней було представлено першим поколінням, яке

походило від відтворного схрещування кнурів породи Ландрас зі свиноматками породи Йоркшир і було завезене з Данії. З метою формування товарного поголів'я в умовах базового господарства завезених помісних свинок осіменяли кнурами породи Дюрок.

Ефективність використання раціональної дози антистресового препарату визначали під час кастрації кнурців – одного з ранніх технологічних стресових чинників у свинарстві. Кнурців кастрували у віці 10 діб. Обрання саме цього стресового чинника обґрунтовували можливістю точного індивідуального врахування його впливу на кожну тварину, тоді як інші стрес-чинники, що діяли на організм у цьому віці, мали незначне фізіологічне значення.

Після підтвердження раціональної дози для проведення дослідів під час відлучення сформували три групи поросят-аналогів за генотипом, віком, статтю та живою масою, по 10 голів (5 кабанчиків і 5 свинок) у кожній. Поросятам ІІ (дослідної) групи внутрішньом'язово вводили експериментальний препарат у дозі 1,5 мл/10 кг живої маси на добу, тваринам ІІІ (дослідної) групи – аналогічну дозу (1,5 мл/10 кг живої маси на добу) стандартного антистресового препарату, а пороссятам І (контрольної) групи замість досліджуваних препаратів вводили еквівалентну кількість стерильного фізіологічного розчину, із метою нівелювання впливу самого факту ін'єкцій як стресового чинника. Ін'єкції препаратів здійснювали у внутрішню поверхню тазової кінцівки, натщесерце, у першій половині доби. Розчини препаратів вводили за дві доби до та дві доби після дії технологічних стрес-чинників, до яких віднесли: кастрацію, відлучення поросят від свиноматки, переведення їх до дільниць дорощування та відгодівлі.

Раціони годівлі складали відповідно до чинних деталізованих норм, з урахуванням віку, статі, живої маси молодняку, хімічного складу та поживності кормів і корегували залежно від періоду

виращування [11, 14]. Годівлю здійснювали двічі на добу: вранці та ввечері. У годівлі застосовували сухі повнораціонні комбікорми. Для балансування раціонів молодняку використовували білково-мінерально-вітамінні добавки.

Живу масу молодняку оцінювали шляхом індивідуального зважування вранці до годівлі при відлученні та на 60; 90; 121 і 162 доби, з точністю вимірювання до $\pm 0,1$ кг. За результатами зважувань розраховували загальний приріст за певний період дослідів та середньодобовий приріст живої маси.

Вік досягнення живої маси 100 кг установлювали за різницею в добах між датою досягнення живої маси 100 кг і датою народження.

Витрати комбікормів на одиницю приросту живої маси розраховували як відношення загальних їх витрат на одну голову за період вигодовування до величин абсолютного приросту.

Економічну ефективність вигодовування кабанчиків розраховували на основі фінансових затрат, які склалися на момент проведення досліджень і даних первинного бухгалтерського обліку базового господарства, відповідно до положень «Методики визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій» та «Типового положення з планування, обліку і калькулюванням собівартості продукції (робіт, послуг) сільськогосподарських підприємств».

Статистичний аналіз даних здійснювали за допомогою ліцензійної програми STATISTICA 10.0 (StatSoft), SPSS 15.0 та електронних таблиць MS Excel, 2010 для операційної системи Windows. Різницю між групами вважали статистично вірогідною за досягнення трьох рівнів вірогідності: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$; ^a – $P < 0,05$; ^{aa} – $P < 0,01$.

Результати та обговорення. В рамках токсикологічних досліджень з визначення нешкідливості, гострої токсичності та подразнювальної дії антистресового препарату за його впливу на організм лабораторних щурів встановлено, що він не мав вираженого негативного впливу на загальний стан, гематологічні показники їх крові та макроскопічну структуру внутрішніх органів і може бути віднесений за токсичністю до V класу – практично нетоксичні речовини та ступенем небезпечності він відповідає IV класу – малонебезпечні речовини.

Разом із тим, застосування препарату в дозі 0,7/1,5 мл/10 кг живої маси на добу виявилось найбільш ефективним щодо зниження стресових проявів у кнурців під час та після кастрації, що підтверджується збільшенням їх живої маси та інтенсивності росту. На підставі одержаних даних цю дозу було обрано для практичного використання в подальших дослідженнях при відлученні поросят від свиноматки, переведенні їх до дільниць дорошування і відгодівлі.

На підставі результатів індивідуальних зважувань молодняку свиней обґрунтовано, що технологічні стрес-чинники впливали на показники живої маси та інтенсивність росту, тоді як використання антистресових препаратів помітно послаблювало прояв їх негативних наслідків (табл. 1).

Аналіз даних, наведених у таблиці, переконливо свідчить про те, що після відлучення від свиноматки й переведення до дільниць дорошування та відгодівлі, поросята дослідних груп демонстрували вищу стресостійкість й швидку адаптацію до споживання нових кормів та умов утримання. Проте, найвищі та найстабільніші величини живої маси упродовж періоду дослідження були притаманні тваринам III групи, порівняно з ровесниками I та II груп, представники II групи займали проміжне положення, а найнижчі значення відповідного показника зареєстровано в особин I групи.

1. Зміни живої маси та середньодобових її приростів у молодняку по періодах досліді (n = 10), $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$

Показник	Група		
	I – контрольна	II – дослідна	III – дослідна
Жива маса молодняку, кг:			
при відлученні у 28 діб	7,52 ± 0,34	7,58 ± 0,41	7,89 ± 0,34
60 діб	19,26 ± 0,43	20,84 ± 0,34*	21,58 ± 0,45**
90 діб	33,81 ± 0,53	35,44 ± 0,44	36,22 ± 0,65**/a
121 добу	60,44 ± 0,68	62,80 ± 0,69*	65,16 ± 0,88****/a
162 добу	100,22 ± 0,46	102,91 ± 1,34	105,77 ± 0,89****
Середньодобовий приріст за період, г:			
28–60 діб	367 ± 7,13	414 ± 6,28****	428 ± 6,01****
61–90 діб	485 ± 7,02	487 ± 6,25	488 ± 9,01
91–121 добу	859 ± 6,78	883 ± 11,89	934 ± 8,71****/aa
122–162 доби	970 ± 21,35	978 ± 30,69	990 ± 29,92
за період досліді	692 ± 4,91	712 ± 9,54	730 ± 7,93****
Вік досягнення живої маси 100 кг, діб	168 ± 1,92	163 ± 2,37	161 ± 2,33*
Витрати корму на 1 кг приросту, ЕКО	3,82	3,45	3,28

Примітка: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; **** – $P < 0,001$ – вірогідність різниці щодо I групи; a – $P < 0,05$; aa – $P < 0,01$ – щодо II групи.

У ході дослідження встановлено, що динаміка живої маси у піддослідного молодняку відзначалася нерівномірним характером, і вже наприкінці початкового періоду дорошування між групами було зареєстровано перші статистично вірогідні відмінності за відповідним показником. Зокрема молодняк III групи в цей період зростав інтенсивніше, випереджаючи ровесників I групи на 2,32 кг або 12,0 % ($P < 0,01$) і тварин II групи – на 0,74 кг або 3,6 %. Перевагу за живою масою відзначали також і в молодняку II групи щодо тварин I групи, хоча відмінності виявились менш вираженими та становили 1,58 кг або 8,2 % ($P < 0,05$). Надалі (II етап дорошування) різниця за живою масою між групами майже вирівнялася, проте молодняк III групи продовжував переважати ровесників I групи на 2,41 кг або 7,1 % ($P < 0,01$) та молодняк II групи – на 0,78 кг, або 2,2 % ($P < 0,05$). Відмінність за живою масою між тваринами I й II груп становила 1,63 кг, або 4,8 % на користь останніх.

На першому етапі відгодівлі розбіжності між групами за цим показником розпочали поступово збільшуватися на користь молодняку

III групи та прибавка до їх живої маси, порівняно з аналогами I й II груп, становила відповідно 4,72 кг або 7,8 % ($P < 0,001$) та 2,36 кг або 3,8 % ($P < 0,05$). Своєю чергою поросята II групи в цей період виявились також важчими за особин I групи на 2,36 кг або 3,9 % ($P < 0,05$).

Відставання в рості молодняку I групи зберігалось й на 162 добу досліді. У цьому віці жива маса молодняку III групи стала більшою щодо тварин I групи на 5,55 кг, або 5,5 % ($P < 0,001$) і II групи – на 2,86 кг, або 2,8 %. Перевершення відповідного показника в молодняку II групи над аналогами I групи становило 2,69 кг, або 2,7 %, але за статистичного опрацювання даних різниця була невірогідною. Разом із тим, молодняк I групи збільшив живу масу від відлучення у 28 діб і до досягнення 162-добового віку на 92,7 кг, або 13,3 раза, II – на 95,3 кг, або 13,6 раза та III – на 97,9 кг, або 13,4 раза.

Послідовне зростання середньодобових приростів живої маси у тварин II й III дослідних груп відповідало загальній динаміці збільшення їх живої маси. Зокрема використання експериментального антистресового

препарату (ІІІ група) сприяло підвищенню інтенсивності росту порослят у період від відлучення до 60-ї доби на 61,0 г, або 16,6 % ($P < 0,001$), тоді як застосування стандартного засобу (ІІ група) – на 47,0 г, або 12,8 % ($P < 0,001$) щодо ровесників контрольної групи (І група). Період росту молодняку від 61 до 90 діб характеризувався незначним збільшенням енергії росту, проте перевага молодняку дослідних груп над аналогами контрольної групи істотно зменшилася.

Виражений зростальний ефект продовжували реєструвати та в перший період відгодівлі, коли перевага молодняку ІІІ групи над ровесниками І й ІІ груп за рівнем середньодобових приростів становила відповідно 75,0 г, або 8,7 % ($P < 0,001$) та 51,0 г, або 5,8 % ($P < 0,01$), тоді як відмінність між ровесниками І і ІІ груп за цим показником була на рівні 24,0 г, або 2,8 %.

Застосування експериментального препарату також забезпечило помітний нормалізуючий вплив на формування середньодобових приростів живої маси у молодняку за період досліду, порівняно зі стандартним засобом. Зокрема перевага тварин ІІІ групи над ровесниками І групи за цим показником досягла 38,0 г, або 5,5 % ($P < 0,001$) і ІІ групи – 18,0 г, або 2,5 %, у той час, як різниця між ІІ та І групами становила 20,0 г, або 2,9 % на користь

перших.

Неоднакова інтенсивність росту молодняку зумовила різні строки досягнення ними забійних кондицій. Установлено, що найкращі показники скоростиглості демонстрував молодняк ІІІ групи, який досяг живої маси 100 кг за 162 доби, або на 7 діб ($P < 0,01$) і на 2 доби раніше, ніж аналоги відповідно І й ІІ груп. Тварини ІІ групи також відзначалися підвищеною скоростиглістю і набули цієї маси на 5 діб раніше, ніж ровесники І групи. Окрім того, молодняк ІІІ групи характеризувався найнижчими показниками витрат корму на одиницю приросту живої маси (3,28 ЕКО), що на 14,1 і 4,9 % менше, порівняно з ровесниками І та ІІ груп.

Висока ефективність використання різноманітних антистресових засобів для зниження негативного впливу стрес-чинників на організм свиней та підвищення їх продуктивності підтверджується й іншими дослідниками [1, 2, 6, 10, 13, 16–18, 20, 22, 24, 25]. Важливим показником результативності застосування досліджуваних препаратів, як антистресових у свинарстві, став рівень економічної ефективності вирощування кабанчиків, який дав змогу підтвердити доцільність подальшого їх впровадження у виробничу практику (табл. 2).

2. Економічна ефективність вирощування кабанчиків за використання антистресових препаратів (за цінами 2025 року)

Показник	Група		
	І	ІІ	ІІІ
Вартість 1 ц ЕКО комбікорму з добавками, грн	950	950	950
Витрати на виробництво приросту, ц ЕКО/голову	331,84	308,53	303,66
Виручка від реалізації продукції, грн/голову	5633,9	5757,0	5997,3
у т. ч.: м'яса	3902,8	3995,2	4202,0
сала	1016,4	1022,4	1027,2
інших їстівних частин	445,28	490,20	510,52
кісток	269,50	249,20	257,60
Собівартість виробництва продукції, грн/голову	4503,5	4247,9	4242,3
Прибуток, грн/голову	1130,3	1509,0	1754,9
Додатково одержано прибутку, грн/голову	-	378,68	624,59
Рівень рентабельності, %	25,1	35,5	41,4

Варто зауважити, що під час проведення дослідів в структурі собівартості вирощування однієї голови найбільшу питому частку займали витрати на корми – 68,0–70,0 %, а додаткові витрати на придбання стандартного і виготовлення експериментального препаратів становили відповідно 1,7 і 2,6 % до загальних виробничих витрат.

Водночас обсяг витрат на виробництво приросту живої маси однієї голови в II й III дослідних групах був менший відповідно на 23,3 і 28,2 ц ЕКО, або 7,0 і 8,5 %, порівняно з контрольною групою, що свідчить про раціональніше використання комбікорму тваринами цих груп. За порівняння дослідних груп найменші виробничі витрати на одну голову відмічено у III групі, де вони були на 4,9 ц ЕКО, або 1,6 % нижчими щодо аналогічних показників у II групі.

Основними джерелами формування загального виторгу від реалізації продукції були надходження від продажу м'яса, сала, інших їстівних частин туш та кісток. За однакової реалізаційної вартості окремих компонентів туш у межах піддослідних груп, найвищий рівень доходів із розрахунку на одну голову зареєстровано в III групі, що на 363,3 і 240,3 грн, або 6,4 і 4,2 % більше, ніж відповідно у I й II групах. Поступаючись ровесникам III дослідної групи за цим показником, реалізація продукції від тварин II дослідної групи також забезпечила господарству додатковий дохід у розмірі 123,0 грн, або 2,1 % із розрахунку на одну голову, порівняно з молодняком I контрольної групи.

Зростання грошових надходжень від реалізації продукції II й III дослідних груп зумовлювалося не лише більшими сумами виторгу за продаж м'яса відповідно на 92,4 і 299,2 грн, або 2,4 і 7,7 %, але й сала – відповідно на 6,0 і 10,8 грн, або 0,6 і 1,1 % та інших їстівних частин туш – відповідно на 44,9 і 65,2 грн, або 10,1 і 14,7 %, попри незначне зменшення доходів від реалізації кісток. Разом із тим, застосування експериментального препарату

супроводжувалося збільшенням виторгу від реалізації товарної продукції з розрахунку на одну голову у вигляді м'яса на 206,8 грн, або 5,2 %, інших їстівних частин туш – на 20,3 грн, або 4,1 % та кісток – на 8,4 грн, або 3,4 %, порівняно з ровесниками, яким уводили стандартний антистресовий засіб, на тлі майже однакової суми надходжень від продажу сала. Питома частка м'яса в загальній структурі реалізованої товарної продукції всіх груп становила 69,3–70,1 %, сала – 17,1–18,0 %, інших їстівних частин туш – 7,9–8,5 % та кісток – 4,3–4,8 %.

Використання антистресових препаратів у II і III дослідних групах сприяло й зниженню собівартості виробництва продукції, порівняно з контрольною групою, відповідно на 255,7 і 261,3 грн, або 5,7 і 5,8 % із розрахунку на одну голову. При тому що сукупні витрати на виробництво продукції в цих групах були майже однаковими.

Зменшення собівартості продукції та зростання виручки від її реалізації в II і III дослідних групах зумовило істотне підвищення прибутковості на 378,7 і 624,6 грн, або 33,5 і 55,3 % із розрахунку на одну голову, порівняно з контрольною групою. З іншого боку, важливим чинником зростання прибутковості реалізованої продукції у III групі стало сприятливіше співвідношення між обсягом виручки та її собівартістю, що й уможливило одержання додаткової суми доходів у розмірі 245,9 грн із розрахунку на одну голову, на противагу з аналогами II дослідної групи.

Зростання фінансової віддачі від використання досліджуваних антистресових препаратів позитивно позначилося на рівні рентабельності, який у II й III дослідних групах перевищував аналогічний показник контрольної групи відповідно на 10,4 і 16,3 %. Утім, попри обсяг додатково вкладених коштів у виготовлення експериментального препарату в III групі (у 1,5 рази), ефективність його використання була виправдана досягненням найвищого рівня

рентабельності виробництва товарної продукції, з перевагою за відповідним показником над ровесниками, яким уводили стандартний антистресовий засіб на 5,9 %.

Висновки. Застосування антистресових препаратів, як засобів послаблення дії технологічних стрес-чинників, позитивно вплинуло на живу масу та інтенсивність росту молодняку, причому експериментальний препарат виявився найбільш ефективним, забезпечивши зростання продуктивності та підвищення скоростиглості тварин упродовж досліджу.

Комплексна профілактика стрес-

чинників під час відлучення, переведення до дільниць дорощування і відгодівлі кабанчиків за застосування обох антистресових препаратів забезпечила кращу засвоюваність ними кормів, зниження собівартості продукції, збільшення прибутку від її реалізації та підвищення рівня рентабельності вирощування. Проте, попри додаткові витрати на виготовлення експериментального антистресового препарату, його застосування є найбільш доцільним для досягнення вищої економічної ефективності, порівняно зі стандартним засобом.

Список використаної літератури

1. Антоненко П., Постовенко В., Халак В. Застосування фітопрепаратів проти стресів у свиней. *Тваринництво України*. 2007. № 12. С. 30–31.
2. Бучко О. Адаптогени стрес-коректори у свинарстві. *Тваринництво України*. 2010. № 8. С. 26–29.
3. Вплив відокремленого вирощування молодняку свиней з різною стресовою чутливістю на його продуктивні якості / В. Я. Лихач та ін. *Animal Science and Food Technology*. 2020. 11 (1). С. 43–55. <https://doi.org/10.31548/animal2020.01.043>.
4. Гайдей О. С. Проблема стресу у тваринництві. *Ветеринарна медицина*. 2012. Вип. 96. С. 270–271. <https://www.jvm.kharkov.ua/sbornik/96/109.pdf>.
5. Гапонов И. В. Физиологические и технологические стрессы при отъеме поросят. Защитный эффект антистрессового препарата. *Свинарство України*. 2012. № 6. С. 6–9.
6. Жукова І. О., Молчанов А. А., Антипін С. Л. Підвищення стійкості організму свиней до окисного стресу засобами рослинного походження. *НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2017. Т. 19. № 74. С. 33–37.
7. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : навчальний посібник / І. І. Ібатуллін та ін. ; за ред. І. І. Ібатулліна, О. М. Жукорського. Київ : Аграрна наука. 2017. 328 с.
8. Левченко, І. С. Вплив факторів технологічного стресу на продуктивність сільськогосподарських тварин. *Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути* : тези доп. І Міжнар. науково-практичної інтернетконференції (Дніпро, 6–7 лют. 2020 р.). Дніпро. Т. 2. С. 241–245. <http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2020/02/TOM-2-Zbimik-1-mizhnarodna-nauk-prakt-int.-konf-Winter-Debates-1.pdf>.

References

1. Antonenko P., Postovenko V., Khalak V. Use of herbal medicines against stress in pigs. *Tvarynnystvo Ukrainy*. 2007. No. 12. P. 30–31.
2. Buchko O. Adaptogens as stress correctors in pig farming. *Tvarynnystvo Ukrainy*. 2010. No. 8. P. 26–29.
3. The impact of separate rearing of young pigs with different stress sensitivity on their productive qualities / V. Ya. Lykhach et al. *Animal Science and Food Technology*. 2020. 11 (1). P. 43–55. <https://doi.org/10.31548/animal2020.01.043>.
4. Haidei O. S. The problem of stress in livestock farming. *Veterynarna medytsyna*. 2012. Vol. 96. P. 270–271. <https://www.jvm.kharkov.ua/sbornik/96/109.pdf>.
5. Haponov I. V. Physiological and technological stresses during weaning of piglets. Protective effect of an anti-stress drug. *Svynarstvo Ukrainy*. 2012. No. 6. P. 6–9.
6. Zhukova I. O., Molchanov A. A., Antipin S. L. Increasing the resistance of the pig body to oxidative stress using plant-based products. *NV LNU veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii. Seriya «Silskohospodarski nauky»*. 2017. Vol. 19. No. 74. P. 33–37.
7. Methodology and organization of scientific research in animal husbandry : study guide / I. I. Ibatullin et al. ; za red. I. I. Ibatullina, O. M. Zhukorskoho. Kyiv : Ahrarna nauka. 2017. 328 p.
8. Levchenko, I. S. The influence of technological stress factors on the productivity of farm animals. *Intehratsiia osvity, nauky ta biznesu v suchasnomu seredovyshchi: zymovi dysputy* : tezy dop. I Mizhnar. naukovo-praktychnoi internetkonferentsi (Dnipro, 6–7 liut. 2020 r.). Dnipro. Vol. 2. P. 241–245. <http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2020/02/TOM-2-Zbimik-1-mizhnarodna-nauk-prakt-int.-konf-Winter-Debates-1.pdf>.

9. Показники резистентності і збереженість молодняку свиней за різних генотипів та стрес-реакцій / Ю. О. Щепетільников та ін. Свинарство. 2019. Вип. 73. С. 274–278. <https://svinarstvo.com/zbirnyk/archive/73/73-274-278.pdf>.

10. Профілактика стресів у свиней та підвищення їх продуктивності за впливу фітопрепаратів / П. П. Антоненко та ін. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Ветеринарна медицина». 2013. Вип. 9 (33). С. 80–83.

11. Рекомендації з нормованої годівлі свиней / Г. О. Богданов та ін. ; за ред. Є. В. Руденка, Г. О. Богданова, В. М. Кандиби. Київ : Аграрна наука. 2012. 112 с. <https://dspace.hnpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b345bcd6-f8a4-42ea-8e80-bb0d951ebab8/content>.

12. Стояновський В. Г. Стан неспецифічної резистентності організму поросят за впливу технологічного стресу та способи його корекції при включенні в раціон різних пробіотичних препаратів. Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного інституту ветпрепаратів та кормових добавок. 2013. Вип. 14. № 1–2. С. 418–422.

13. Стояновський В. Фізіологічний стан організму поросят за дії стресу у період відлучки та при застосуванні пробіотичних препаратів. Сільський господар. 2012. № 9–10. С. 5–8.

14. Сучасні технології годівлі свиней / А. А. Гетья та ін. Полтава, 2010. 84 с.

15. Токарчук Т. С. Механізми захисту від стресів у поросят в період відлучення. Збірник матеріалів II Міжнар. наук.-практ. конф. «Теорія і практика сучасної науки» (Чернівці, 24–25 лист. 2017 р.). Херсон : ВД «Гельветика», 2017. Ч. 2. С. 102–104.

16. Фотіна Т. І., Ребенко Г. І. Вплив препаратів на показники неспецифічного імунітету та антиоксидантного захисту поросят в умовах стресу при відлученні. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Ветеринарна медицина». 2015. Вип. 1 (36). С. 181–186.

17. Diabetes mellitus and medicinal plants-a review / S. Surya et al. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. 2014. Vol. 4. No. 5. P. 337–347. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60585-5](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60585-5).

18. Dietary chlorogenic acid supplementation affects gut morphology, antioxidant capacity and intestinal selected bacterial populations in weaned piglets / Y. Zhang et al. *Food & Function*. 2018. Vol. 9. No. 9. P. 4968–4978. DOI: 10.1039/C8FO01126E.

19. Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs / S. G. Matthews et al. *The Veterinary Journal*. 2016. Vol. 217. P. 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.09.005>.

20. Effects of a short-term supranutritional selenium supplementation on redox balance, physiology and insulin-related metabolism in heat-stressed pigs / F. Liu et al. *Journal of Animal Physiology and Animal*

9. Resistance indicators and survival of young pigs under different genotypes and stress reactions / Yu. O. Shchepetilnikov et al. *Svynarstvo*. 2019. Vol. 73. P. 274–278. <https://svinarstvo.com/zbirnyk/archive/73/73-274-278.pdf>.

10. Prevention of stress in pigs and increasing their productivity under the influence of phytopreparations / P. P. Antonenko et al. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia «Veterynarna medytsyna»*. 2013. Vol. 9 (33). P. 80–83.

11. Recommendations for normalized feeding of pigs / H. O. Bohdanov et al. ; za red. Ye. V. Rudenka, H. O. Bohdanova, V. M. Kandyby. Kyiv : Ahrarna nauka. 2012. 112 p. <https://dspace.hnpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b345bcd6-f8a4-42ea-8e80-bb0d951ebab8/content>.

12. Stoianovskyi V. H. The state of nonspecific resistance of the piglet organism under the influence of technological stress and methods of its correction when including various probiotic preparations in the diet. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Derzhavnoho naukovo-doslidnoho instytutu vetpreparativ ta kormovykh dobavok*. 2013. Vol. 14. No. 1–2. P. 418–422.

13. Stoianovskyi V. Physiological state of piglets under stress during weaning and when using probiotics. *Silskyi hospodar*. 2012. No. 9–10. P. 5–8.

14. Modern pig feeding technologies / A. A. Hetia et al. Poltava, 2010. 84 p.

15. Tokarchuk T. S. Mechanisms of protection against stress in piglets during the weaning period. *Zbirnyk materialiv II Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Teoriia i praktyka suchasnoi nauky»* (Chernivtsi, 24–25 lyst. 2017 r.). Kherson : VD «Helvetyka», 2017. Ch. 2. P. 102–104.

16. Fotina T. I., Rebenko H. I. The effect of drugs on indicators of nonspecific immunity and antioxidant protection of piglets under stress conditions at weaning. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia «Veterynarna medytsyna»*. 2015. Issue 1 (36). P. 181–186.

17. Diabetes mellitus and medicinal plants-a review / S. Surya et al. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. 2014. Vol. 4. No. 5. P. 337–347. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60585-5](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60585-5).

18. Dietary chlorogenic acid supplementation affects gut morphology, antioxidant capacity and intestinal selected bacterial populations in weaned piglets / Y. Zhang et al. *Food & Function*. 2018. Vol. 9. No. 9. P. 4968–4978. DOI: 10.1039/C8FO01126E.

19. Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs / S. G. Matthews et al. *The Veterinary Journal*. 2016. Vol. 217. P. 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.09.005>.

20. Effects of a short-term supranutritional selenium supplementation on redox balance, physiology and insulin-related metabolism in heat-stressed pigs / F. Liu et al. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2018. Vol. 102. No. 1. P. 276–285.

Nutrition. 2018. Vol. 102. No. 1. P. 276–285. <https://doi.org/10.1111/jpn.12689>.

21. Effect of group size-floor space allowance and floor type on growth performance and carcass characteristics of heavy pigs / R. Rossi Costa et al. *Journal of Swine Health and Production*. 2008. Vol. 16. No. 6. P. 304–311. aasv.org/shap/issues/v16n6/v16n6p304.htm.

22. Interaction between microbes and host intestinal health: modulation by dietary nutrients and gut-brain-endocrine-immune Axis / J. Chen et al. *Current Protein and Peptide Science*. 2015. Vol. 16. No. 7. P. 592–603. DOI: 10.2174/1389203716666150630135720.

23. Jurkovich, V., Hejel, P., Kovács, L. A. Review of the effects of stress on dairy cattle Behaviour. *Animals*. 2024. Vol. 14. No. 14. P. 2038. DOI: 10.3390/ani14142038.

24. Nutritional influences on some major enteric bacterial diseases of pig / J. R. Pluske et al. *Nutrition Research Reviews*. 2002. Vol. 15. No. 2. P. 333–371. DOI: 10.1079/nrr200242.

25. Plant extracts: from encapsulation to application / B. Armendariz-Barragan et al. *Expert Opinion on Drug Delivery*. 2016. Vol. 13. No. 8. P. 1165–1175. DOI: 10.1080/17425247.2016.1182487.

26. Sasaki, Y., Koketsu, Y. Mortality, death interval, survivals, and herd factors for death in gilts and sows in commercial breeding herds. *Journal of Animal Science*. 2008. Vol. 86. No. 11. P. 3159–3165. DOI: 10.2527/jas.2008-1047.

27. The impact of heat stress on dairy cattle: Effects on milk quality, rumination behaviour, and reticulorumen pH response using machine learning models / K. Džermeikaitė et al. *Biosensors*. 2025. Vol. 15. No. 9. P. 608. DOI: 10.3390/bios15090608.

<https://doi.org/10.1111/jpn.12689>.

21. Effect of group size-floor space allowance and floor type on growth performance and carcass characteristics of heavy pigs / R. Rossi Costa et al. *Journal of Swine Health and Production*. 2008. Vol. 16. No. 6. P. 304–311. aasv.org/shap/issues/v16n6/v16n6p304.htm.

22. Interaction between microbes and host intestinal health: modulation by dietary nutrients and gut-brain-endocrine-immune Axis / J. Chen et al. *Current Protein and Peptide Science*. 2015. Vol. 16. No. 7. P. 592–603. DOI: 10.2174/1389203716666150630135720.

23. Jurkovich, V., Hejel, P., Kovács, L. A. Review of the effects of stress on dairy cattle Behaviour. *Animals*. 2024. Vol. 14. No. 14. P. 2038. DOI: 10.3390/ani14142038.

24. Nutritional influences on some major enteric bacterial diseases of pig / J. R. Pluske et al. *Nutrition Research Reviews*. 2002. Vol. 15. No. 2. P. 333–371. DOI: 10.1079/nrr200242.

25. Plant extracts: from encapsulation to application / B. Armendariz-Barragan et al. *Expert Opinion on Drug Delivery*. 2016. Vol. 13. No. 8. P. 1165–1175. DOI: 10.1080/17425247.2016.1182487.

26. Sasaki, Y., Koketsu, Y. Mortality, death interval, survivals, and herd factors for death in gilts and sows in commercial breeding herds. *Journal of Animal Science*. 2008. Vol. 86. No. 11. P. 3159–3165. DOI: 10.2527/jas.2008-1047.

27. The impact of heat stress on dairy cattle: Effects on milk quality, rumination behaviour, and reticulorumen pH response using machine learning models / K. Džermeikaitė et al. *Biosensors*. 2025. Vol. 15. No. 9. P. 608. DOI: 10.3390/bios15090608.