

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

УДК 631.636

ISSN 0130-8521
e- ISSN 2786-5231

*Рекомендовано до друку
вченою радою Інституту сільського
господарства Карпатського регіону
НААН,
протокол № 10
від 30 грудня 2024 р.*

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

*Редактор М. М. Кахнич
Верстка О. Я. Полуліх
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 76 • Частина 2 • 2024



**Видавництво
Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН
Оброшине 2024**

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 О. Ф.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна, відповідальний редактор
- Коник Г. С.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна, заступник відповідального редактора
- Влізло В. В.**, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, Україна, заступник відповідального редактора
- Панахид Г. Я.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна, відповідальний секретар
- Байструк-Глодан Л. З.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Бойко П. І.**, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», Україна
- Вавринович О. В.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Вовк С. О.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Волощук І. С.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Волощук О. П.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Дармограй Л. М.**, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Україна
- Дзюбайло А. Г.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Ільчук Р. В.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Качмар О. Й.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Ковалишин С. Й.**, Львівський національний аграрний університет, Україна
- Лихочвор В. В.**, Львівський національний аграрний університет, Україна
- Мароунек М.**, Інститут тваринництва, Чеська республіка
- Оліфір Ю. М.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Останів Д. Д.**, Інститут біології тварин НААН, Україна
- Партика Т. В.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Петриченко В. Ф.**, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, Україна
- Пілярчик Б.**, Західнопоморський технологічний університет в м. Щецін, Республіка Польща
- Рівіс Й. Ф.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Седіло Г. М.**, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Стадницька О. І.**, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна
- Чернявська-Пятковська Є.** Західнопоморський технологічний університет в м. Щецін, Республіка Польща

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

*Recommended for publication
by the Academic Council
of Institute of Agriculture
of Carpathian Region of NAAS,
Protocol № 10 of December 30, 2024*

*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 76 • Issue 2 • 2024



*Видавництво
Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН
Obroshyne 2024*

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 O. F.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine, editor-in-chief
- Konyk H. S.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine, deputy editor-in-chief
- Vlizlo V. V.**, Academician of NAAS, State Scientific-Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Ukraine, deputy editor-in-chief
- Panakhid H. Ya.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine, executive secretary
- Baistruk-Hlodan L. Z.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Boiko P. I.**, National Scientific Center "Institute of Agriculture of NAAS", Ukraine
- Vavrynovych O. V.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Vovk S. O.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Voloshchuk I. S.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Voloshchuk O. P.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Darmohray L. M.**, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine
- Dziubailo A. H.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Ilchuk R. V.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Kachmar O. Y.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Kovalyshyn S. Y.**, Lviv National University of Nature Management, Ukraine
- Lykhochvor V. V.**, Lviv National University of Nature Management, Ukraine
- Marounek M.**, Institute of Animal Science, Czech Republic
- Olifir Yu. M.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Ostapiv D. D.**, Institute of Animal Biology of NAAS, Ukraine
- Partyka T.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Petrychenko V. F.**, Institute of Feed and Agriculture of Podillya NAAS, Ukraine
- Pilyarchik B.**, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland
- Rivis Y. F.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Stadnytska O.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Sedilo H. M.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Fedak N. M.**, Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine
- Czerniawska-Piqtowska E.**, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland
- Shuvar I. A.**, Lviv National University of Nature Management, 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, 2024

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

<i>Павлов А. І., Вавринович О. В., Льчук Р. В.</i> Аналіз розсадника вихідного матеріалу картоплі, як етапу селекційної роботи.....	7	<i>Pavlov A. I., Vavrynovych O. V., Ilchuk R. V.</i> Analysis of initial breeding material based on key economically valuable traits
<i>Безкоровайний В. М., Мойсієнко В. В.</i> Оптимізація елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Лісостепу Правобережного.....	15	<i>Bezkorovainyi V. M., Moisiienko V. V.</i> Optimization of winter rapeseed cultivation technology elements in the conditions of Right-Bank Forest-Steppe
<i>Біловус Г. Я., Ващишин О. А., Пристацька О. Н.</i> Ураження ячменю озимого основними грибними хворобами в умовах Лісостепу Західного.....	28	<i>Bilovus H. Ya., Vashchyshyn O. A., Prystatska O. N.</i> Infection of winter barley by major fungal diseases in the conditions of the Western Forest-Steppe
<i>Вавринович О. В., Качмар О. Й., Дубицький О. Л., Дубицька А. О., Щерба М. М.</i> Формування банку насіння бур'янів у ґрунті за різного антропогенного навантаження....	39	<i>Vavrynovych O. V., Kachmar O. Y., Dubytskyi O. L., Dubytska A. O., Shcherba M. M.</i> Formation of a weed seed bank in the soil under various anthropogenic load
<i>Гавришко О. С., Оліфір Ю. М., Партика Т. В., Козак Н. І.</i> Проблеми підвищення продуктивності пшениці озимої на кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах у різних ротаціях сівозміни за довготривалого антропогенного впливу...	52	<i>Havryshko O. S., Olifir Yu. M., Partyka T. V., Kozak N. I.</i> Problems of increasing the productivity of winter wheat on acidic Albic Pantostagnic Luvisol in different crop rotations under long-term anthropogenic influence
<i>Козак Н. І., Панахид Г. Я.</i> Енергетична ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні.....	62	<i>Kozak N. I., Panakhyd H. Ya.</i> Energy efficiency of red clover cultivation in short rotation crop rotation
<i>Падалко Т. О.</i> Еколого-технологічні особливості впливу строків сівби на формування біометричних показників нагідок лікарських (<i>Calendula officinalis</i>) в умовах Правобережного Лісостепу України.....	72	<i>Padalko T. O.</i> Ecological and technological features of the influence of sowing times on the formation of biometric indicators of <i>Calendula officinalis</i> in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

<i>Столяр С. Г., Трембіцька О. І.</i> Оцінка стійкості районуваних і перспективних сортів спельти озимої до септоріозу в Поліссі України.....	81	<i>Stoliar S. H., Trembitska O. I.</i> Assessment of resistance of zoned and prospective varieties of winter spelt to septoriosi in the Polissia of Ukraine
<i>Тирус М. Л., Лихочвор В. В., Оліфір Ю. М.</i> Вміст жирних кислот в олії сортів амаранту за вирощування в умовах Західного Лісостепу.....	91	<i>Tyrus M. L., Lykhochvor V. V., Olifir Yu. M.</i> The content of fatty acids in the oil of amaranth varieties grown in the conditions of the Western Forest-Steppe
<i>Хом'як М. М., Байструк-Глодан Л. З., Коник Г. С.</i> Параметри моделі сорту грястиці збірної (<i>Dactylis glomerata</i> L.) в умовах Передкарпаття.....	102	<i>Khomiak M. M., Baistruk-Hlodan L. Z., Konyk H. S.</i> Parameters of the model of orchardgrass variety (<i>Dactylis glomerata</i> L.) in the conditions of the Pre-Carpathian region
<i>Шувар А. М., Сенік І. І, Мазур С. С, Брич В. Я, Беген Л. Л., Борисяк О. В.</i> Інновації застосування азотних добрив в агроценозах.....	115	<i>Shuvar A. M., Senyk I. I, Mazur S. S, Brych V. Ya, Behen L. L., Borysiak O. V.</i> Innovations in the application of nitrogen fertilizers in agrocenoses

ТВАРИННИЦТВО**STOCKBREEDING**

<i>Вовк С. О., Седіло Г. М., Петришин М. А., Польовий І. В.</i> Якісні і кількісні зміни мікробіоти рубця, її ферментативна активність у лактуючих вівцематок та інтенсивність росту підсисних ягнят за аліментарної дії дріжджових біодобавок...	123	<i>Vovk S. O., Sedilo H. M., Petryshyn M. A., Polovyi I. V.</i> Qualitative and quantitative changes in the rumen microbiota in lactating ewe and the growth intensity of sucking lambs under the nutrition effect of yeast bioadditives
<i>Воробель М. І.</i> Ефективність впливу різних доз біопрепаратів на емісію шкідливих газів з гною свиней.....	131	<i>Vorobel M. I.</i> Effectiveness of the influence of different doses of biopreparations on the emission of harmful gases from pig manure
<i>Пундик В. П., Вовк С. О., Ференц Л. В., Дмитроца А. І.</i> Продуктивність чистопородних і помісних свиноматок при поєднанні з кнурми різного походження.....	144	<i>Pundyk V. P., Vovk S. O., Ferents L. V., Dmytrotsa A. I.</i> Productivity of purebreed and crossbreed sows when mating with boars of different origin

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-1

Review

UDC 635.21:631.527:633.522:631.52

ANALYSIS OF INITIAL BREEDING MATERIAL BASED ON KEY ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS**A. I. Pavlov, O. V. Vavrynovych, R. V. Ilchuk**

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

Oksana VAVRYNOVYCH
ORCID: 0000-0003-3466-1432

Roman ILCHUK
ORCID: 0000-0002-3524-4844

For corresponding:

Roman ILCHUK
e-mail: Roman_ilchuk@ukr.net

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:
September 3, 2024
Accepted:
October 3, 2024

The article presents results from analysing a nursery of initial breeding material (hybridisation nursery) to identify and incorporate the most suitable cultivated potato varieties and interspecific hybrids created from phylogenetically distant species into breeding work to develop new potato varieties adapted to the soil and climate conditions of the Western Forest-Steppe region of Ukraine. The main research methods used were field trials, analytical techniques, and statistical analysis. The results showed that interspecific hybrids are characterised by many tubers per plant (11.3–27.0), with relatively high average tuber weight (74–89 g). These hybrids exhibit traits of cultivated varieties in terms of high productivity per plant, average tuber mass, and marketability of tubers (up to 95.0 %). The interspecific hybrids are characterised by high tuber marketability, increased starch content, and high resistance of vegetative mass to late blight (7.3–8.8 points on a 9-point scale). Analysis of the interspecific hybrids as one of the groups incorporated into the breeding work allows the conclusion that developing varieties with high yields combined with late blight resistance and valuable economic traits is possible. Ukrainian and foreign potato varieties in the initial breeding material nursery, such as Slava, Legenda, Duzha, Svalyavska, Shchedryk, Myroslava, Chervona Ruta, Krynytsa, and Pryhozha, are recommended for incorporation into the hybridisation process to create new breeding material.

Keywords: potato, variety, interspecific hybrid, yield, resistance, late blight.

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

© Pavlov A. I., Vavrynovych O. V., Ilchuk R. V., 2024

Аналіз розсадника вихідного матеріалу картоплі, як етапу селекційної роботи

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

Оксана ВАВРИНОВИЧ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0003-3466-1432

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

Для листування:

Роман ІЛЬЧУК
e-mail: Roman_ilchuk@ukr.net

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:

3 вересня 2024 р.

Погоджено до друку:

3 жовтня 2024 р.

Наведено результати досліджень проведення аналізу розсадника вихідного матеріалу (розсадника гібридизації) задля встановлення і залучення в селекційну роботу найбільш придатних культурних сортів картоплі та міжвидових гібридів, що створені на основі філогенетично віддалених видів для створення нових сортів картоплі стосовно ґрунтово-кліматичних умов Західного Лісостепу України. Основні методи досліджень – польовий, аналітичний та статистичний. Результатами досліджень встановлено, що для міжвидових гібридів є характерними такі показники, як велика кількість бульб під кушем (11,3–27,0 шт.), достатньо висока їх масою (74–89 г). Цим гібридам притаманні ознаки культурних сортів за високої продуктивності одного куша, середньої маси та товарності бульб (до 95,0 %). Міжвидові гібриди характеризуються високою товарністю бульб, підвищеним вмістом крохмалю та проявом високої стійкості вегетативної маси проти фітофторозу (7,3–8,8 балів). Проведення аналізу міжвидових гібридів, як однієї з груп, що залучено в селекційну роботу, дозволяє зробити висновок щодо можливості створення сортів з високою урожайністю в поєднанні зі стійкістю проти фітофторозу та господарсько-цінними показниками. Сорти, що знаходяться у розсаднику вихідного матеріалу української та закордонної селекції: Слава, Легенда, Дужа, Свалявська, Щедрик, Мирослава, Червона рута та Криница, Пригожа рекомендовано до залучення в гібридизаційний процес щодо створення нового селекційного матеріалу.

Ключові слова: картопля, сорт, гібрид, урожайність, стійкість, хвороба.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

Introduction. Currently, the most relevant task of potato breeding is the combination of varieties of essential economically valuable traits with resistance to diseases and pests [12].

The solution to this task lies in targeted breeding, based on the knowledge of the genetic nature of parental pairs using various source materials and effective methods of evaluation and selection of the desired genotypes [31].

Analysis of recent research and publications. The correlation variability of traits in living organisms has long interested breeders.

Correlation (from Latin *correlatio* – relative) is a relationship between individual parts and traits of an organism, which

manifests in that a change in one trait leads to a correlative change in another [18].

The potato breeding scheme includes the following nurseries:

– Collection nursery, where domestic, foreign, and local varieties, wild and cultivated species, and interspecific hybrids, used as parental forms in practical breeding or in creating new source material, are studied:

– Parental form nursery – varieties selected by a set of traits in the collection nursery are grown;

– First selection (seedlings and single-tuber) – single-tuber or the so-called “first tuber generation” are studied;

– Second selection (first or second tuber generation). Material selected in the previous year based on the clonal principle is grown and

studied from seedlings (first tuber generation), from single-tubers (second tuber generation);

– Third selection (second or third tuber generation). Selection numbers are studied on two-row plots of 40–140 bushes each;

– Main testing – a comparison with standard varieties of material selected last year in the third selection nursery;

– Competitive-ecological testing – the study of selection numbers selected last year from the main testing nursery;

– Culling is carried out over 2–3 years in different soil and climatic zones compared to standard varieties determined for these zones. For the first year of testing, seed material of selection numbers is distributed by the originator from selection reproduction, and for standards – elite or super-elite of the exact origin.

In the second and third years of competitive-ecological testing, local reproduction seed material (overlying) is used at each location.

– Production testing.

In particular, the selection material is tested for resistance to diseases and pests in experiments conducted on infectious and provoking backgrounds. In laboratory conditions, selection material is evaluated for biochemical and taste qualities. Based on field and laboratory assessments, selection material is selected, and the best genotypes are passed to state variety testing. The collection nursery studies domestic, foreign, and local varieties, wild and cultivated species, and interspecific hybrids used as parental forms in practical breeding or creating new source material [19].

Many researchers note that in many organisms, traits are intertwined. In such cases, determining one trait allows predicting the presence of another [20].

The significance of trait interrelation aids in selecting needed forms and accelerates the breeding process. In practical work, an association can be used in two ways – depending on the relationship and its type. In the first case, attention is paid to the value of the correlation coefficient and its signs before concluding the practical value of such a dependency. An example is all instances of

well-defined linear correlation that have been used in breeding work for a long time. In the second case, the coefficient value and even its sign play no substantial role, and the type of relation is either direct or curvilinear [30].

In many cases, the productivity of agricultural plants is conditioned by numerous quantitative traits, which result from the interaction of the plants' hereditary characteristics with a complex of external environmental conditions. Other quantitative or qualitative traits can influence the size of a quantitative trait. For example, the anatomical structure of tissue and sugar content in the cellular sap of plants can affect their winter hardiness. Hence, considering quantitative traits, including plant yield, one can also speak of their qualitative characteristics [1, 32].

For instance, the precocity of seedlings at a young age can be determined by the number of days from planting to flowering, as tuberization in potato plants is often associated with flowering and yield – at early digging [11, 17, 22, 26].

According to consolidated observations of many researchers, a very simple and, at the same time, very reliable way is determining the precocity of potatoes in both first-year seedlings and tuber reproductions [36].

Additionally, the precocity of first-year seedlings in tuber reproductions can be determined by certain morphological traits that change with plant age [23, 35].

Potatoes plants' precocity is associated with traits like rapid development of leaf dissection, maximum dissection in the early tier, and a few monopodia tiers. Conversely, late-maturing potato forms are characterised by slow development of leaf dissection, high placement of leaves with maximum dissection, and a large number of monopodia tiers.

The correlation discovered by many scientists between different potato traits is of practical interest. It can be used in breeding work, especially the positive correlation between starch content in first-year seedling tubers and their tuber propagation, indicating the possibility of selecting high-starch forms from first-year seedlings [28, 33, 37].

However, insufficiently studied in potato

culture are the issues of correlation variability in hybrid populations obtained from crossing new potato varieties, particularly those created through interspecific hybridisation, the nature of inheritance of economic and biological traits in such hybrid populations, and other knowledge that could help combine necessary traits in one variety and develop new valuable varieties of this crop [6].

Alongside this, it's considered expedient to continue studying the correlation between different traits, which could promote a more effective selection of potato seedlings and a better evaluation of them in breeding work. It's evident that correlation is not constant and varies in different populations, so it should be used considering the characteristics of each population [24].

Potato varieties have significant genetic diversity, both old and modern, domestic and foreign, and they are used in breeding as genetic sources or donors for traits like high yield, precocity, resistance to viral diseases, good taste qualities, and others.

Local varieties and varieties created on a multispecies basis gain significant importance as source material. Scientists note their endurance in adverse growing conditions and high adaptability in various soil-climatic zones.

It's believed that interspecific hybridisation for increasing yield and starchiness is promising when these indicators are combined in the first generations. This is possible using predominantly large-tuber *S. leptostigma* and high-yielding *S. molinae* species. The simplest way to create such varieties is hybridisation with cultivated species without negative traits of wild species, namely *S. andigenum* and *S. curtilobum*.

As parental forms in breeding for these indicators, the following species were used: *S. andigenum*, *S. demissum*, *S. semidemissum*, *S. curtilobum*, *S. leptostigma*, *S. commersonii*, *S. chacoense*, *S. gibberulosum*, and varieties Smachna, Mavka, Karpatian, Zarevo, Belarusian Starchy, Bekra, Svitannia Kyivska, Belarusian 3, Leander, Pokra, Perlina, Garnet, Poliska pink and hybrids 77.583/16, 1509c/55, /692c/68, 498c/66, 1-35c/61, 1-53c/61, and

others. For breeding use for resistance against late blight, promising samples of *S. andigenum*, *S. bulbocastanum*, *S. berthaultii*, *S. brachycarpum* species, and several other less common phylogenetically distant species are considered [5, 7, 10, 39, 40].

Regarding yield in combination with potato starchiness, it is established that each variety or hybrid gives a variation series of forms during self-pollination. In most of these, the characteristics of the original form are retained, and the hybrid progeny determines the average index of both parental forms. Other genotypes deviate both towards increased traits and their reduction. Therefore, in breeding for these traits, the main focus is on selecting genotypes in high-starchy classes [9, 2-4, 8, 9, 21, 34].

Materials and methods. Breeding trials in 2023 were conducted in the fields of a 4-field crop rotation at the Department of Crop Breeding of the Institute of Potato Research of NAAS, located in Obroshyne, Lviv district, Lviv region. The precursor to the potato crops were winter grains with post-harvest sowing of cover crops.

The under study are grey forest soils, superficially gleyed, coarse-loamy to light-loamy on loess-like deposits. They are heterogeneous in terms of mechanical composition profile, significantly affecting their moisture regime. The upper horizons have higher moisture content compared to the lower ones. For this reason, the soils undergo excessive moisture and gleying during rainy seasons or years with a high amount of precipitation. In dry years, they are sufficiently provided with productive moisture. Moreover, the groundwater significantly influences gleying, with the depth ranging between 1.5–1.8 meters.

According to conducted agrochemical analyses, the soils under investigation are poor in humus (1.58–1.67 %), have an acidic soil solution reaction (pH 4.80–5.17), a sum of absorbed bases of 6.20–7.22, and hydrolytic acidity of 2.87–3.29 mg-eq per 100 g of soil.

The studies were conducted according to commonly accepted methods in potato cultivation. The assessment of potato samples

for resistance to late blight was assessed in field conditions on a natural infection background by visual observations of plant disease (three times per vegetation period) from the time of disease onset, using a 9-point SEV scale [13–16, 25].

Interspecific hybrids, created based on phylogenetically distant species, were obtained from the coordinating institution – the Institute of Potato Research of NAAS, to expand the hybridisation nursery and conduct breeding work.

Results and discussion. The correct and justified selection of the initial parental forms for hybridisation largely determines the quality of the breeding process. Hereditary traits are considered the basis for effective progeny during the creation of hybrids. The role of parental forms in creating a hybrid is that they carry specific potential for the newly created form, which combines their traits.

The complexity lies in the fact that each of the individual traits or properties of the parents is not directly transferred to the created progeny. In the hybrid, the properties of the parental forms are combined according to different hereditary traits. They can change in each hybrid [38].

For successful pair selection, it's necessary to thoroughly study all traits and biological properties of the planned crossing components, their history, and breeding value, and consider the conditions of interest to the breeder, under which traits and properties form best. Only then can one choose a suitable parental pair [27, 29].

The research was conducted according to the complete breeding process scheme. A sign nursery was formed from the initial potato material of various origins, and its complex evaluation was carried out according to the leading indicators: productivity, economically valuable and qualitative indicators, and resistance to late blight (visually) of the available material.

Late blight (*Phytophthora infestans* (mont.) De bary) is caused by fungus and is one of the most damaging diseases of the crop. It causes the loss of vegetative mass (leaves) of

potato plants during the growing period and, during storage, causes tubers to rot.

The harmfulness of the disease can lead to the death of 50–60 % of plants and, in years of epidemics, even more significant losses. We analysed all available breeding material for resistance to this disease, considering the research area's high susceptibility to late blight outbreaks, which are observed almost annually.

The source material created by involving phylogenetically distant species in the hybridisation process is biologically and morphologically similar to cultivated varieties. However, these hybrids lag behind varieties concerning the average mass of marketable tubers, affecting the productivity of one bush. They also stand out in stolon length, stem number, and much more extended vegetation periods, corresponding to late-ripening potato varieties.

Interspecific hybrids are characterised by these indicators: a large number of tubers under the bush (11.3–27.0 units) and a sufficiently high mass (74–89 g). These hybrids have traits of cultivated varieties with high productivity per bush, moderate tuber mass, and marketability (up to 95.0 %).

Incorporating these genes into hybridisation has practical significance for potato breeding, as interspecific hybrids are characterised by high tuber marketability, increased starch content, and high vegetative mass resistance to late blight (7.3–8.8 points).

Analysing interspecific hybrids as one group involved in the breeding process allows the conclusion of the possibility of creating varieties with high yield combined with late blight resistance and economically valuable characteristics.

Characteristics of interspecific hybrids created based on phylogenetically distant species and potato varieties by primary indicators are presented in Table 1.

It should be noted that in terms of the number of tubers per bush and their marketability, varieties from different original institutions and foreign varieties: Mavka, Duža, Svalyavska, Myroslava, Sluch, Pamir, Alouette, Vytok stood out.

1. Evaluation results of varieties and hybrids from the source breeding material nursery

Variety Name, Hybrid Number and Origin	Number of Tubers, units/bush	Average Tuber Weight, g	Tuber Market ability, %	Yield, t/ha	Resistance to Late Blight, points (9-point scale SEV)
1	2	3	4	5	6
Hybrids created based on phylogenetically distant species					
88.1450 c.2 (<i>S. acaule</i> × <i>S. bulbocastanum</i>) × (<i>S. phureja</i> × <i>S. andigenum</i>) × Aurelija	19,0	77	84,0	28,6	8,0
90.841 c.2 (<i>S. acaule</i> × <i>S. bulbocastanum</i>) × (<i>S. phureja</i> , <i>S. demissum</i> × <i>S. andigenum</i>) × (Poliyska Rozheva × Lviv'ianka) × (Gidra × Gitte)	11,3	78	76,4	22,3	8,8
91.765/15 (<i>S. acaule</i> × <i>S. bulbocastanum</i>) × (<i>S. phureja</i> × <i>S. demissum</i>) × (Marko × Volovetska)	16,1	74	83,7	26,5	7,9
89.721 c.23 (<i>S. demissum</i> × <i>S. bulbocastanum</i>) × <i>S. andigenum</i>) × Belaruska 3	18,8	89	95,0	25,3	7,3
90.674/12 (<i>S. acaule</i> × <i>S. bulbocastanum</i>) × (<i>S. phureja</i> × <i>S. demissum</i>) × (Marko × Volovetska)	22,2	79	71,8	23,7	8,0
86.563 c.4 (<i>S. acaule</i> × <i>S. bulbocastanum</i>) × <i>S. phureja</i>) × (<i>S. demissum</i> × <i>S. andigenum</i>)	27,0	81	76,9	31,9	8,0
Carpathian Agriculture Research Institute NAS varieties					
Mavka	7,2	89	80,0	21,6	7,9
Slava	6,7	77	78,0	35,4	7,8
Vira	7,8	78	79,0	30,9	7,3
Vira	6,6	74	80,0	28,0	8,0
Legenda	8,0	89	79,8	38,0	8,1
Varieties of the Lviv National University of Nature Management					
Zahidna	8,1	78	77,0	25,6	8,0
Student	5,6	77	79,4	26,5	7,8
Duza	7,1	80	90,0	31,0	7,7
Varieties of the Institute of Agrarian Resources and Regional Development NAS					
Svalyavska	7,8	80	75,4	27,0	8,2
Perechynska	7,6	63	78,9	25,3	8,7
Institute of Potato Research NAS varieties					
Chervona Ruta	7,4	81	80,9	33,0	8,8
Myroslava	6,5	89	89,0	37,9	7,9
Sluch	6,9	80	87,6	32,9	7,9
Shchedryk	8,0	90	91,0	41,0	7,5
Foreign varieties					
Nevska	7,8	76	78,0	19,3	5,8

1	2	3	4	5	6
Typhoon	6,9	67	75,5	16,2	5,9
Pamir	9,1	78	78,2	17,6	6,1
Alouette	8,9	81	80,1	15,6	6,3
Krynytsia	14,5	83	84,1	28,7	6,9
Pryhozha	12,4	87	76,6	29,9	6,8
Vytok	16,9	88	90,1	30,4	8,0

Special attention deserves Ukrainian varieties – Legend, Perechynska, Shchedryk, and Chervona Ruta. Although they belong to different maturity groups, they show high resistance to late blight (7.5–8.8 points) combined with high yield (33.0–41.0 t/ha) in the conditions of the Western Forest-Steppe.

High resistance to late blight along with high yield was exhibited by varieties – Slava, Duža, Svalyavska, Chervona Ruta, Shchedryk, Alouette, Krynytsia – from different original institutions.

The analysis of the obtained data regarding the economic indicators of the varieties indicates their recommended involvement in the breeding process as donors of listed traits regarding the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine.

Conclusions

1. Interspecific hybrids are characterised by a large number of tubers per bush (11.3–27.0 units) and a sufficiently high tuber mass (74–89 g). These hybrids possess traits of cultivated varieties with high productivity per bush, moderate tuber mass, and marketability

(up to 95.0 %).

2. Incorporating these genes into hybridisation has practical significance for potato breeding, as interspecific hybrids are characterised by high tuber marketability, increased starch content, and high vegetative mass resistance to late blight (7.3–8.8 points). Analysing interspecific hybrids as one of the groups involved in the breeding process allows the conclusion of the possibility of creating varieties with high yield combined with late blight resistance and economically valuable characteristics.

3. High resistance to late blight along with high yield was exhibited by varieties such as Knyahynia, Myroslava, Legend, Oksamyt-99, Krynytsia, Pryhozha, Vytok, Alouette, Zakhidna, Svalyavska, among others.

4. Varieties present in the nursery of source material from both Ukrainian and foreign selections: Slava, Legend, Duža, Svalyavska, Shchedryk, Myroslava, Chervona Ruta, Krynytsia, Pryhozha are recommended for involvement in the hybridisation process to create new breeding material.

References

1. Andriushko A., Sologub Yu. General Aspects of Modern Potato Growing Technologies. *Agronomist*. 2014. P. 10–12.
2. Bomok S. Influence of pollinators and growth regulators on the development of potato alternaria in the conditions of the Polissya of Ukraine. *Quarantine and Plant Protection*. 2019. V. 7–8. P. 18–22. doi: 10.36495/2312-0614.2019.7-8.18-22.
3. Bradshaw J. E. Breeding strategies for clonally propagated potatoes. *Potato genetics*. Wallingford (UK) CABI. 1994. P. 109–132.
4. Creation of potato hybrids (*Solanum tuberosum*) progeny with high field resistance against phytophthora / R. V. Ilchuk et al. *Scientific Horizons*, 2023. Issue. 26. No. 6. P. 22–31. <https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.22>.

5. Dobrovolskyi R. S. On the question of the combining ability of some varieties and hybrids of potatoes. *Potato farming*. 1983. No. 14. P. 8–11.

6. Ecological Stability and Plasticity of Potato Varieties in Polissya / E. R. Ermantraut et al. *Variety Study and Plant Variety Science*. 2015. No. 3–4 (28–29). P. 12–17.

7. Effect of gamma radiation of ⁶⁰Co on sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) (*Asteraceae*), from irradiated achenes / L. E. Díaz et al. *Scientia Agropecuaria*. 2018. 9 (3). P. 313–317. doi: 10.17268/sci.agropecu.2018.03.02.

8. Effect of selection methods on seed potato quality in the following season / N. Gunadi et al. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021. Vol. 922. No. 1. P. 012–015.

9. Furdyga M. M. Manifestation of Main Economically Valuable Traits Among Backcrosses of

Interspecific Potato Hybrids. *Potato Growing*, 2011. Issue 40. P. 3–14.

10. Hnitetskyi M. O. Peculiarities of the manifestation of economic traits in the offspring of interspecies and intervarietal crossings of potatoes. *Qualifying scientific work on manuscript rights*. 2021. P. 198–204.

11. Jones R. A. C. Virus disease problems facing potato industries worldwide: viruses found, climate change implications, rationalizing virus strain nomenclature and addressing the Potato virus Y issue. *The Potato: Botany, Production and Uses*. CABI, Wallingford, UK, 2014. P. 220–224.

12. Methodological aspects of investigation of potato crop / A. A. Bondarchuk et al. Kyiv, 2015. 101 p.

13. Methodological Guidelines for Implementing the Requirements of the Global G.A.P. Standard in Potato Growing. USAID Project “Support for Agricultural and Rural Development”. Kyiv, 2018. 80 p.

14. Methodological Recommendations. Assessment of Initial and Breeding Potato Material for Resistance to Bacterial Diseases and Stem Nematode / V. M. Polozhenets, T. V. Tymoshenko. Zhytomyr. 1994. 12 p.

15. Methodology for Evaluating Potato Variety Samples for Resistance to Main Pests and Disease Agents / S. O. Trybel et al. ; sci. ed. S. O. Trybel and A. A. Bondarchuk. Kyiv, 2013. 264 p.

16. Methodology of Scientific Research in Agronomy / E. R. Ermantraut et al. Bila Tserkva, 2018. 104 p.

17. New Potato Varieties from the Polissya Experimental Branch of the IK NAAS / V. I. Sydoruk et al. *Potato Growing of Ukraine*. 2017. No. 1–2 (42–43). P. 2–4.

18. Osypchuk A. A. Potato Breeding in Ukraine. *Potato Growing*. 2012. Issue 39. P. 35–41.

19. Osypchuk A. A. Potato Breeding in Ukraine Considering the Growing Zones. *Potato Growing*. 2011. Issue 38. P. 25–31.

20. Osypchuk A. A., Furdyga M. M. Potato Breeding for Resistance to Adverse Conditions. *Potato Growing of Ukraine*. 2014. No. 1/2 (34/35). P. 6–10.

21. Overchuk V. I., Pika M. A., Tarasenko V. A. Studying the Combinatorial Capacity of Potato Varieties. *Potato Growing*, 1973. Issue 4. P. 3–9.

22. Parkhuts I. M. Recommendations for Potato Fertilization on Sod-Podzolic and Dark Gray Podzolized Soils. *Scientists of Lviv National Agrarian University in Production : Catalog of Scientific Developments*. 2017. Issue 7. P. 83–84.

23. Popravko M. Y. Selection of Parental Forms and Combinations in Potato Breeding. *Potato Growing*. 1971. Issue 2. P. 46–51.

24. *Potato Growing: Breeding* / ed. A. A. Bondarchuk, T. M. Oliynyk. Vinnytsia, 2020. 624 p.

25. *Potato Growing: Experimental Research Methodology* / ed. A. A. Bondarchuk, V. A. Koltunov. Vinnytsia, 2019. 652 p.

26. Potato Research Institute. Brochure / ed. T. M. Oliynyk, Nemishaieva, 2018. 40 p.

27. Producing of potato varieties resistant to fusarial wilt by cell selection / N. A. Zakharchuk et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, No. 1. P. 289–291. doi: 15421/2020-45.

28. Puzik L. M., Puzik V. K. Comparative characteristics of the culinary properties of potatoes. *Vegetable and Melon Growing*. 2023. No. 72. P. 79–88. URL: <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-72-79-88>.

29. Selection of Breeding Material and Creation of Varieties Resistant to Common and Aggressive Pathotypes of Potato Cancer / V. I. Sydoruk et al. *Potato Growing of Ukraine*. 2018. No. 1–2 (44–45). P. 2–10.

30. State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine in 2021 (document as of 05/05/2021). URL: www.fruit.org.ua/.../633-derzhavnij-reestr-sortiv-roslin-prida.

31. Studying the potential of the initial potato material for breeding for drought resistance / T. M. Oliynyk et al. *Variety Study and Plant Variety Protection*. 2017. Vol. 14, No. 4. P. 361–366.

32. Symbiotic Nitrogen Fixation and Yield / H. M. Hospodarenko et al. ; ed. H. M. Hospodarenko. 2018. 298 p.

33. Symptom expression of mainstream and speciality potato cultivars to bacterial ring root (*Clavibacter sepedonicus*) and evaluation of in-field detection / J. L. Whitworth et al. *American Journal of Potato Research*. 2019. 96 (4). P. 427–444. doi: 10.1007/s12230-019-09730-x.

34. Tai G. C. C. Estimation of general and specific combining abilities in potato. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 1976. Vol. 18. P. 463–470.

35. Theoretical Foundations of Basic Breeding Technology. Academician V. Ya. Yuryev's School / P. P. Litun et al. *Theoretical Foundations of Field Crop Breeding*. Kharkiv, 2007. P. 9–12.

36. The reaction of potato varieties to elements of phytopathogen control technology in agroecosystems of culture / B. A. Taktaiev et al. Quarantine and plant protection. 2018. 9–10 (251). P. 9–16.

37. Ukrainian Potato / P. S. Teslyuk et al. Kyiv. 2016. 244 p.

38. Zakharchuk N. A. Opportunities for Cell Selection and Somaclonal Variability of Potato Genotypes for Creating Fusarium-resistant Varieties. *Bull. Zhytomyr Nat. Agroecological Univ*. 2014. Issue 2 (42), Vol. 1. P. 125–130.

39. Zelya A. G., Melnyk A. T., Oliynyk T. M. Method for determination of potato resistance to the cancer pathogen *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc in vitro. *Map polarity of Ukraine*. 2012. No. 3/4. P. 22–23.

40. Zhuchenko A. A. Strategy of adaptive intensification of agricultural production. Chisinau. 2015. 303 p.

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-2

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.5: 633.8

**ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОЩУВАННЯ РІПАКУ ОЗИМОГО
В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО****В. М. Безкоровайний, В. В. Мойсієнко**

Поліський національний університет
вул. Старий бульвар, 7,
м. Житомир, Житомирська обл.,
10002

Про авторів:

Василь БЕЗКОРОВАЙНИЙ,
аспірант
ORCID: 0009-0001-6163-8353

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:

28 листопада 2024 р.

Погоджено до друку:

11 грудня 2024 р.

Різностороннє використання ріпаку озимого (*Brassica napus* L.) спонукає до пошуку шляхів підвищення продуктивності і оптимізації елементів технології вирощування цієї культури в умовах Лісостепу Правобережного. У статті наведені результати досліджень, що проводили у ТОВ «Поділля Плюс» Шепетівського району Хмельницької області впродовж 2022–2024 рр. Метою досліджень було вивчення особливостей формування врожаю та якості насіння ріпаку озимого залежно від біологічного потенціалу досліджуваних гібридів, удобрення, фунгіцидів. Під час проведення наукового експерименту використовували наступні методи досліджень: польовий, лабораторний, порівняльно-розрахунковий, статистичний (дисперсійний і кореляційний). Установлено високу продуктивність ріпаку озимого залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду рослин, добору сучасних гібридів, удобрення макро- і мікродобривами та обприскування фунгіцидами. Найбільш сприятливим для формування урожайності насіння ріпаку виявився вегетаційний період 2021/2022 року, в умовах якого від гібрида InVigor 1030 отримано 4,75 т/га насіння, а гібриду Експешн – 4,91 т/га, найменша урожайність відмічена у гібриду Мерседес – 4,58 т/га. Середній показник урожайності на варіанті N₁₄₀P₄₀K₄₀ (фон) + Брасітрел Про та обприскування фунгіцидом Піктор (у фазі цвітіння ВВСН 65) становив 4,47 т/га (InVigor 1030) і 4,51 т/га (Експешн). Середня густина рослин на даному варіанті залежно від факторів, що вивчалися, знаходилася в межах від 41,1 до 41,7 шт./м². Рослини гібрида InVigor 1030 формували на варіанті N₁₄₀P₄₀K₄₀ (фон) + Брасітрел Про у поєднанні з обприскуванням препаратом Піктор 453,5 шт. стручків на рослині, у гібриду Експешн – 458,1 шт. і гібриду Мерседес – 442,4 шт. Найбільша маса 1000 насінин виявлена у гібриду Експешн – 6,19 і 6,42 г за обприскування препаратом Піктор на удобрених варіантах.

Ключові слова: гібриди ріпаку InVigor 1030, Мерседес, Експешн, удобрення, фунгіциди, урожайність, густина рослин, кількість стручків на рослині, маса 1000 насінин.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Безкоровайний В. М., Мойсієнко В. В., 2024

Optimization of winter rapeseed cultivation technology elements in the conditions of Right-Bank Forest-Steppe

Polissia National University
street Staryi boulevard, 7,
Zhytomyr city, Zhytomyr region,
10002

About authors:

Vasyl BEZKOROVAINYI
ORCID: 0009-0001-6163-8353

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:

November 28, 2024

Accepted:

December 11, 2024

The versatile use of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) encourages the search for ways to enhance productivity and optimize cultivation technology in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. This article presents research results conducted at “Podillia Plus” LLC in the Shepetivka district of Khmelnytskyi region from 2022 to 2024. The research aimed to study the peculiarities of yield formation and seed quality of winter rapeseed. The following research methods were used during the scientific experiment: field, laboratory, comparative-calculation and statistical methods (variance and correlation analysis). The study established high productivity of winter rapeseed depending on the hydrothermal conditions of the vegetation period, selection of modern hybrids, fertilization with macro- and micronutrients and fungicide spraying. The 2021/2022 growing season was the most favorable for seed yield formation, with InVigor 1030 hybrid producing 4.75 t/ha of seeds, Exception hybrid – 4.91 t/ha, and the lowest yield observed in Mercedes hybrid – 4.58 t/ha of seeds. The average yield in the N₁₄₀P₄₀K₄₀ (background) + Brassitrel Pro variant with fungicide Pictor spraying (applied during flowering, BBCH 65) was 4.47 t/ha (InVigor 1030) and 4.51 t/ha (Exception). The average plant density in this variant, depending on the studied factors, ranged from 41.1 to 41.7 plants/m². Plants of the InVigor 1030 hybrid formed 453.5 pods per plant in the N₁₄₀P₄₀K₄₀ + Brassitrel Pro + Pictor treatment variant, Exception hybrid had 458.1 pods, and Mercedes formed 442.4 pods. The highest 1000-seed weight was recorded in the Exception hybrid, ranging from 6.19 g to 6.42 g in the Pictor-sprayed fertilized variants.

Keywords: rapeseed hybrids InVigor 1030, Mercedes, Exception, fertilization, fungicides, yield, plant density, pods per plant, 1000-seed weight.

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

Вступ. Ріпак озимий (*Brassica napus* L.) є цінною олійною культурою на світовому ринку, використовується для одержання біодизельного палива і як важлива кормова культура у годівлі сільськогосподарських тварин. У насінні ріпаку міститься до 50 % олії, білка – 16–29, клітковини – 6–7 та 24–26 % безазотистих екстрактивних речовин. Однак, середня врожайність насіння ріпаку в Україні нині нижча від генетичного потенціалу сучасних сортів і гібридів [1, 12]. Тому виникає необхідність пошуку шляхів удосконалення елементів технологій вирощування ріпаку озимого для різних природно-кліматичних умов. Огляд джерел наукової літератури свідчить, що урожайність і якість насіння ріпаку озимого значною мірою залежить від забезпечення

рослин елементами живлення [2, 4, 8, 9, 11]. Достатня кількість основних поживних речовин та густина рослин є життєво важливими факторами, що впливають на продуктивність олійного ріпаку. Виявлено важливість збалансованого внесення N, P, K, S і B за різної густоти рослин у посівах озимого ріпаку. Індивідуальний ріст рослин компенсує низьку густоту рослин, але збільшення норм внесення добрив призводить до значного збільшення врожаю ріпаку, тобто оптимальні норми поживних речовин є критичним фактором у виробництві насіння [14, 15, 16, 22].

Метою наших досліджень було вивчення особливостей формування врожайності насіння сучасних гібридів ріпаку озимого залежно від удобрення та фунгіцидів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Слід зазначити, що значної шкоди посівам ріпаку озимого завдають хвороби, збудники яких не лише знижують якість продукції, а й спричиняють значні втрати врожаю. Найбільш небезпечними є ті, які уражують рослини впродовж усього вегетаційного періоду [5, 10, 13]. В Україні науковцями розроблені дієві заходи захисту ріпаку озимого від хвороб і шкідників, які передбачають осіннє обприскування рослин (у фазі 4–5 справжніх листків) фунгіцидом Тілмор, 24 % к. е. – 0,75 л/га та інсектицидом Протеус, 11 % о. д. – 0,75 л/га. Весняне обприскування проводять за висоти рослин 20–25 см фунгіцидом Тілмор, 24 % к. е. – 1,0 л/га та інсектицидом Нурел Д, 50 % к. е. – 0,5 л/га, а в фазі повного цвітіння – третє обприскування фунгіцидом Піктор, 40 % к. с. – 0,5 л/га й інсектицидом Маврік, 24 % в. е. – 0,2 л/га. За такої системи захисту рослини краще перезимовують і менше уражаються збудниками хвороб і шкідниками [3, 6]. Доцільно застосовувати також перше обприскування рослин восени у фазі 4–6 справжніх листків препаратом Карамба Турбо, 24 % р. к. – 0,7 л/га, а друге – навесні за висоти рослин 20–25 см препаратом Альтерно, 21 % к. е. – 0,7 л/га і третє – у фазі повного цвітіння препаратами Піктор, 40 % к. с. – 0,5 л/га або Альтерно, 21 % к. е. – 0,7 л/га [7].

Збудник чорної ніжки ріпаку озимого (Інфекція *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. & de Not.) може призвести до загибелі сходів, ураження листя та розвитку стеблового раку на дорослих рослинах. Біля кореневої шийки з'являється гниль, яка згодом вражає весь корінь, викликаючи його відмирання. Для захисту рослин тут ефективними є стробілуринові фунгіциди, такі як піраклостробін, оскільки вони ефективні проти широкого спектра грибкових патогенів, мають нову цільову специфічність та трансламінарну активність у рослині. У дослідях вивчали протруйник насіння Проспер FX (карбатіїн + трифлуксістробін +

металаксил) та експериментальний препарат BAS 720 F (піраклостробін + флуксапіроксад + металаксил) у боротьбі з чорною ніжкою при застосуванні окремо або в комбінації з позакореновими фунгіцидами Пріаксор (піраклостробін + флуксапіроксад) або Тілт 250 ЕС (пропіконазол). Виявлено, що всі фунгіцидні обробки значно знижували ураженість чорною ніжкою на сортах 73-15 і Вестар порівняно з контрольним варіантом. Впродовж трьох років із чотирьох комбінацій препарату BAS 720 F і Пріаксора зменшувала ступінь розвитку стеблової хвороби на 60–77 % для сорту 73-15 і на 50–75 % для сорту Вестар. При цьому зростала врожайність порівняно з неінокульованим контролем у сорту Вестар за два роки досліджень на 24 та 56 %. Результати дослідження свідчать про зменшення симптомів чорної ніжки та підвищення врожайності при обробці ріпаку комбінацією фунгіцидів для обробки насіння і позакоренового підживлення, особливо при вирощуванні сприйнятливої сорту [20].

Фомоз (стебловий рак) – шкідлива хвороба ріпаку, яка спричиняє щорічні втрати врожаю британських виробників ріпаку на суму близько 100 мільйонів фунтів стерлінгів, попри використання фунгіцидів. У Великобританії ріпак озимий висівають у серпні-вересні, а збирають у липні наступного року. Збудником хвороби є аскоспори, що вивільняються з псевдотеції *Leptosphaeria* spp. (аскокарпи) на стеблах восени-взимку. Контроль цієї хвороби залежить від використання сортів з польовою стійкістю та азольних фунгіцидів. Застосування протіконазолу та стійкість сорту до нього знижує ступінь ураження стебел фомозом перед збиранням врожаю, а також впливає на подальше утворення псевдотецій *Leptosphaeria* spp. на стерні за показником щільності псевдотецій. Результати показали, що стебла з менш вираженим раком стебла утворювали менше зрілих псевдотецій *Leptosphaeria* spp. на інфікованій стерні. Установлено, що найбільш стійкою та

ефективною стратегією інтегрованого контролю фомозу стебла в сезони з низькою кількістю інокуляту є використання сортів із середньою або доброю польовою стійкістю і застосування лише одного обприскування протіокназолом у разі потреби [19]. Польові експерименти були проведені також у південно-східній Австралії з метою виявлення ефективності фунгіцидів і стійкості організму рослин до раку стебла для контролю кореневої гнилі й зв'язку між тяжкістю кореневої гнилі та врожаєм зерна. Фунгіциди, застосовані як протруювач насіння (флуквіконазол) або нанесені на добриво (флутріафол), зменшили ступінь зараження кореневою гниллю на 16 і 41 % відповідно. Інтенсивність кореневої гнилі була на 78 % нижчою у сорту *B. napus* з рейтингом Australian Blackleg Rating (ABR) 9,0 (висока стійкість до раку стебла), ніж у помірно стійкого сорту (ABR 5,5) [17].

Альтернативна плямистість листя ріпаку, спричинена *Alternaria brassicae* (Verk), є основним лімітним фактором втрати врожаю. Вчені Пакистану установили, що із 17 зародкових плазм *B. napus* не було виявлено жодної імунної зародкової плазми. Дві зародкові лінії показали високу стійкість, тоді як вісім зародкових ліній продемонстрували резистентну відповідь проти хвороби. Шість зародкових плазм були помірно стійкими й лише одна показала помірно сприйнятливую реакцію. Потім в умовах *in vitro* оцінювали ефективність різних фунгіцидів проти *A. brassicae*. Для оцінки фунгіцидів використовували картопляно-декстрозний агар (КПК) з додаванням п'яти різних фунгіцидів у різних концентраціях (10, 50, 100 і 200 ppm). Експеримент проводили у повністю рандомізованому плані з десятьма повтореннями. Дані реєстрували за ростом міцелію (мм) гриба. Манкозоб (етиленбісдитіокарбамат) і Натіво (тебуконазол) значно пригнічували ріст у всіх концентраціях, тоді як Антракол (пропінеб) був найменш ефективним проти *A. brassicae*. Це дослідження надало селекціонерам нове джерело стійкості

зародкової плазми *Brassica* до альтернативної плямистості листя та способи боротьби з нею [21].

Ураження ріпаку білою іржею є основною загрозою для умов Пакистану, оскільки спричиняє 60–90 % втрат врожаю. Два сорти *Brassica napus* DGL та Oscar були посіяні на дослідній ділянці відділу патології рослин, на яких вивчали вісім комерційних фунгіцидів для перевірки їхньої ефективності у боротьбі з білою іржею. Дві концентрації (0,25 та 0,50 %) кожного фунгіциду застосовували з інтервалом у тиждень за допомогою ручного обприскувача окремо на кожному сорті. Серед усіх фунгіцидів найбільш ефективним у зниженні захворюваності виявився Свінг 72 % (металаксил 8 % + манкозоб 64 %). Він ефективно знизив захворюваність до 24,09 %, за ним слідує Антракол (Пропінеб 70 %) – 34,7 %. Припускається, що ці фунгіциди можуть бути використані в польових умовах для ефективного управління білою іржею ріпаку [18].

Матеріали і методи.

Експериментальні дослідження із сучасними гібридами ріпаку озимого проводили впродовж 2022–2024 рр. в умовах ТОВ «Поділля Плюс» Шепетівського району Хмельницької області на чорноземі типовому. Уміст гумусу на дослідних ділянках – 3,2 %, рН (сольове) 6,7; уміст азоту, що легко гідролізується – 122 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору – 123 мг/кг; обмінного калію – 238 мг/кг.

Схема польового трифакторного досліду включала наступні чинники:

Фактор А – гібриди: in Vigor 1030 (BASF); Мерседес (NPZ LEMBKE); Експешн (BAYER).

Фактор В – удобрення:

1. N₁₄₀P₄₀K₄₀ (фон);

2. N₁₄₀P₄₀K₄₀ (фон) + Yara Vita Брасітрел Про, 2 л/га (BVCH 31).

Фактор С – фунгіциди (у фазі цвітіння BVCH 65):

1. Контроль;

2. Пропульс, 0,9 л/га;

3. Піктор, 0,5 л/га;
4. Аканто Плюс, 1,0 л/га;
5. Сіметра, 1,0 л/га.

Під ріпак озимий вносили 150 кг на гектар діаміфоски ($N_{10}P_{26}K_{26}$), 100 кг сульфату амонію та 300 кг аміачної селітри. Захист рослин від шкочочинних організмів проводили тричі: восени й навесні (період відновлення вегетації та в середині цвітіння). Облікова площа дослідної ділянки 100 м², повторність триразова. Розміщення ділянок у досліді систематичне. Ширина міжряддя – 30 см. Попередником ріпаку озимого був ячмінь ярий. Норма висіву становила 450 тис. нас./га. Гібриди ріпаку озимого, що вивчали, є середньостиглими. Агротехніка вирощування ріпаку озимого загальноприйнята для зони Лісостепу Правобережного, за виключенням

елементів що вивчалися. Облік урожаю насіння гібридів ріпаку у досліді проводили за один день (24 липня 2022 р., 20 липня 2023 р., 19 липня 2024 р.).

Результати та обговорення.

Практичний досвід свідчить, що оптимальний урожай насіння ріпаку озимого можна отримати за густоти рослин навесні для гібридів – 40–50 шт./м².

Встановлено, що густина рослин в досліді залежала від гідротермічних умов року проведення досліджень і особливостей гібридів. Так, густина рослин гібрида InVigor 1030 коливалася за роками від 38,7 до 44,0 шт./м², гібриду Мерседес – від 39,0 до 43,7 шт./м² і гібриду Експешн – від 38,3 до 44,3 шт./м². Однак, в середньому за три роки незалежно від факторів, що вивчалися, густина рослин усіх гібридів була майже на однаковому рівні (табл. 1).

1. Густина рослин ріпаку озимого залежно від гібридів, удобрення та фунгіцидів (2022–2024 рр.), шт./м²

Гібрид (Фактор А)	Удобрення (Фактор В)	Фунгіцид (Фактор С)	Густина рослин за роками, шт./м ²			
			2022	2023	2024	середнє
1	2	3	4	5	6	7
BASF in Vigor 1030	$N_{140}P_{40}K_{40}$ (фон)	Контроль	42,3	40,0	38,7	40,3
		Пропульс, 0,9 л	42,0	40,7	41,0	41,2
		Піктор, 0,5 л	41,6	41,0	41,3	41,3
		Аканто Плюс, 1 л	43,3	42,0	40,0	41,7
		Сіметра, 1 л	42,0	42,0	39,7	41,2
	Фон + Брасітрел Про	Контроль	43,0	40,7	38,7	40,8
		Пропульс, 0,9 л	42,3	41,7	40,7	41,6
		Піктор, 0,5 л	42,3	40,3	40,7	41,1
		Аканто Плюс, 1 л	44,0	41,3	40,0	41,7
		Сіметра, 1 л	43,3	40,3	39,3	41,0
NPZ LEMBKE Мерседес	$N_{140}P_{40}K_{40}$ (фон)	Контроль	42,3	40,3	39,0	40,6
		Пропульс, 0,9 л	41,3	40,7	40,3	40,8
		Піктор, 0,5 л	42,3	40,7	40,0	41,0
		Аканто Плюс, 1 л	42,7	40,0	39,0	40,5
		Сіметра, 1 л	41,3	41,3	39,7	40,8
	Фон + Брасітрел Про	Контроль	43,0	40,3	39,0	40,8
		Пропульс, 0,9 л	42,7	41,7	39,7	41,4
		Піктор, 0,5 л	43,7	41,0	40,3	41,7
		Аканто Плюс, 1 л	43,7	39,7	39,3	40,9
		Сіметра, 1 л	43,7	42,0	39,3	41,7

1	2	3	4	5	6	7
BAYER Експешн	N ₁₄₀ P ₄₀ K ₄₀ (фон)	Контроль	42,3	40,3	39,0	40,5
		Пропульс, 0,9 л	41,7	41,3	40,3	41,1
		Піктор, 0,5 л	41,6	40,3	40,3	40,7
		Аканто Плюс, 1 л	41,6	40,3	39,0	40,3
		Сіметра, 1 л	42,0	40,3	39,3	40,5
	Фон + Брасітрел Про	Контроль	42,7	39,7	39,0	40,5
		Пропульс, 0,9 л	43,3	40,3	39,7	41,1
		Піктор, 0,5 л	43,3	39,7	40,3	41,1
		Аканто Плюс, 1 л	42,3	40,0	38,3	40,2
		Сіметра, 1 л	44,3	39,7	39,3	41,1
НІР ₀₅ , шт./м ²			2,57	2,71	1,95	–
Точність дослід, %			2,12	2,35	1,73	–

Для гібрида InVigor 1030 більш ефективним виявився фунгіцид Аканто Плюс, за якого густина рослин становила 41,7 шт./м² проти контролю 40,3 шт./м², для гібрида Мерседес фунгіциди Піктор і Сіметра забезпечили 41,7 шт./м², що на 0,9 шт./м² більше, ніж на контролі (без обприскування) і для гібрида Експешн

фунгіциди Піктор, Пропульс і Сіметра (41,1 шт./м² проти 40,5 шт./м² на контролі).

Внесення мінеральних добрив у нормі N₁₄₀P₄₀K₄₀ + Брасітрел Про сприяло формуванню стручків у гібриду InVigor 1030–407,8 шт., що на 6,2 стручка більше, ніж на ділянці з внесенням N₁₄₀P₄₀K₄₀ (рис. 1).

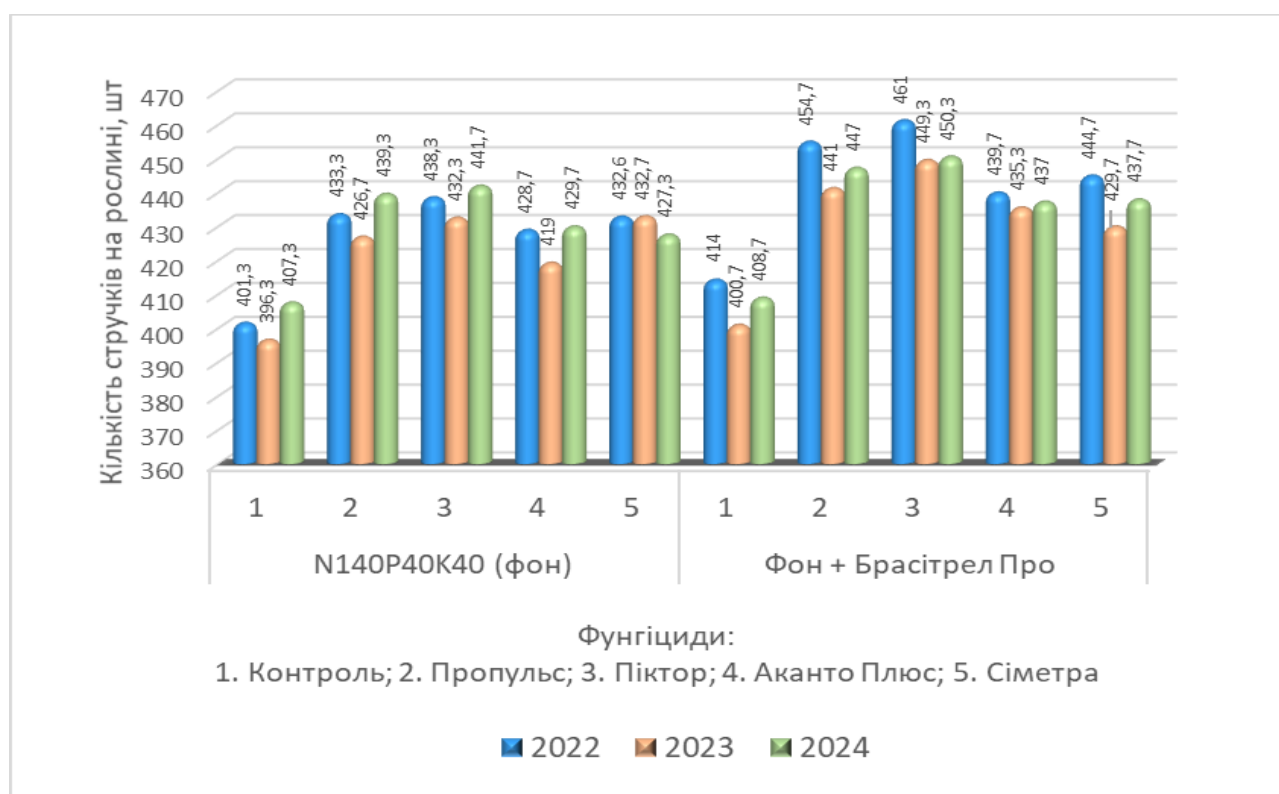


Рис. 1. Кількість стручків на рослині ріпаку озимого гібрида InVigor залежно від удобрення та фунгіцидів (2022–2024 рр.), шт.

Слід зазначити, що на показник формування кількості стручків на рослині значною мірою впливало обприскування рослин фунгіцидами. Ефект дії їх був різним, але вагомим і залежав від видового складу препаратів, однак суттєво сприяв зростанню кількості стручків. Так, за використання чотирьох видів фунгіцидів на фоні $N_{140}P_{40}K_{40}$ у гібриду InVigor 1030 кількість стручків збільшувалась до 430,9–437,4 шт., що на 29,3 шт. та 35,8 шт. стручків більше порівняно з контролем (без обприскування). На варіанті з

поєднанням макро- і мікродобрива $N_{140}P_{40}K_{40}$ + Брасітрел Про приріст стручків на одній рослині становив відповідно від 29,6 шт. (Аkonto Плюс) до 45,7 шт. (Піктор). Найбільш ефективним виявився фунгіцид Піктор (453,5 шт.).

Рослини гібрида Мерседес на варіанті $N_{140}P_{40}K_{40}$ + Брасітрел Про забезпечили утворення 406,9 шт. стручків, що на 6,0 шт. більше порівняно з внесенням $N_{140}P_{40}K_{40}$ (рис. 2).

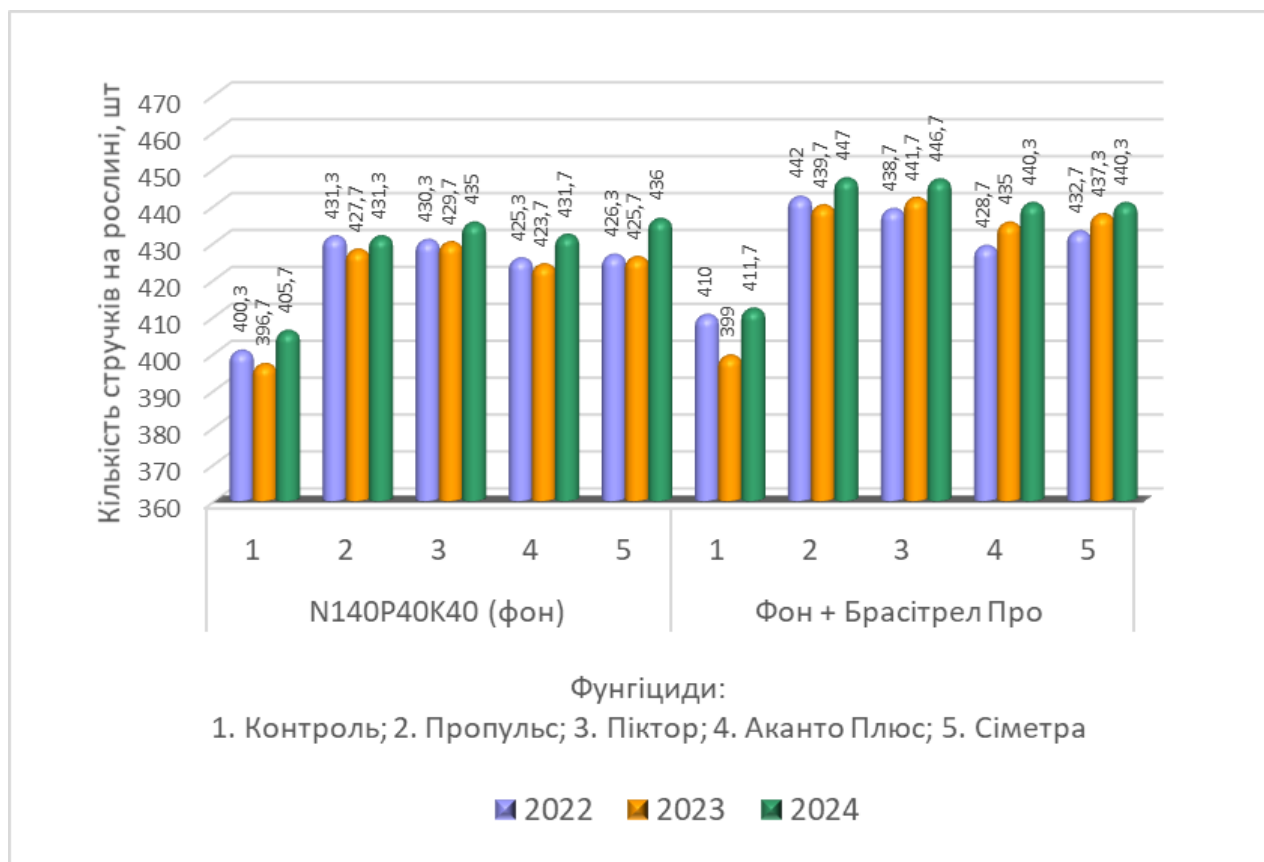


Рис. 2. Кількість стручків на рослині ріпаку озимого гібрида Мерседес залежно від удобрення та фунгіцидів (2022–2024 рр.), шт.

У гібриду Мерседес кількість стручків внаслідок дії фітонцидів на варіанті $N_{140}P_{40}K_{40}$ збільшувалася до 426,9–431,7 шт., що порівняно з контрольним варіантом без обприскування зростало на 26,0 і 30,8 шт. На ділянках з використанням $N_{140}P_{40}K_{40}$ + Брасітрел Про у цього гібриду формувалося 434,7

(фунгіцид Аkonto Плюс) і 442,4 стручка (фунгіцид Піктор), що на 27,8 та 35,3 шт. більше порівняно з контролем.

У гібриду Експешн за внесення $N_{140}P_{40}K_{40}$ + Брасітрел Про було сформовано 412,7 шт. стручків на рослину, що на 7,9 шт. переважало варіант з внесенням $N_{140}P_{40}K_{40}$ (рис. 3).

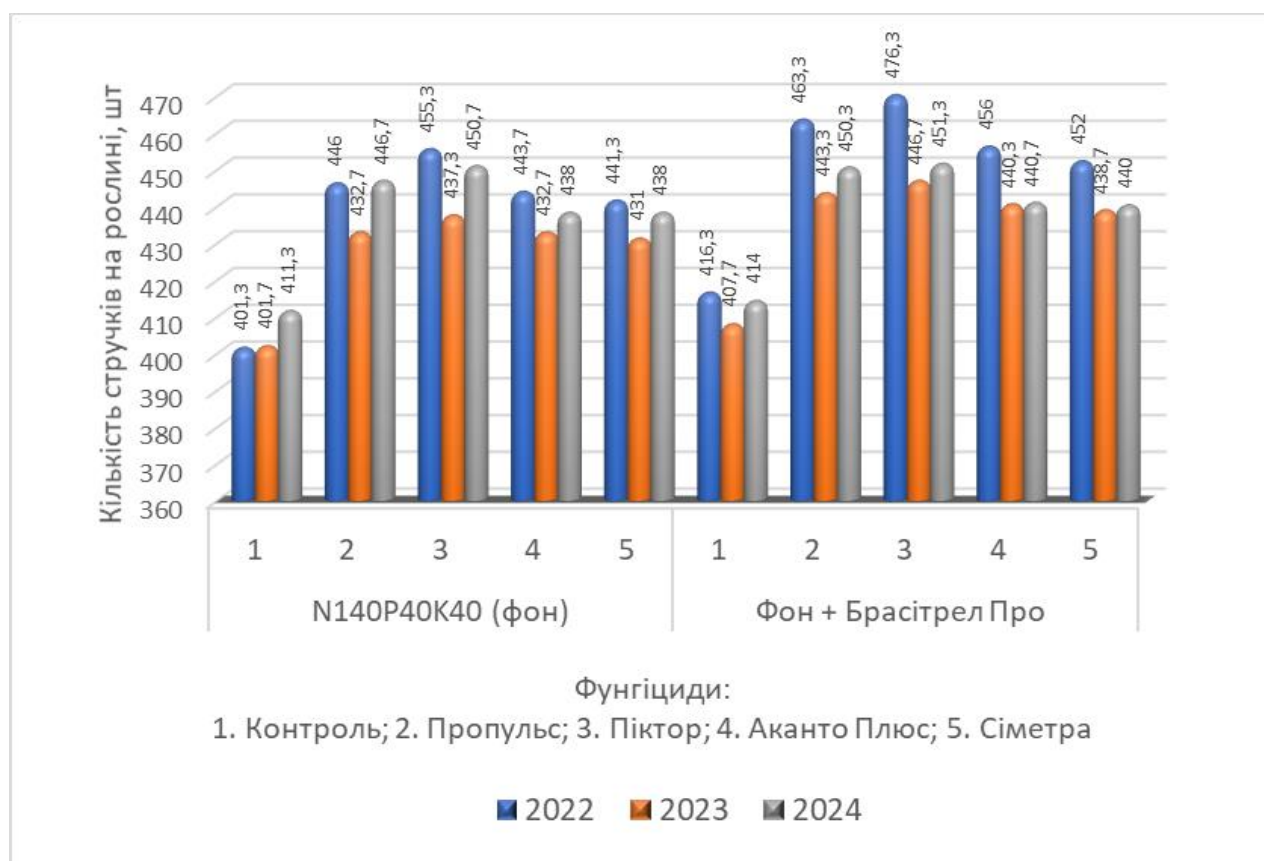


Рис. 3. Кількість стручків на рослині ріпаку озимого гібрида Екsepшн залежно від удобрення та фунгіцидів (2022–2024 рр.), шт.

Рослини гібрида Екsepшн сформували за внесення $N_{140}P_{40}K_{40}$ (фон) та застосування фунгіцидів до 436,8–447,8 стручка, що на 32,0 і 43,0 шт. більше порівняно з варіантом без обприскування. Внесення $N_{140}P_{40}K_{40}$ + Брасітрел Про забезпечило до 443,6–458,1 стручка на рослині. Оптимальним відмічений фунгіцид Піктор, за якого було сформовано на 45,4 шт. стручків більше, ніж на варіанті без проведення обприскування посівів.

Трирічні польові дослідження свідчать, що урожайність насіння ріпаку озимого значною мірою залежала від погодних умов вегетаційного періоду. Так, максимальна урожайність виявлена в умовах 2021/2022 року, яка незалежно від факторів вивчення знаходилася в межах від 3,37 до 4,91 т/га. Гідротермічні показники осінньої та весняної вегетації 2022/2023 року також були сприятливими для росту і розвитку рослин ріпаку, однак

показник урожайності порівняно з попереднім роком знизився і становив від 3,20 до 4,44 т/га. Найменш продуктивним за урожайністю відмічений вегетаційний період 2023/2024 року, який характеризувався недостатньою кількістю опадів і підвищеною температурою повітря у критичні періоди вегетації рослин ріпаку. Урожайність коливалася за варіантами від 3,09 до 4,23 т/га, що на 0,28 і 0,68 т/га менше порівняно з 2022 р. та на 0,11 і 0,21 т/га відносно 2023 р. (табл. 2).

Установлено, що важливе значення у виробництві насіння має правильний добір гібридів ріпаку озимого. Так, серед сучасних гібридів, що вивчалися, оптимальними були Екsepшн (BAYER) та InVigor 1030 (BASF). Гібрид Мерседес (NPZ LEMBKE) значно поступався за усіма індивідуальними біометричними показниками росту і розвитку, а також якісними показниками насіння.

2. Врожайність ріпаку озимого залежно від гібридів, удобрення та фунгіцидів (2022–2024 рр.), т/га

Гібрид (Фактор А)	Удобрення (Фактор В)	Фунгіцид (Фактор С)	Врожайність за роками, т/га			
			2022	2023	2024	середнє
BASF in Vigor 1030	N ₁₄₀ P ₄₀ K ₄₀ (фон)	Контроль	3,64	3,42	3,19	3,42
		Пропульс, 0,9 л	4,47	4,17	4,06	4,23
		Піктор, 0,5 л	4,58	4,26	4,11	4,32
		Аканто Плюс, 1 л	4,16	3,99	3,90	4,02
		Сіметра, 1 л	4,22	4,03	3,89	4,05
	Фон + Брасітрел Про	Контроль	3,82	3,59	3,38	3,60
		Пропульс, 0,9 л	4,68	4,36	4,18	4,41
		Піктор, 0,5 л	4,75	4,42	4,23	4,47
		Аканто Плюс, 1 л	4,32	4,17	4,10	4,20
		Сіметра, 1 л	4,40	4,22	4,08	4,23
NPZ LEMBKE Мерседес	N ₁₄₀ P ₄₀ K ₄₀ (фон)	Контроль	3,37	3,20	3,09	3,22
		Пропульс, 0,9 л	4,27	4,08	3,92	4,09
		Піктор, 0,5 л	4,36	4,14	3,92	4,14
		Аканто Плюс, 1 л	4,02	3,88	3,82	3,91
		Сіметра, 1 л	4,12	3,93	3,80	3,95
	Фон + Брасітрел Про	Контроль	3,58	3,38	3,21	3,39
		Пропульс, 0,9 л	4,48	4,21	4,05	4,25
		Піктор, 0,5 л	4,58	4,24	4,07	4,30
		Аканто Плюс, 1 л	4,22	4,01	3,93	4,05
		Сіметра, 1 л	4,33	4,04	3,93	4,10
BAYER Експешн	N ₁₄₀ P ₄₀ K ₄₀ (фон)	Контроль	3,63	3,51	3,19	3,44
		Пропульс, 0,9 л	4,64	4,19	4,06	4,30
		Піктор, 0,5 л	4,71	4,27	4,11	4,36
		Аканто Плюс, 1 л	4,42	4,04	3,96	4,14
		Сіметра, 1 л	4,35	4,15	3,94	4,15
	Фон + Брасітрел Про	Контроль	3,85	3,67	3,41	3,64
		Пропульс, 0,9 л	4,80	4,40	4,14	4,45
		Піктор, 0,5 л	4,91	4,44	4,17	4,51
		Аканто Плюс, 1 л	4,62	4,17	4,03	4,27
		Сіметра, 1 л	4,58	4,21	4,01	4,27

НІР₀₅, т/га: 2022: АВС – 0,05; А – 0,02; В – 0,01; С – 0,02; АВ – 0,02; АС – 0,04; ВС – 0,03

2023: АВС – 0,08; А – 0,02; В – 0,02; С – 0,03; АВ – 0,03; АС – 0,06; ВС – 0,04

2024: АВС – 0,06; А – 0,02; В – 0,02; С – 0,02; АВ – 0,03; АС – 0,04; ВС – 0,03

Точність дослід, %

0,45 0,68 0,55 –

У середньому за три роки досліджень урожайність насіння гібрида InVigor 1030 становила 3,44–4,51 т/га, гібриду Експешн – 3,42–4,47 т/га. Найменша урожайність насіння виявлена у гібриду Мерседес – 3,22–4,30 т/га.

На продуктивність ріпаку озимого значно впливає рівень мінерального живлення. Рослини вибагливі до поживних

речовин і потребують внесення макро- і мікроелементів. Так, застосування N₁₄₀P₄₀K₄₀ (фон) під гібрид InVigor 1030 в середньому забезпечує 3,42 т/га насіння, а внесення N₁₄₀P₄₀K₄₀ + Брасітрел Про (ВВСН 31) на 0,18 т/га перевищує фон, гібрид Мерседес – на 0,17 т/га, а гібрид Експешн – на 0,20 т/га.

Значну прибавку урожаю насіння ріпаку на фоні удобрення забезпечило обприскування рослин фунгіцидами (у фазі цвітіння ВВСН 65). Так, обприскування гібрида InVigor 1030 препаратом Пропульс (0,9 л/га) на варіанті N₁₄₀P₄₀K₄₀ сприяло отриманню урожайності 4,23 т/га, що перевищує контрольний варіант на 0,81 т/га; фунгіцид Піктор (0,5 л/га) забезпечив найбільшу урожайність 4,32 т/га; Аканто Плюс (1,0 л/га) відповідно 4,02 т/га та фунгіцид Сіметра (1,0 л/га) – 4,05 т/га. Приріст урожаю на варіанті N₁₄₀P₄₀K₄₀ + Брасітрел Про від фунгіцидів становив при застосуванні: Пропульс – 0,81 т/га, Піктор – 0,87 т/га, Аканто Плюс – 0,6 т/га та Сіметра – 0,63 т/га. Гібрид Мерседес забезпечив найменшу урожайність насіння ріпаку озимого. Так, на варіанті з внесенням N₁₄₀P₄₀K₄₀ (фон) цей показник коливався за обприскування фунгіцидами від 3,91 т/га (Аканто Плюс) до 4,14 т/га (Піктор). Обприскування рослин на фоні мінеральних добрив у нормі N₁₄₀P₄₀K₄₀ сприяло збільшенню урожайності порівняно з контролем (без обприскування) на 0,66 т/га (Аканто Плюс) і 0,91 т/га (Піктор).

Максимальний урожай насіння отримано від гібрида Експешн. В

середньому за три роки досліджень, обприскування рослин фунгіцидами на фоні N₁₄₀P₄₀K₄₀ забезпечило урожайність насіння від 4,14 т/га (Аканто Плюс) до 4,36 т/га (Піктор), що на 0,70 і 0,92 т/га більше порівняно з варіантом без обприскування. На ділянках з поєднаним удобренням урожайність становила 4,27 т/га (Аканто Плюс і Сіметра) та 4,51 т/га (Піктор), приріст урожаю від фунгіцидів відповідно становив 0,63 і 0,87 т/га.

Установлено, що маса 1000 насінин ріпаку озимого залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду культури, добору гібридів, удобрення та обприскування рослин фунгіцидами. Маса 1000 насінин усіх гібридів ріпаку, що вивчалися, залежить від величини урожаю за роками досліджень. Так, найвищим цей показник якості виявлений в умовах 2022 р., у 2023 р. дещо знижувався і найменша маса відмічена у 2024 р.

Найбільша маса 1000 насінин виявлена у гібриду Експешн – 6,19 і 6,42 г за обприскування препаратом Піктор. Застосування N₁₄₀P₄₀K₄₀ + Брасітрел Про забезпечило приріст маси насіння на 0,14 г порівняно з внесенням лише N₁₄₀P₄₀K₄₀ (табл. 3).

3. Маса 1000 насінин ріпаку озимого залежно від гібридів, удобрення та фунгіцидів (2022–2024 рр.)

Гібрид (Фактор А)	Удобрення (Фактор В)	Фунгіцид (Фактор С)	Маса 1000 насінин за роками, г			
			2022	2023	2024	середнє
1	2	3	4	5	6	7
BASF in Vigor 1030	N ₁₄₀ P ₄₀ K ₄₀ (фон)	Контроль	5,13	5,07	4,77	4,99
		Пропульс, 0,9 л	6,23	6,10	5,87	6,07
		Піктор, 0,5 л	6,40	6,17	5,93	6,17
		Аканто Плюс, 1 л	5,86	5,90	5,73	5,83
		Сіметра, 1 л	5,90	5,97	5,77	5,88
	Фон + Брасітрел Про	Контроль	5,23	5,23	5,00	5,15
		Пропульс, 0,9 л	6,30	6,30	6,07	6,22
		Піктор, 0,5 л	6,57	6,40	6,07	6,35
		Аканто Плюс, 1 л	5,93	6,00	5,87	5,93
		Сіметра, 1 л	6,10	6,23	5,90	6,08

1	2	3	4	5	6	7
NPZ LEMBKE Мерседес	N ₁₄₀ P ₄₀ K ₄₀ (фон)	Контроль	5,00	4,97	4,50	4,82
		Пропульс, 0,9 л	5,63	5,70	5,33	5,55
		Піктор, 0,5 л	5,70	5,77	5,53	5,67
		Аканто Плюс, 1 л	5,35	5,40	5,20	5,32
		Сіметра, 1 л	5,28	5,30	5,17	5,25
	Фон + Брасітрел Про	Контроль	5,07	4,97	4,70	4,91
		Пропульс, 0,9 л	5,72	5,90	5,47	5,70
		Піктор, 0,5 л	5,88	6,00	5,67	5,85
		Аканто Плюс, 1 л	5,33	5,50	5,40	5,41
		Сіметра, 1 л	5,41	5,67	5,33	5,47
BAYER Екsepшн	N ₁₄₀ P ₄₀ K ₄₀ (фон)	Контроль	5,25	5,20	4,87	5,11
		Пропульс, 0,9 л	6,23	6,17	5,73	6,04
		Піктор, 0,5 л	6,46	6,23	5,87	6,19
		Аканто Плюс, 1 л	6,00	5,97	5,57	5,85
		Сіметра, 1 л	5,88	5,97	5,57	5,81
	Фон + Брасітрел Про	Контроль	5,28	5,33	5,13	5,25
		Пропульс, 0,9 л	6,47	6,50	5,90	6,29
		Піктор, 0,5 л	6,57	6,67	6,03	6,42
		Аканто Плюс, 1 л	6,10	6,17	5,73	6,00
		Сіметра, 1 л	5,97	6,30	5,63	5,97
NIP ₀₅ , г			0,14	0,18	0,22	–
Точність дослід, %			0,85	1,06	1,40	–

Маса 1000 насінин гібрида InVigor 1030 коливалася на удобрених ділянках без застосування фунгіцидів у межах 4,99–5,15 г. Обприскування рослин фунгіцидами суттєво сприяло підвищенню цього показника на варіанті N₁₄₀P₄₀K₄₀ + Брасітрел Про: Пропульс – до 6,22 г; Піктор – 6,35 г; Аканто Плюс – 5,93 г і Сіметра – 6,08 г.

Порівняно з попередніми гібридами Екsepшн та InVigor 1030, які характеризуються більшою урожайністю і кращими якісними показниками, насіння гібрида Мерседес мало меншу масу 1000 насінин: на удобрених ділянках – 4,82 та 4,91 г. За обприскування рослин ріпаку фунгіцидами маса 1000 насінин зростала до 5,25–5,85 г. Установлено, що оптимальним був препарат Піктор – 5,67 г на варіанті N₁₄₀P₄₀K₄₀ та 5,85 г з використанням N₁₄₀P₄₀K₄₀ + Брасітрел Про (ВВСН 31).

Висновки. На типовому чорноземі Лісостепу Правобережного найбільш продуктивними гібридами за урожайністю

та індивідуальними показниками відмічені Екsepшн (BAYER) та InVigor 1030 (BASF), які забезпечили відповідно 4,51 та 4,47 т/га насіння. Внесення N₁₄₀P₄₀K₄₀ + Брасітрел Про (ВВСН 31) на 0,18–0,20 т/га перевищує урожайність порівняно з варіантом N₁₄₀P₄₀K₄₀ (фон). Обприскування рослин гібрида InVigor 1030 у фазі цвітіння (ВВСН 65) фунгіцидом Піктор (0,5 л/га) за внесення N₁₄₀P₄₀K₄₀ забезпечило 4,32 т/га насіння, а на варіанті N₁₄₀P₄₀K₄₀ + Брасітрел Про – 4,47 т/га. Густота рослин усіх гібридів, що вивчалися, коливалася за роками досліджень від 38,3 до 44,3 шт./м². Внесення макро- і мікродобрих у нормі N₁₄₀P₄₀K₄₀ + Брасітрел Про сприяло формуванню стручків у гібрида InVigor 1030 – 407,8 шт., що на 6,2 стручка більше, ніж на ділянці з внесенням N₁₄₀P₄₀K₄₀ (фон). Додаткове обприскування рослин фунгіцидом Піктор (0,5 л/га) забезпечило збільшення стручків на одній рослині на 45,7 шт., а у гібрида Екsepшн – на 45,4 шт. Найбільша маса 1000 насінин виявлена у

гібрида InVigor 1030 – 6,35 г та гібрида Експешн – 6,42 г за обприскування

препаратом Піктор та внесення $N_{140}P_{40}K_{40}$ + Брасітрел Про (2,0 л/га).

Список використаної літератури

1. Базалій В. В., Керімо А. Н., Донець А. О. Продуктивність і якість насіння сортів ріпаку озимого залежно від норм висіву та фону живлення в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип.93. С. 6–13.
2. Вишнівський П. С., Губенко Л. В. Вплив строків сівби та доз добрив на продуктивність ріпаку озимого в північній частині Лісостепу. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2010. Вип. 4. С. 124–128.
3. Власик О. С. Ефективність фунгіцидів. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 10. С. 12–13.
4. Гарбар Л. А., Яцишина Т. П., Самоліук О. П. Вплив удобрення на перезимівлю ріпаку озимого. *Вісник Полтавської держ. аграр. акад. : наук.-виробничий журнал*. 2018. № 1. С. 74–77.
5. Камінський В. Ф., Вишнівський П. С. Народногоосподарське значення ріпаку. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2007. № 7. С. 11–13.
6. Косилович Г. О. Венгер І. Є. Використання пестицидів у системі захисту ріпаку озимого від шкідників і хвороб. *Вісник ЛНАУ. Серія: агрономія*. 2015. № 19. С. 154–161.
7. Косилович Г. О., Король О. А. Захист ріпаку озимого від хвороб. *Вісник ЛНАУ. Серія: агрономія*. 2016. № 20. С. 127–132.
8. Курач О. В. Вплив систем удобрення на продуктивність ріпаку озимого. *Наук.-техн. Бюлетень Ін-ту олійних культур НААН*. 2022, № 32. С. 63–72. DOI: <https://doi.org/10.36710/IOC-2022-32-07>.
9. Лихочвор В. В. Особливості технології вирощування ріпаку. *Агроном*. 2009. № 3. С. 72–76.
10. Луговський К. П. Контроль хвороб у посівах озимого ріпаку. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 1. С. 19–22.
11. Мазур В. А., Мацера О. О. Аналіз структурних елементів урожайності рослин озимого ріпаку залежно від впливу удобрення та строку посіву. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільське господарство та лісівництво*, 2018. № 9. С. 41–50.
12. Малярчук А. С. Продуктивність ріпаку озимого залежно від обробітку ґрунту та доз азотних добрив. *Зрошуване землеробство : збірник наукових праць*. 2012. Вип. 57. С. 131–137.
13. Михайленко С. В. Хвороби ріпаку. *Карантин і захист рослин*. 2009. № 5. С. 2–6.
14. Панчишин В. З., Стоцька С. В., Журибіда Д. Р. Насіннева продуктивність ріпаку озимого залежно від удобрення та строку посіву в умовах Полісся України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 130. С. 169–176. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.25>.
15. Пархуць Б. Продуктивність ріпаку озимого на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного

References

1. Bazalii V. V., Kerimo A. N., Donets A. O. Productivity and quality of seeds of winter rape varieties depending on seeding rates and nutrition background in the south of Ukraine. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*. 2015. Vol. 93. P. 6–13.
2. Vyshnivskiy P. S., Hubenko L. V. Influence of sowing dates and fertilizer doses on the productivity of winter rape in the northern part of the Forest-Steppe. *Zb. nauk. pr. NNTs «Instytut zemlerobstva UAAN»*. 2010. Vol. 4. P. 124–128.
3. Vlasyk O. S. Effectiveness of fungicides. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2014. № 10. P. 12–13.
4. Harbar L. A., Yatsyshyna T. P., Samoliuk O. P. Influence of fertilization on wintering of winter rape. *Visnyk Poltavskoi derzh. ahrar. akad. : nauk.-vyrobnychiy zhurnal*. 2018. No. 1. P. 74–77.
5. Kaminskyi V. F., Vyshnivskiy P. S. National economic importance of rapeseed. *Khimiia. Ahronomiia. Servis*. 2007. No. 7. P. 11–13.
6. Kosylovych H. O. Venher I. Ye. Use of pesticides in the system of protection of winter rape from pests and diseases. *Visnyk LNAU. Serii: ahronomiia*. 2015. No. 19. P. 154–161.
7. Kosylovych H. O., Korol O. A. Protection of winter rape from diseases. *Visnyk LNAU. Serii: ahronomiia*. 2016. No. 20. P. 127–132.
8. Kurach O. V. Influence of fertilizer systems on the productivity of winter rape. *Nauk.-tekhn. Biuletyn In-tu oliinykh kultur NAAN*. 2022. No. 32. P. 63–72. DOI: <https://doi.org/10.36710/IOC-2022-32-07>.
9. Lykhochvor V. V. Features of rapeseed cultivation technology. *Ahronom*. 2009. No. 3. P. 72–76.
10. Luhovskyi K. P. Disease control in winter rape crops. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2010. No. 1. P. 19–22.
11. Mazur V. A., Matsera O. O. Analysis of the structural elements of winter rape plant yield depending on the influence of fertilizer and sowing time. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Serii: Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2018. No. 9. P. 41–50.
12. Maliarchuk A. S. Productivity of winter rape depending on tillage and doses of nitrogen fertilizers. *Zroshuvane zemlerobstvo : zbirnyk naukovykh prats*. 2012. Vol. 57. P. 131–137.
13. Mykhailenko S. V. Rape diseases. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2009. No. 5. P. 2–6.
14. Panchyshyn V. Z., Stotska S. V., Zhurybida D. R. Seed productivity of winter rape depending on fertilization and sowing time in Polissya of Ukraine. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*. 2023. No. 130. P. 169–176. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.25>.
15. Parkhuts B. Productivity of winter rape on dark gray podzolized soils of the Western Forest-Steppe depending on the level of mineral fertilization. *Visnyk LNAU. Serii: ahronomiia*. 2020. No. 24. P. 187–190.

Лісостепу залежно від рівня мінерального удобрення. *Вісник ЛНАУ. Серія: агрономія*. 2020. № 24. С. 187–190.

16. Balanced fertilization under different plant densities for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on paddy soils in Southern China / C. Tian et al. *Industrial Crops and Products*. 2020. 151:112413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112413>.

17. Effect of root rot and stem canker caused by *Leptosphaeria maculans* on yield of *Brassica napus* and measures for control in the field / S. J. Sprague et al. *Crop and Pasture Science*. 2009. Vol. 61. No. 1. P. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP09195>.

18. Effective management of white rust (*Albugo candida*) of rapeseed through commercially available fungicides / M. Asif et al. *Pakistan Journal of Phytopathology*. 2017. Vol. 29. No. 02. P. 233–237. DOI: <https://doi.org/10.33866/phytopathol.029.02.0394>.

19. Effects of cultivar resistance and fungicide application on stem canker of oilseed rape (*Brassica napus*) and potential interseasonal transmission of *Leptosphaeria* spp. Inoculum / J. A. Fortune et al. *Plant Pathology*. 2021. Vol. 70. No. 9. P. 2115–2124. <https://doi.org/10.1111/ppa.13453>.

20. Evaluation of pyraclostrobin as a component in seed and foliar fungicides for the management of blackleg (*Leptosphaeria maculans*) of canola (*Brassica napus*) / M. Fraser et al. *Canadian Journal of Plant Science*. 2020. Vol. 100. No. 5. P. 549–559. DOI: <https://doi.org/10.1139/CJPS-2019-0135>.

21. Field Response of Brassica Germplasm against *Alternaria* Leaf Spot Disease and its Management / M. Kamran et al. *Journal of Plant and Environment*. 2022. Vol. 4. No. 2. P. 139–145. DOI: <https://doi.org/10.33687/jpe.004.02.4025>.

22. Tuncurk, R., Tuncurk, M. The effect of different sulphur doses on the yield and quality of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Fresenius Environ. Bull.* 2017, 26, 6952–6957.

16. Balanced fertilization under different plant densities for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on paddy soils in Southern China / C. Tian et al. *Industrial Crops and Products*. 2020. 151:112413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112413>.

17. Effect of root rot and stem canker caused by *Leptosphaeria maculans* on yield of *Brassica napus* and measures for control in the field / S. J. Sprague et al. *Crop and Pasture Science*. 2009. Vol. 61. No. 1. P. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP09195>.

18. Effective management of white rust (*Albugo candida*) of rapeseed through commercially available fungicides / M. Asif et al. *Pakistan Journal of Phytopathology*. 2017. Vol. 29. No. 02. P. 233–237. DOI: <https://doi.org/10.33866/phytopathol.029.02.0394>.

19. Effects of cultivar resistance and fungicide application on stem canker of oilseed rape (*Brassica napus*) and potential interseasonal transmission of *Leptosphaeria* spp. Inoculum / J. A. Fortune et al. *Plant Pathology*. 2021. Vol. 70. No. 9. P. 2115–2124. <https://doi.org/10.1111/ppa.13453>.

20. Evaluation of pyraclostrobin as a component in seed and foliar fungicides for the management of blackleg (*Leptosphaeria maculans*) of canola (*Brassica napus*) / M. Fraser et al. *Canadian Journal of Plant Science*. 2020. Vol. 100. No. 5. P. 549–559. DOI: <https://doi.org/10.1139/CJPS-2019-0135>.

21. Field Response of Brassica Germplasm against *Alternaria* Leaf Spot Disease and its Management / M. Kamran et al. *Journal of Plant and Environment*. 2022. Vol. 4. No. 2. P. 139–145. DOI: <https://doi.org/10.33687/jpe.004.02.4025>.

22. Tuncurk, R., Tuncurk, M. The effect of different sulphur doses on the yield and quality of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Fresenius Environ. Bull.* 2017, 26, 6952–6957.

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-3

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.16:632:4

**УРАЖЕННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО
ОСНОВНИМИ ГРИБНИМИ ХВОРОБАМИ
В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО****Г. Я. Біловус, О. А. Ващишин, О. Н. Пристацька**

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

Про авторів:

Галина БІЛОВУС,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0001-7527-5832

Оксана ВАЩИШИН,
науковий співробітник
ORCID: 0000-0002-9271-1859

Оксана ПРИСТАЦЬКА,
науковий співробітник
ORCID: 0000-0002-7224-1917

Для листування:

Галина БІЛОВУС
e-mail: bilovus.galina72@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:

11 листопада 2024 р.
Погоджено до друку:
18 грудня 2024 р.

Ячмінь озимий є цінна зернова культура, яка дає високі врожаї при дотриманні агротехніки вирощування. Зміни кліматичних умов вирощування ячменю озимого, а зокрема підвищення температури повітря та мінливість опадів, а також недотримання і порушення традиційних систем ведення землеробства характеризує сучасний фітосанітарний стан посівів культури й безпосередньо впливає на розвиток та поширення патогенів. Так, майже кожного року в агроценозі ячменю озимого збільшується фітопатогенне навантаження збудників грибних хвороб, які за сприятливих умов можуть призвести до зниження врожаїв культури на 30 і більше відсотків.

В статті наведено трирічні дані результатів досліджень щодо вивчення впливу абіотичних факторів на ураження основними грибними хворобами ячменю озимого.

Встановлено, що впродовж 2021–2023 рр. найпоширенішими хворобами в посівах ячменю озимого були: борошниста роса, ринхоспоріоз, темно-бура плямистість. За допомогою гідротермічного коефіцієнта (ГТК) визначено, що на ураження ячменю озимого грибними хворобами впливають погодні умови років досліджень. Появі та розвитку ринхоспоріозу та темно-бурої плямистості на ячмені озимому сприяє підвищена кількість опадів у III декаді травня – I декаді червня, коли ГТК досягає 1,4 і вище.

Найменше ураження хворобами впродовж 2021–2023 рр. за період вегетації ячменю озимого відзначено у сортів: темно-бурою плямистістю – Дарій (7 балів), Статус та Валькірія (по 6 балів); борошнистою россою – Дарій та Статус (по 7 балів), Валькірія (6 балів); ринхоспоріозом – Снігова королева, Валькірія та Статус (по 6 балів).

Ключові слова: ячмінь озимий, сорт, борошниста роса, ринхоспоріоз, темно-бура плямистість.

Infection of winter barley by major fungal diseases in the conditions of the Western Forest-Steppe

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

About authors:

Halyna BILOVUS
ORCID: 0000-0001-7527-5832

Oksana VASHCHYSHYN
ORCID: 0000-0002-9271-1859

Oksana PRYSTATSKA
ORCID: 0000-0002-7224-1917

For corresponding:

Halyna BILOVUS
e-mail: bilovus.galina72@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:
November 11, 2024
Accepted:
December 18, 2024

Winter barley is a valuable grain crop that gives high yields if agricultural cultivation techniques are followed. Changes in the climatic conditions for the cultivation of winter barley, in particular, an increase in air temperature and variability of precipitation, as well as non-observance and violation of traditional farming systems, characterize the modern phytosanitary state of crops and directly affect the development and spread of pathogens. Thus, almost every year in the agroecosis of winter barley, the phytopathogenic load of fungal pathogens increases, which under susceptible conditions can lead to a decrease in crop yields by 30 percent or more.

The article provides three-year data on the results of research on the study of the influence of abiotic factors on the damage caused by the main fungal diseases of winter barley.

It was established that during 2021–2023 the dominant diseases in winter barley crops were: powdery mildew, rhynchosporiosis, dark brown spotting. With the help of the hydrothermal coefficient (HTC), it was determined that the damage of winter barley by fungal diseases is influenced by the weather conditions of the research years. The appearance and development of rhynchosporiosis and dark brown spotting on winter barley is facilitated by the increased amount of precipitation in the third decade of May – first decade of June, when HTC reaches 1.4 and higher.

The least affected by diseases during 2021–2023 over the vegetation period of winter barley was noted in the following varieties: dark brown spotting disease – Darii (7 points), Status and Valkiriia (6 points each); powdery mildew – Darii and Status (7 points each), Valkiriia (6 points); rhynchosporiosis – Snihova Koroleva, Valkiriia and Status (6 points each).

Keywords: winter barley, variety, powdery mildew, rhynchosporiosis, dark brown spotting.

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

Вступ. Сучасний рівень зернового господарства потребує значного підвищення врожайності та якості зерна. Отримання високих урожаїв озимих зернових культур на території України стає дедалі складнішим завданням для аграріїв, оскільки дуже змінилися погоднокліматичні умови на території нашої країни.

Озимий ячмінь є важливою стратегічною культурою в Україні, яка дає перший урожай. Він є однією із найцінніших культур за обсягом використання продукції у народному господарстві, має досить високу рентабельність, вирощування якого потребує мінімальних затрат [12, 20, 29, 30,

42, 48].

В зерні ячменю озимого міститься 12 % білка, понад 75 % вуглеводів, 2,1 % жиру. В склад білкового комплексу входить більше як 20 амінокислот, 8 з них незамінні. В 1 кг зерна міститься 1,2 к. од. і 100 г перетравного протеїну [22, 23, 33, 35, 45].

Поряд із перевагами ячмінь озимий має недоліки, а зокрема низьку зимостійкість і морозостійкість, які несуть потенційні ризики пошкодження рослин, стримують розширення площ цієї культури.

Фітосанітарний стан посівів ячменю озимого ускладнився внаслідок збільшення питомої ваги зернових культур у сівозмінах. Набули поширення окремі види фітопатогенів, а викликані ними хвороби за

сприятливих умов мають епіфітотійний розвиток [1, 6, 8, 9, 12, 16].

Великі недобори урожаю ячменю озимого спричиняють хвороби різної етіології – борошниста роса, ринхоспоріоз, сітчаста, смугаста і темно-бура плямистість, карликова іржа, кореневі гнилі та ін.

Втрати від широко розповсюджених збудників хвороб складають від 6,0–15,0 до 50,0 %, а зокрема, летючою сажкою – 10–15 %, кореневими гнилями – 20–40 %, плямистостями – 30–60 %, бактеріозами – до 50 % [2–5, 22–25, 37, 42, 45–47].

Найбільш поширеними хворобами листя озимого ячменю, які спричиняють потенційно найвищі втрати урожаю є: темно-бура та сітчаста плямистості. Втрата врожаю при інтенсивному ураженні сітчастою плямистістю сягає від 50 до 70 %, середні втрати 25–30 %; темно-бурою – 15–20 %, при сприятливих умовах хвороба може знищити до 70 % [43].

Складна економічна ситуація, що склалася в сільськогосподарському виробництві, диктує пошук шляхів зниження витрат і більш ефективного використання наявних ресурсів.

Одним з напрямків у вирішенні цього завдання є адаптація теперішніх технологій і добір сортів для конкретних ґрунтово-кліматичних умов із зимостійкістю та стійкістю до хвороб [17, 19, 21, 33].

Впровадження у виробництво сортів, які забезпечують високий і стабільний урожай в різних природно-кліматичних умовах є найбільш ефективним і економічно виправданим напрямком [2, 11–13, 31, 34, 36, 45, 46].

Вирощування стійких сортів сприяє підвищенню врожайності та його якості, сприяє зменшенню використання пестицидів, що має велике значення для охорони довкілля від забруднення [8, 15, 16, 17, 35, 36, 40, 41, 46].

В агроценозі ячменю озимого постійно проходить поява і розмноження нових рас патогенів, зміна його вірулентності завдяки чому відбувається

втрата сортами стійкості. Час стійкості сорту залежить від біології патогена і активності еволюції в його популяціях та від механізмів стійкості, які закладені в рослинах [1, 10, 18].

Важливою характеристикою сорту є його здатність знижувати швидкість розвитку захворювання і стримувати розвиток епіфітотій. За допомогою стійких сортів можна значно покращити екологічну характеристику агроценозів, знизити собівартість та підвищити рентабельність виробництва ячменю озимого [9, 14, 35, 38].

Основною проблемою селекції на сучасному етапі є забезпечення селекційного процесу джерелами та донорами з груповою стійкістю до хвороб, оскільки ячмінь озимий потрапляє під вплив потужного комплексу шкодочинних патогенів [34, 45, 46].

Моніторинг особливостей ураження озимого ячменю хворобами в технологічному процесі, пошук і оцінка зразків з ефективними генами стійкості до хвороб з метою використання їх як батьківських компонентів при схрещуваннях має важливе значення процесі [5, 7, 29].

Саме тому, встановити вплив абіотичних факторів на ураження основними грибними хворобами ячменю озимого має великий науковий інтерес і практичну цінність.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН на сортах ячменю озимого за загальноприйнятими методиками в фітопатології. На полях лабораторії захисту рослин був закладений дослід – фітопатологічна оцінка сортів в агроценозі ячменю озимого.

В схемі дослідження передбачені такі сорти української селекції: 1. Збруч; 2. Валькірія; 3. Снігова королева; 4. Достойний; 5. Статус; 6. Дарій.

Насіння сортів ячменю озимого перед сівбою протруювали препаратом Вінцит 050 CS, КС (2,0 л/т), обробіток ґрунту проти

бур'янів проводили гербіцидом Гроділ Максі 375 OD, МД (0,11 л/га) у фазі BBCH 13.

За методикою [28] проведено фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин ячменю озимого. Інтенсивність ураження рослин ячменю озимого основними хворобами визначали за 9-бальними шкалами в фазу вихід у трубку, колосіння та молочної стиглості за загальноприйнятими методиками [28, 29].

Для визначення впливу погодних умов, а зокрема кількості опадів та температури на ураження ячменю озимого грибними хворобами застосовували гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у період квітень-липень [24].

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) Г. Т. Селянінова обчислюється за формулою:

$$\text{ГТК} = \frac{\Sigma R}{0,1 \Sigma T \geq 10},$$

де ΣR – кількість опадів за аналізований період (місяць), мм;

$\Sigma T \geq 10$ – суми температур повітря за період із середньою добовою температурою рівною і вище 10 °С.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою програм Microsoft Excel [40].

Результати та обговорення.

Впродовж 2021–2023 рр. дослідження проводили в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН в польових та лабораторних умовах

лабораторії захисту рослин. Вивчали сорти: Збруч, Валькірія, Снігова королева, Достойний, Статус та Дарій за загальноприйнятими методиками в фітопатології.

Агротехніка вирощування ячменю озимого загальноприйнята для умов зони Лісостепу Західного. Протягом вегетації ячменю озимого у 2021–2023 рр. проводили обстеження посівів культури на ураження основними хворобами.

Найпоширенішими хворобами, які проявились впродовж вегетаційного періоду ячменю озимого за роки досліджень були: ринхоспоріоз (збудник *Rhynchosporium graminicola* Heinsen), темно-бура плямистість листя (збудник *Bipolaris sorokiniana* Shoem), борошниста роса (збудник *Erysiphe graminis* DC. f. hordei Em. Marchal).

Слід відзначити, що погодні умови протягом вегетації ячменю озимого в роки досліджень (осінь 2020 та 2021–2023 рр.) були специфічні. Кількість опадів перевищувала багаторічну: у вересні, грудні, січні – всі роки досліджень; у січні – у 2019 р.; в лютому – у 2021 р.; у березні – у 2023 р.; у квітні – у 2022 та 2023 рр.; у червні – у 2021 та 2023 рр.; у травні – у 2019 та 2020 рр.; у липні – у 2023 р. Так, середньомісячна температура повітря перевищувала багаторічну у вересні – липні всі роки досліджень, крім квітня 2021–2022 рр. та вересня 2022 р. (табл. 1).

1. Метеорологічні дані (Гідромеліоративний пост спостережень ІСГ КР НААН), 2020–2022 рр.

Показники	Роки, місяці							
	вересень				жовтень			
	Багат.	2020	2021	2022	Багат.	2020	2021	2022
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Температура, °С	13,1	15,3	13,3	12,2	8,0	11,1	8,4	10,9
Опади, мм	55	95,5	73,2	130,1	57	44,3	8,0	35,0
	листопад				грудень			
Температура, °С	2,4	4,2	4,8	4,2	-1,8	1,1	-1,6	0,5
Опади, мм	48	17,2	29,8	40,9	48	48,5	87,7	76,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	січень				лютий			
	Багат.	2021	2022	2023	Багат.	2021	2022	2023
Температура, °С	-4,6	-1,3	-0,7	2,2	-3,7	-2,1	1,8	0,4
Опади, мм	40	47,9	52,3	49,7	43	95,8	25,3	41,0
	березень				квітень			
Температура, °С	0,5	2,0	2,6	4,9	7,4	6,2	6,5	7,9
Опади, мм	44	43,1	17,3	60,8	51	39,9	82,0	84,2
	травень				червень			
Температура, °С	12,9	13,0	13,9	13,8	16,3	18,8	19,7	17,1
Опади, мм	85	55,4	24,3	20,3	93	97,3	31,3	106,3
	липень							
Температура, °С	17,5	21,9	19,5	20,0	–	–	–	–
Опади, мм	102	94,2	85,8	134,0	–	–	–	–

Примітка: «–» – значення нижчі за норму.

Слід відзначити, що погодні умови впродовж вегетації ячменю озимого у 2023 р. були нерівнозначні. У квітні 2023 р. температура повітря була в межах середньобагаторічної, а опадів – на 33,2 мм менше (табл. 1).

Відзначено певну нестачу вологи у 2022 р. протягом березня, травня та червня. Ця нестача виявилася некритичною і суттєво не вплинула на розвиток рослин та формування врожаю. Теплозабезпеченість ячменю озимого в згадані роки була сприятливою для росту та розвитку рослин. У травні температура повітря була на 0,9 °С менше середньобагаторічної, а кількість опадів на 64,7 мм менше. У I та III декадах червня середньодобова температура повітря перевищувала на 1,2 й 1,8 °С кліматичні показники (15,6 та 17,2 °С), а в II декаді вона наближалася до середньобагаторічної (16,0 °С) й становила 15,4 °С. Середньомісячна температура повітря дорівнювала 17,1 °С й була вищою за норму на 0,8 °С. Липень також відзначався високими температурами, а зокрема середньомісячна температура в липні становила 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, липні – 134,0 за норми 102 мм.

Згідно з результатами наших розрахунків ГТК у 2023 р. можна зробити висновок, що період квітень-липень був достатньо вологий. У квітні – надмірне зволоження (ГТК –3,6), а в травні – слабке (ГТК – 0,47), в червні – надмірне зволоження (ГТК – 2,07), в липні – був досить вологий (ГТК – 2,16). У середньому за цей період рівень зволоження характеризувався як надлишкове зволоження.

Слід відзначити, що появу борошнистої роси відзначено в фазі кущіння у 2021–2023 рр. Сорт Дарій уражувався хворобою менше за інші (7 балів) (табл. 2).

У 2021 р. ураження борошнистою росою було найбільше і, залежно від фази розвитку та сорту становило: у виході в трубку – 8 балів, колосіння – 8–7 балів. У фазі молочної стиглості спостерігали зростання хвороби й відповідно воно становило 7–5 балів (табл. 2).

Погодні умови, які склалися у квітні 2021 р. характеризувалися холодною та помірно вологою погодою (температура повітря була на 1,2 °С менша за норму, а кількість опадів – на 11,1 мм менша від норми).

2. Ураження борошністою росою у фазі молочної стиглості, 2021–2023 рр.

Сорт	Установа оригінатор	Рік		
		2021	2022	2023
Збруч	ІСГКР НААН	5	6	6
Валькірія	СГІНЦНС	6	6	6
Снігова королева	СГІНЦНС	6	6	6
Достойний (St)	СГІНЦНС	6	6	6
Статус	МПП	6	7	7
Дарій	МПП	7	7	7

Примітка. Тут і в наступних таблицях: ІСГКР НААН – Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, СГІНЦНС – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення; МПП – Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН.

Слід відзначити, що температура повітря була нижчою від середньобогаторічної протягом трьох декад місяця, а кількість опадів в цьому місяці була на 11,1 мм менша. Червень характеризувався теплою та вологою погодою (температура повітря була на 2,5 °С вища від середньобогаторічної, а опадів випало на 4,3 мм більше від неї). В липні температура повітря була на 4,4 °С вища середньобогаторічної, а кількість опадів – на 7,8 мм менша за неї.

За результатами наших розрахунків у 2021 р. ГТК (період квітень-липень) слід відзначити, що у квітні спостерігали –

надмірне зволоження (ГТК – 3,32), а в травні та липні – оптимальне зволоження (ГТК–1,4), в червні – надмірне зволоження (ГТК – 1,7).

Слід відзначити, що у фазі вихід в трубку ураження ринхоспоріозом (табл. 3) впродовж 2021–2023 рр. на досліджуваних сортах було незначне і становило 8 балів. У фазі колосіння розвиток цього захворювання впродовж років досліджень був у межах 8–7 балів.

Найбільше ураження ринхоспоріозом відзначено у 2023 р. і у фазі молочної стиглості залежно від сорту воно становило 6–4 бали (табл. 3).

3. Ураження ринхоспоріозом у фазі молочної стиглості, 2021–2023 рр.

Сорт	Установа оригінатор	Рік		
		2021	2022	2023
Збруч	ІСГКР НААН	4	4	5
Валькірія	СГІНЦНС	6	6	6
Снігова королева	СГІНЦНС	6	6	6
Достойний (St)	СГІНЦНС	5	5	4
Статус	МПП	6	6	6
Дарій	МПП	5	5	5

Появі та розвитку ринхоспоріозу на ячмені озимому згідно з результатами наших досліджень сприяла підвищена кількість опадів у III декаді травня – I декаді червня, коли ГТК досягає 1,4 і вище.

У фазі виходу в трубку ураження цією хворобою на досліджуваних сортах було незначне і становило 8 балів. Найменше ураження ринхоспоріозом було на с. Статус – 8 балів. У фазі колосіння ураження

хворобою на досліджуваних сортах становило 8–7 балів.

У фазі молочної стиглості склалися сприятливі умови для розвитку ринхоспоріозу, а зокрема температура більше як 17 °С та висока вологість повітря при (ГТК – 2,07) ураження збільшилося і залежно від сорту становило 6–4 бали. Найбільше ураження цим захворюванням було у сортів Достойний (4 бали) та Збруч

(5 балів).

Згідно з результатами наших досліджень сорт Статус уражувався ринхоспоріозом впродовж років досліджень менше за інші (6 балів).

Сорт Достойний уражувався цим захворюванням більше за інші. Коливання показника ураження хворобою був в середньому у межах (8–4 бали.) Сорт Снігова королева зайняв проміжну позицію, коливання ураження хворобою був у межах 8–6 бали.

Перші ознаки темно-бурої плямистості у 2021–2023 рр. відзначено у фазі кушіння. Появі та розвитку темно-бурої плямистості на ячмені озимому згідно з результатами наших досліджень сприяє підвищена кількість опадів у III декаді

травня – I декаді червня, коли ГТК досягає 1,4 і вище.

Слід відзначити, що у фазі вихід в трубку розвиток темно-бурої плямистості у 2023 р. на досліджуваних сортах був незначний і становив 9–8 балів, а у фазі колосіння – 8 балів. В III декаді червня були сприятливі умови для розвитку захворювання (ГТК – 2,07) і залежно від сорту у фазі молочної стиглості він був 7–5 балів.

Масове розповсюдження цього захворювання розпочалося наприкінці вегетації ячменю озимого у фазі молочної стиглості. Розвиток темно-бурої плямистості в цю фазу на досліджуваних сортах, залежно від сорту та років досліджень був від 7 до 5 балів (табл. 4).

4. Ураження темно-бурою плямистістю у фазі молочної стиглості, 2021-2023 рр.

Сорт	Установа оригінатор	Рік		
		2021	2022	2023
Збруч	ІСГКР НААН	5	5	6
Валькірія	СГІНЦНС	6	6	6
Снігова королева	СГІНЦНС	6	6	6
Достойний (St)	СГІНЦНС	5	6	6
Статус	МПП	6	6	6
Дарій	МПП	6	7	7

Сорт Дарій уражувався темно-бурою плямистістю у 2023 р. менше за інші. Коливання показника ураження хворобою був у межах 8–7 балів.

Встановлено, що ступінь ураження ячменю озимого темно-бурою плямистістю залежить від фази розвитку культури та у фазі молочної стиглості вона найбільша.

Висновки. Згідно з результатами наших досліджень найпоширенішими захворюваннями під час вегетації ячменю озимого впродовж 2021–2023 рр. були ринхоспоріоз, темно-бура плямистість, борошниста роса.

В умовах Західного Лісостепу видовий склад основних хвороб представлений такими збудниками: ринхоспоріозу (збудник *Rhynchosporium*

graminicola Heinsen), борошнистої роси (збудник *Erysiphe graminis* DC. f. *hordei* Em. Marchal), темно-бурої плямистості (збудник *Bipolaris sorokiniana* Shoem).

Появі та розвитку ринхоспоріозу та темно-бурої плямистості на ячмені озимому сприяє підвищена кількість опадів у III декаді травня – I декаді червня, коли ГТК досягає 1,4 і вище.

Найменше ураження хворобами впродовж 2021–2023 рр. за період вегетації ячменю озимого відзначено у сортів: темно-бурою плямистістю – Дарій (7 балів), Статус та Валькірія (по 6 балів); борошнистої роси – Дарій та Статус (по 7 балів), Валькірія (6 балів); ринхоспоріозу – Снігова королева, Валькірія та Статус (по 6 балів).

Список використаної літератури

1. Андрійченко Л. В., Лавришина О. Є. Сорти-дворучки ячменю озимого для вирощування в умовах Півдня Миколаївської області. *Зернові культури*. Том 3. № 2. 2019. С. 286–292. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0088>.
2. Біловус Г. Я. Оцінка сортосразків ячменю озимого за стійкістю до збудників листових хвороб та урожайністю. *Вісник аграрної науки*. 2022. Вип. 3 (828). С. 20–27. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-03>.
3. Борзих О. І. Хвороби рослин основних польових культур в агроценозах України. *Біоресурси і природокористування*. Том 7. 2015. С. 183–189.
4. Борзих О. І., Федоренко В. П. Сучасні проблеми фітосанітарного стану агробіоценозу в Україні. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 3–17.
5. Васильківський В. Я., Сабатин В. Я. Стійкість рослин ячменю ярого проти хвороб залежно від генотипу сорту. *Миронівський вісник*. 2015. Вип. 1. С. 156–169.
6. Вожегова Р. А., Резніченко Н. Д. Вплив способів основного обробітку ґрунту та доз добрив на фітосанітарний стан та забур'яненість посівів ячменю озимого при вирощуванні на зрошенні. Інноваційні розробки – підвищенню ефективності роботи агропромислового комплексу : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. інтернет конф. (м. Херсон, 25 лист. 2015 р.). Херсон : ІЗЗ НААН, 2015. С. 26–28.
7. Гудзенко В. М. Джерела стійкості ячменю ярого до листових хвороб в умовах Лісостепу України. Фактори експериментальної еволюції організмів : зб. наук. пр. 2010. Т. 8. С. 116–121.
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, пластичність та стабільність ячменю озимого у центральному Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 231–240.
12. Гудзенко В. М. Урожайність та стабільність миронівських сортів ячменю озимого. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 113. С. 55–77.
13. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Виведення сортів ячменю озимого адаптованих до сучасних умов Лісостепу України. *Зб. наук. праць Уманського НУС*. 2017. Вип. 90. Ч. 1. С. 63–70.
14. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Основні напрями та завдання селекції ячменю озимого у Центральному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2016. № 1. URL:

References

1. Andriichenko L. V., Lavryshina O. Ye. Two-hand varieties of winter barley for cultivation in the conditions of the South of the Mykolaiv region. *Zernovi kultury*. Vol. 3. No. 2. 2019. P. 286–292. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0088>.
2. Bilovus H. Ya. Assessment of winter barley variety samples for resistance to foliar disease pathogens and productivity. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2022. Vol. 3 (828). P. 20–27. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-03>.
3. Borzykh O. I. Plant diseases of the main field crops in agrocenoses of Ukraine. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. Vol. 7. 2015. P. 183–189.
4. Borzykh O. I., Fedorenko V. P. Current problems of phytosanitary status of agrobiocenosis in Ukraine. *Zakhyst i karantyn roslin*. 2016. Vol. 62. P. 3–17.
5. Vasylykivskiy V. Ya., Sabadyn V. Ya. Resistance of spring barley plants to diseases depending on the genotype of the variety. *Myronivskiy visnyk*. 2015. Vol. 1. P. 156–169.
6. Vozhehova R. A., Reznichenko N. D. The influence of methods of main tillage and doses of fertilizers on the phytosanitary condition and weediness of winter barley crops under irrigation. *Innovatsiini rozrobky – pidvyshchenniu efektyvnosti roboty ahropromyslovoho kompleksu : zb. materialiv Mizhnar. nauk.-prakt. internet konf. (m. Kherson, 25 lyst. 2015 r.)*. Kherson : IZZ NAAN, 2015. P. 26–28.
7. Hudzenko V. M. Sources of resistance of spring barley to foliar diseases in the conditions of the forest-steppe of Ukraine. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv : zb. nauk. pr.* 2010. Vol. 8. P. 116–121.
8. Hudzenko V. M. Evaluation of breeding lines of winter barley in terms of productivity and adaptability in the conditions of the forest-steppe of Ukraine. *Selektsiia i nasinnytstvo*. 2014. Vol. 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. *Selektsiia i nasinnytstvo*. 2015. Vol. 107. P. 25–37.
10. Hudzenko V. M. Selection evaluation 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, plasticity and stability of winter barley in the central forest-steppe of Ukraine. *Selektsiia i nasinnytstvo*. 2013. Vol. 103. P. 231–240.
12. Hudzenko V. M. Yield and stability of Myroniv varieties of winter barley. *Selektsiia i nasinnytstvo*. 2018. Vol. 113. P. 55–77.
13. Hudzenko V.M., Vasylykivskiy S.P. Breeding of winter barley varieties adapted to the modern conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Zb. nauk. prats Umanskoho NUS*. 2017. Vol. 90. Part 1. P. 63–70.
14. Hudzenko V. M., Vasylykivskiy S. P. The main directions and tasks of winter barley selection in the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Novitni ahrotekhnolohii*. 2016. No. 1. URL:

<http://plant.gov.ua/uk/2016-1-2>.

15. 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 України. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 10. С. 30–34.

16. 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.

17. 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.

18. Заярна О. Ю. Оцінка стійкості сортів ярого ячменю до сажкових хвороб. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2017. № 1–2. С. 165–168.

19. Лінчевський А. А. Ячмінь в умовах зміни клімату. *Аграрний тиждень*, 2016. № 11. С. 48–51.

20. Лінчевський А. А. Ячмінь – джерело здорового способу життя сучасної людини. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 14–21.

21. 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.

22. Марков І. Хвороби ячменю під час колосіння. *Агрономія сьогодні*. 2015. № 12. С. 42–44.

23. Марков І. Л. Хвороби ячменю та методи їх контролю. *Агроном*. 2008. № 4. С. 162–179.

24. Методика випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. Київ, 2001. 448 с.

25. Моніторинг фітопатогенного комплексу зернових культур північно-східного лісостепу України / В. І. Татарінова та ін. *Вісник Сумського Національного аграрного університету*. Вип. 3 (25). 2013. С. 29–33.

26. Нагірний В. В. Вплив строків сівби та мікродобрив на продуктивність сортів ячменю озимого в умовах Півдня України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво». Херсон, 2020. 20 с.

27. Нагірний В. В. Вплив строків сівби та мікродобрив на продуктивність сортів ячменю озимого в умовах Півдня України : дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук (доктора філософії) : спец. 06.01.09 «Рослинництво». Херсон, 2020. 208 с.

28. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур : метод. посіб. / за ред. В. П. Омелюта. Київ, 1984. 294 с.

29. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів : навч. посіб. / за ред. В. В. Кириченка, В. П. Петренкової ; НААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва. Харків, 2012. 320 с.

30. Особливості реалізації потенціалу

<http://plant.gov.ua/uk/2016-1-2>.

15. Demydov O. A., Vasykivskiy S. P., Hudzenko V. M. The level of manifestation and the relationship between productivity, plant height and resistance to lodging of winter barley in the forest-steppe of Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2016. No. 10. P. 30–34.

16. Demidov O. A., Gudzenko V. M., Vasykivskiy S. P. The influence of meteorological conditions of the growing season on the yield of winter barley in the Forest Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. No. 4 (33). P. 39–44.

17. Demydov O. A., Hudzenko V. M., Khomenko L. O. Optimization of approaches to the assessment of frost resistance of breeding material of winter barley. *Myronivskiy visnyk*. 2016. Vol. 2. P. 56–68.

18. Zaiarna O. Yu. Assessment of resistance of spring barley varieties to powdery mildew diseases. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2017. No. 1–2. P. 165–168.

19. Linchevskiy A. A. Barley in conditions of climate change. *Ahrarnyi tyzhden*. 2016. No. 11. P. 48–51.

20. Linchevskiy A. A. Barley is the source of a healthy lifestyle for modern people. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2017. No. 12. P. 14–21.

21. Linchevskiy A. A., Lehkun I. B. A new attitude to barley culture and selection in the conditions of climate change. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. No. 9 (810). P. 34–42.

22. Markov I. Diseases of barley during earing. *Ahronomiia sohodni*. 2015. No. 12. P. 42–44.

23. Markov I. L. Barley diseases and methods of their control. *Ahronom*. 2008. No. 4. P. 162–179.

24. Methodology of testing and application of pesticides / za red. S. O. Trybelia. Kyiv, 2001. 448 p.

25. Monitoring of the phytopathogenic complex of grain crops in the northeastern forest-steppe of Ukraine / V. I. Tatarynova et al. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Vol. 3 (25). 2013. P. 29–33.

26. Nahirnyi V. V. The influence of sowing dates and microfertilizers on the productivity of winter barley varieties in the conditions of Southern Ukraine : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. s.-h. nauk : spets. 06.01.09 «Roslynnystvo». Kherson, 2020. 20 p.

27. Nahirnyi V. V. The influence of sowing dates and microfertilizers on the productivity of winter barley varieties in the conditions of Southern Ukraine : dys. na zdobuttia nauk. stupenia doktora s.-h. nauk (doktora filosofii) : spets. 06.01.09 «Roslynnystvo». Kherson, 2020. 208 p.

28. Accounting for pests and diseases of agricultural crops : method. manual / za red. V. P. Omeliuta. Kyiv, 1984. 294 p.

29. Basics of selection of field crops for resistance to harmful organisms : training. manual / za red. V. V. Kyrychenka, V. P. Petrenkovi ; NAAN, In-t

продуктивності сортів ячменю озимого та ярого в північному Степу України / А. Д. Гирка та ін. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 10. С. 110–114.

31. Петриченко В., Лихочвор В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-те вид. 2020. Київ, 806 с.

32. Пріоритети в селекції ячменю (*Hordeum vulgare* L.) для сучасних умов виробництва зерна в Україні / А. А. Лінчевський та ін. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. 2017. Вип. 30 (70). С. 23–39.

33. Резніченко Н. Д. Динаміка накопичення сирої маси та сухої речовини сортами ячменю озимого за різних умов вирощування. *Зрошуване землеробство : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2019. Вип. № 72. С. 113–117.

34. Резніченко Н. Д. Збережемо потенціал ячменю озимого. *Аграрний тиждень. Україна: журнал аграрних інновацій*. 2017. № 12 (325). С. 49–50.

35. Рекомендації з догляду за озимими колосовими та сівба ярих зернових в господарствах Львівської області під урожай 2021 року / О. Ф. Стасів та ін. *Оброшине*, 2021. 72 с.

36. Рекомендації з особливостей технології вирощування озимих зернових під урожай 2022 року (осінній комплекс робіт) / О. Ф. Стасів та ін. *Оброшине*, 2021. 40 с.

37. Ретьман С. В. Абіотичні чинники та розвиток септоріозу листя. *Карантин і захист рослин*. 2009. № 12. С. 2–3.

38. Сабадин В. Я. Селекційна цінність джерел стійкості до збудників хвороб ячменю озимого. *Генетичні ресурси рослин*. 2008. № 5. С. 65–69.

39. Сайко В. Ф. Наукові основи стійкого землеробства в Україні. *Землеробство*. 2010. Вип. 3. С. 3–11.

40. Системний аналіз в селекції польових культур: навчальний посібник / П. П. Літун та ін. Харків, 2009. 354 с.

41. Сметанко О. В. Вплив агротехнічних прийомів вирощування озимої пшениці і ячменю на ураження хвороби, накопичення елементів живлення і урожай зерна в агрометеорологічних умовах Південного Степу. *Вісник аграрної науки південного регіону. Сільськогосподарські та біологічні науки*. 2010. Вип. 11. С. 84–90.

42. Солодушко М. М. Продуктивність озимих та ярих колосових культур в Степу України. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2013. Вип. 14. С. 122–126.

43. Урожайність різних сортів ячменю озимого в умовах Південного Степу / С. О. Заєць та ін. *Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2023. № 19. С. 51–56.

44. Хвороби озимого ячменю в осінній період / М. М. Кирик та ін. *Пропозіція*. 2015. Вип. 10. С. 92–96.

45. Bilovus H. Fungal diseases of winter barley under conditions of the Western Forest-Steppe. Collective

roslynnystva im. V. Ya. Yur'ieva, Natsionalnyi ahrarnyi universytet im. V. V. Dokuchaieva. Kharkiv, 2012. 320 p.

30. Peculiarities of realizing the productivity potential of winter and spring barley varieties in the Northern Steppe of Ukraine / A. D. Hyrka et al. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*. 2016. No. 10. P. 110–114.

31. Petrychenko V., Lykhochvor V. Crop production. New technologies for growing field crops. 5th species. 2020. Kyiv, 806 p.

32. Priorities in the selection of barley (*Hordeum vulgare* L.) for modern conditions of grain production in Ukraine / A. A. Linchevsky et al. *Zbirnyk naukovykh prats SHI-NTSNS*. 2017. Vol. 30 (70). P. 23–39.

33. Reznichenko N. D. Dynamika nakopychennia syroi masy ta sukhoi rehovyny sortamy yachmeniu ozymoho za riznykh umov vyroshchuvannia. *Zroshuvane zemlerobstvo : mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk*. 2019. Vol. No. 72. P. 113–117.

34. Reznichenko N. D. Let's preserve the potential of winter barley. *Zhurnal ahrarnykh innovatsii*. 2017. No. 12 (325). P. 49–50.

35. Recommendations for the care of winter ears of corn and sowing of spring cereals in the farms of the Lviv region for the 2021 harvest / O. F. Stasiv et al. *Obroshyne*, 2021. 72 p.

36. Recommendations on the peculiarities of the technology of growing winter cereals for the 2022 harvest (autumn complex of works) / O. F. Stasiv et al. *Obroshyne*, 2021. 40 p.

37. Retman S. V. Abiolychni chynnyky ta rozvytok septoriozu lystia. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2009. No. 12. P. 2–3.

38. Sabadyn V. Ya. Seleksiina tsinnist dzheryl stiikosti do zbudnykiv khvorob yachmeniu ozymoho. *Henetychni resursy roslyn*. 2008. No. 5. P. 65–69.

39. Saiko V. F. Scientific basis of sustainable agriculture in Ukraine. *Zemlerobstvo*. 2010. Vol. 3. P. 3–11.

40. System analysis in the selection of field crops : a study guide / P. P. Litun et al. Kharkiv, 2009. 354 p.

41. Smetanko O.V. The influence of agrotechnical methods of growing winter wheat and barley on disease damage, accumulation of nutrients and grain yield in the agrometeorological conditions of the Southern Steppe. *Visnyk ahrarnoi nauky pivdennoho rehionu. Silskohospodarski ta biolohichni nauky*. 2010. Vol. 11. P. 84–90.

42. Solodushko M. M. Productivity of winter and spring ear crops in the Steppe of Ukraine. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti*. 2013. Vol. 14. P. 122–126.

43. Yield of different varieties of winter barley in the conditions of the Southern Steppe / S. O. Zayets et al. *Ahrarni innovatsii. Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynnystvo*. 2023. No. 19. P. 51–56.

44. Diseases of winter barley in the autumn period / M. M. Kyryk et al. *Propozytsiia*. 2015. Vol. 10. P. 92–96.

monograph. Sustainable Development of the Agricultural Sector of Foothill Regions / ed. Oleh Stasiv. LAPLAMBERT Ac. Publ., 2020. P. 81–104.

46. Vasykivskiy S., Gudzenko V. Winter barley selection in steady grain production provision in the Central Forest-steppe of Ukraine. *Агробіологія*. 2017. No. 1. P. 25–33.

47. Demidov O. A., Gudzenko V. M., Vasykivskiy S. P. Influence of meteorological conditions of the growing season on the yield of winter barley in the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. No. 4 (33). P. 39–44.

45. Bilovus H. Fungal diseases of winter barley under conditions of the Western Forest-Steppe. Collective monograph. Sustainable Development of the Agricultural Sector of Foothill Regions / ed. Oleh Stasiv. LAPLAMBERT Ac. Publ., 2020. P. 81–104.

46. Vasykivskiy S., Gudzenko V. Winter barley selection in steady grain production provision in the Central Forest-steppe of Ukraine. *Агробіологія*. 2017. No. 1. P. 25–33.

47. Demidov O. A., Gudzenko V. M., Vasykivskiy S. P. Influence of meteorological conditions of the growing season on the yield of winter barley in the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. No. 4 (33). P. 39–44.

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-4

Оригінальна наукова стаття

УДК 632.51.631582.631.89

**ФОРМУВАННЯ БАНКУ НАСІННЯ БУР'ЯНІВ У ҐРУНТІ
ЗА РІЗНОГО АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ****О. В. Вавринович, О. Й. Качмар, О. Л. Дубицький, А. О. Дубицька, М. М. Щерба**

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

Про авторів:

Оксана ВАВРИНОВИЧ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0003-3466-1432

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

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

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

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

Для листування:

Оксана ВАВРИНОВИЧ
e-mail:
vavrynovychoksana@gmail.com

Інформація про фінансування:
Національна академія аграрних
наук України

Отримано:
25 жовтня 2024 р.
Погоджено до друку:
6 листопада 2024 р.

Важливою перспективою ведення сільськогосподарського виробництва та збільшення врожайності культур є раціонально обґрунтований захист посівів від бур'янової рослинності. Важливим показником кількісних змін потенційної засміченості посівів та протибур'янової ефективності агротехнічних способів є баланс насіння сеgetальної рослинності в оброблюваному шарі за певний період. Вивчено особливості формування потенційної забур'яненості ґрунту насінням сеgetальної рослинності в посівах сільськогосподарських культур у п'ятипільних зернових сівоzmінах за різних систем удобрення. Встановлено, що аналіз показників потенційної забур'яненості ґрунту в короткоротаційних сівоzmінах показав переваги застосування у п'ятипільних зернових сівоzmінах органо-мінеральних систем удобрення, які включають в розрахунок на гектар ріллі сівоzmінної площі N₉₆₋₁₀₂P₉₀K₉₀ (інтенсивна), вирощування один раз за ротацію в післяжнивних посівах редьки олійної на сидерат та заробляння всієї побічної продукції, за яких забезпечуються найнижчі показники банку насіння бур'янів у ґрунті на рівні: сої – 16,2 тис. шт./м², пшениці озимої – 33,8, соняшника – 25,6, кукурудзи на зерно – 43,9, вівса (після соняшника) – 19,7 та після кукурудзи на зерно 21,6, жита озимого 15,6 тис. шт./м² та відбувається збільшення проростання життєздатного насіння бур'янів в польових мікроділянках протягом всього вегетаційного періоду (сої – 358 шт./м², пшениці озимої – 624, соняшника – 542, кукурудзи на зерно – 907, вівса (після соняшника) – 489 та після кукурудзи на зерно 525, жита озимого 472 шт./м²).

Ключові слова: сеgetальна рослинність, насіння бур'янів, потенційна забур'яненість, сівоzmіна, удобрення.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Вавринович О. В., Качмар О. Й., Дубицький О. Л., Дубицька А. О., Щерба М. М., 2024

Formation of a weed seed bank in the soil under various anthropogenic load

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

About authors:

Oksana VAVRYNOVYCH
ORCID: 0000-0003-3466-1432

Oksana KACHMAR
ORCID: 0000-0002-0382-6030

Alexander DUBYTSKYI
ORCID: 0000-0002-8293-4119

Anhelina DUBYTSKA
ORCID: 0000-0002-5685-0237

Mariia SHCHERBA
ORCID: 0000-0002-0773-6382

For corresponding:

Oksana VAVRYNOVYCH
e-mail:
vavrynovychoksana@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:

October 25, 2024

Accepted:

November 6, 2024

An important perspective for agricultural production and increasing the yield of crops is the rational protection of them from weed vegetation. An important indicator of quantitative changes in the potential weediness of crops and, at the same time, the anti-weed effectiveness of agrotechnical measures is the balance of segetal seeds in the cultivated layer over a certain period. Peculiarities of the formation of potential weediness of the soil by the seeds of segetal vegetation in the sowings of agricultural crops in five-field grain rotations under different fertilization systems were studied. It was established that the analysis of indicators of potential soil contamination in short-rotational crop rotations showed the advantages of using organo-mineral fertilization systems in five-field grain crop rotations. These include per hectare of arable land of the crop rotation area $N_{96-102}P_{90}K_{90}$ (intensive), cultivation once per rotation in post-harvest sowing of oil radish for siderate and the production of all by-products. This ensures the lowest indicators of the weed seed bank in the soil at the level of: soy – 16.2 thousand pcs/m², winter wheat – 33.8, sunflower – 25.6, corn for grain – 43.9, oats (after sunflower) – 19.7 and after corn for grain 21.6, winter rye – 15.6 thousand pcs/m². And there is also an increase in the germination of viable weed seeds in field microplots during the entire growing season (soy – 358 pcs/m², winter wheat – 624, sunflower – 542, corn for grain – 907, oats (after sunflower) – 489 and after corn for grain 525, winter rye – 472 pcs/m²).

Key words: segetal vegetation, weed seeds, potential weediness, crop rotation, fertilizers.

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

Вступ. Землеробство провідних країн спрямоване на використання інтенсивних технологій вирощування культурних рослин з метою підвищення їх продуктивності, поліпшення якості врожаю та досягнення високого рівня рентабельності виробництва. Бур'яни засвоюють поживні речовини з ґрунту та добрив в кількостях, які значно перевищують споживання їх культурними рослинами. Сегетали завдають значних збитків, сприяючи поширенню хвороб і шкідників, погіршують якість продукції, збільшують витрати на її вирощування.

Інтенсифікація й екологізація сучасного землеробства ставить перед наукою і виробництвом нові вимоги, пов'язані з необхідністю поліпшення гербологічного стану посівів та ґрунту. Тому особливої актуальності набуває вивчення питань застосування в арсеналі проти бур'янів екологічно безпечних заходів, складових систем землеробства, до яких належать збалансовані сівозміни, раціональний механічний обробіток ґрунту, хімічні методи, здатні знищити вегетуючі бур'яни й очистити ґрунт від їх насінневих та вегетативних зачатків [6, 19].

Сільськогосподарські землі мають високий рівень потенційної забур'яненості орного шару ґрунту. За результатами наукових досліджень різними науковцями є той факт, що життєздатне насіння сегеталів може прорости лише з 0–10 см шару ґрунту. Отже, важливим завданням досліджень гербології є вивчення обсягів присутності насіння бур'янів [1, 30].

Видовий склад бур'янової рослинності досить різноманітний. На території України налічується понад 700 видів сегеталів, але найбільш шкідливими є близько 300 видів. Отже, загалом сегетальна рослинність здатна активно заселяти орні землі. Серед бур'янів – це види терофіти, для яких головний засіб розмноження і поширення є насіння і плоди. Це, зокрема, усі однорічні види сегеталів [4, 14, 18].

Знання банку насіння сегеталів у ґрунті є важливим для вивчення динаміки популяції, створення відповідних заходів боротьби з бур'янами, трохи зусиль у розумінні банку насіння бур'янів може дати важливу інформацію про те, яких сегеталів очікувати у вегетаційний період, щільність бур'янів і коли вони найбільше проростуть [7, 11, 27].

Джерела поповнення банку насіння бур'янів добре відомі. Передусім це сегетали, які у посівах у попередні роки вегетації сільськогосподарських культур. Другим джерелом є перенесення насіння бур'янів потоками повітря з інших територій, з органічними добривами (гній, компост та торф за неправильного зберігання). Третім джерелом може бути й посівний матеріал (неочищене насіння) [26, 28].

Головними напрямками зниження потенційної забур'яненості ріллі є запобігання утворенню насіння бур'янами, що ростуть на полях, очищення від життєздатного насіння бур'янів органічних добрив, використання в сівозміні ланок з високою протибур'яною ефективністю [1, 12].

Потенційна забур'яненість ґрунту насінням бур'янів є основним джерелом

формування сегетальної рослинності в агрофітоценозах. Для розробок прогнозів забур'яненості полів крім видового складу, ступеня розповсюдження вегетуючих бур'янів і наявності насіння в органічних добривах, важливе значення мають дані про запаси життєздатного насіння бур'янів у ґрунті, з якого формується актуальна забур'яненість посівів [2, 24, 27].

Чисельність життєздатного насіння сегетальної рослинності в орному шарі зменшується з роками. На третій рік у ґрунті життєздатного насіння залишається менше ніж 5 % бур'янової рослинності. За два роки, коли сіють озимі зернові культури меншою мірою не сільськогосподарські поля поле зайняте ранніми ярими й озимими культурами до ґрунту не поступає насіння пізніх ярих сегеталів і тим зменшують свою чисельність життєздатного насіння у ґрунті. [23].

Мета дослідження – дослідити умови формування насіння сегетальної рослинності в ґрунті під впливом антропогенних чинників.

Матеріали і методи. Дослідження виконували в умовах експериментального полігону, який має статус довготривалого стаціонарного польового дослідження і внесений до Реєстру стаціонарних дослідів України (номер атестата – 31). Досліджувалися два фактори перший короткоротаційні сівозміни, друга система удобрення. Під зяблевий обробіток ґрунту заорювали соломку попередника, сидерат (олійна редька) вносили фосфорно-калійні добрива, азотні – ранньовесняне підживлення (пшениця озима) та передпосівна культивация.

Об'єкт нашого дослідження: зернові сівозміни: соя – пшениця озима – соняшник – кукурудза на зерно – овес – жито озиме. У сівозміні вирощували культури таких сортів: пшениця озима – Бенефіс, жито озиме – Інтенсивне 99, овес – Артур, кукурудза – гібрид П8816, соя – Лія, соняшник – Чародій.

У процесі проведення досліджень виконували наступні спостереження:

– потенційну забур'яненість ґрунту (чисельність насіння бур'янів) проводили методом відбору зразків буром в 15–20 точках дослідних ділянок з наступним відмиванням їх на ситах діаметром 0,25 мм весною й осінню. Повторність – 3-х кратна [13];

– пророщування насіння сегетальної рослинності за весь період вегетації культур (метод польових кювет) за методикою Анатолія Малієнка [15].

Погодні умови за час проведення досліджень мали свої особливості. У всі місяці періоду жовтень – вересень температурний режим був вищим за середні багаторічні значення. Особливо контрастними були січень – середньомісячна температура складала +2,2 °С за -4,6 °С багаторічних з відхиленням 6,8 °С та вересень (2023 р.) – відповідно +17,8 °С за 13,2 °С з відхиленням 4,7 °С. За тепловим режимом вирізнялись також лютий і березень з вищими значеннями відносно багаторічних на 4,1 і 4,4 °С. В цілому, середньомісячні температури впродовж періоду проведення досліджень були вищими нульового температурного рівня. У зимовий період це могло порушити проходження процесів яровизації озимих культур. Однак, завдяки невеликому зниженню температури повітря (-0,8 – -3,8 у період 17–30 листопада +0,6 – -7,0 з 1 по 21 грудня) з подальшою стабілізацією на невисокому плюсовому фоні, пройшла фізіологічна адаптація рослин до охолодження й сезонних змін клімату.

Кількість опадів була нерівномірною. Більша їх кількість випала у грудні (76,7 мм з переважаанням відносно багаторічних на рівні 28,7 мм), квітні (84,2 мм з надвишком 33,2 мм) і липні (134,0 мм з відхиленням на 32,0 мм). Меншою за багаторічні значення кількістю опадів характеризувались жовтень – 35,0 мм проти 57,0 мм багаторічних і травень – відповідно 20,3 мм проти 85,0 мм. В інші місяці спостерігалась поперемина динаміка кількості опадів з невеликими абсолютними відхиленнями,

що не спричинило різких перепадів у волого забезпеченні ґрунтів.

Такі погодні умови були сприятливими для росту й розвитку сільськогосподарських культур, однак вони ж і призвели до гербологічної активності бур'янів. Комфортний температурний режим і достатня вологість ґрунту спричинили збільшення забур'яненості посів, що потребувало особливих підходів та коректив до систем захисту рослин.

Результати та обговорення. Найважливішими агротехнічними способами впливу на забур'яненість ґрунту у посівах сільськогосподарських культур та їх контролю за шкодочинності є сівозміни, обробіток ґрунту та удобрення [10, 17].

Правильне чергування культур у сівозміні, насичення їх різними видами та біологічно контрастними рослинами є дієвим способом управління гербологічним станом посівів, що призводить до зростання конкурентоздатності сільськогосподарських культур стосовно бур'янів [8, 16, 20, 21].

Вплив удобрення на забур'яненість посівів є різнобічним: по перше підвищує родючість орного шару ґрунту призводить до оптимізації поживного режиму як для сільськогосподарських культур, так і для бур'янової рослинності; по друге, забезпечує найкращі можливості вегетування культурних рослин та підвищення їх конкурентних відносин щодо сегетальної рослинності [22, 25, 29].

Встановлено, що у 2023 р. найвища потенційна забур'яненість ґрунту насінням експрелентної рослинності в зерновій сівозміні сформувалась в посівах кукурудзи на зерно від 46,6 до 64,0, пшениці озимої від 34,0 до 48,6 тис. шт./м². Найменша кількість насіння бур'янів у ґрунті була відмічена в посівах сої після попередника жита озимого від 12,4 до 23,8 тис. шт./м². В середньому за роки дослідження найвища чисельність насіння сегеталів в посівах кукурудзи й пшениці така ж закономірність збереглася відносно 2023 р. Однак найменша кількість бур'янів була відмічена в посівах жита

озимого і становила від 15,6 до 28,1 тис. шт./м² (табл. 1).

Найвищий насінневий фонд сегетальних видів як у 2023 р. та в середньому за роки дослідження (2021–2023 рр.) в зерновій сівозміні сформувався на контролі без застосування добрив 23,8 та 28,4 тис. шт./м² в посівах сої, 48,6–49,2 пшениці озимої, 35,2–34,4 сояшника, 64,0–57,6 кукурудзи на зерно, 30,6–29,0 вівса (після сояшника) та 38,2–31,5 (після кукурудзи на зерно), 32,8–28,1 тис. шт./м² у посівах жита озимого.

На варіантах раціональної системи удобрення насінневий банк бур'янів був

дещо меншим ніж 18400 та 21550 шт./м² (соя), 42200–42667 (пшениця озима), 30000–29200 (сояшник), 52000–48583 (кукурудза на зерно), 24200–23000 (овес попередник сояшник) та 28600–24467 (овес попередник кукурудза на зерно), 26200–21493 шт./м² (жито озиме). Найнижча потенційна забур'яненість ґрунту насінням сегеталів сформувався при інтенсивній системі удобрення у посівах сої становив 12,4 та 16,2 тис. шт./м², пшениці озимої – 34,0–33,8, сояшника – 26,8–25,6, кукурудзи на зерно – 46,6–43,9, вівса (після сояшника) – 20,6–19,7 та 25,2–21,6 (після кукурудзи на зерно), жита озимого – 21,6–15,6 тис. шт./м² (табл. 1).

1. Потенційна забур'яненість ґрунту в зерновій сівозміні за роки дослідження, шт./м²

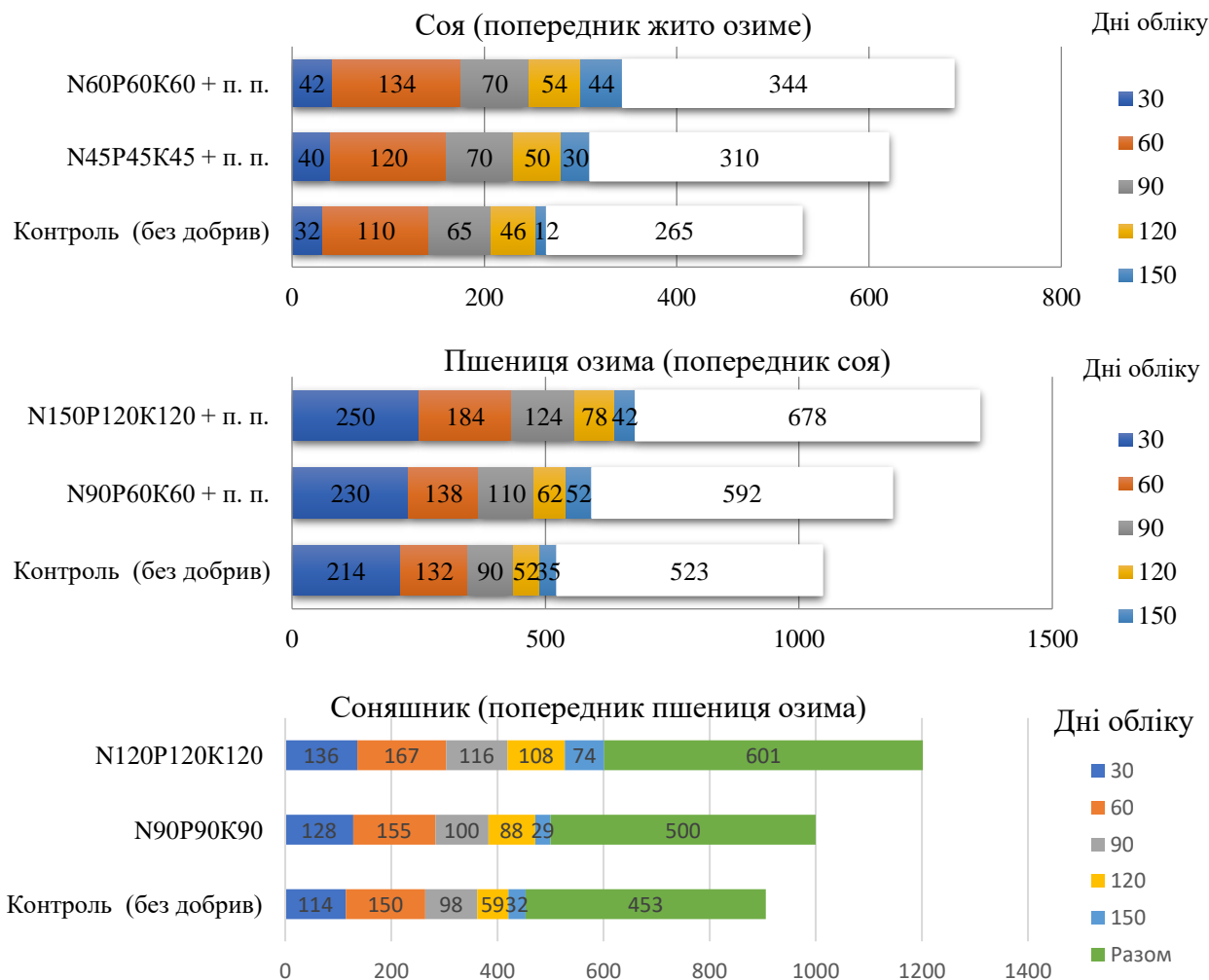
Варіанти удобрення	Шар ґрунту	Кількість насіння бур'янів на 1 м ²			
		2021	2022	2023	середнє
Соя (попередник жито озиме)					
Контроль (без добрив)	0–10	40000	21250	23800	28350
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п. п.	0–10	33750	12500	18400	21550
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	0–10	26250	10000	12400	16217
Пшениця озима (попередник соя)					
Контроль (без добрив)	0–10	46200	52800	48600	49200
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	0–10	35640	50160	42200	42667
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	0–10	30360	36960	34000	33773
Сояшник (попередник пшениця озима)					
Контроль (без добрив)	0–10	32000	35840	35200	34347
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0–10	25600	32000	30000	29200
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0–10	20480	29440	26800	25573
Кукурудза на зерно (попередник пшениця озима)					
Контроль (без добрив)	0–10	33750	75000	64000	57583
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	0–10	28750	65000	52000	48583
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат	0–10	22500	62500	46600	43867
Овес (попередник сояшник)					
Контроль (без добрив)	0–10	23040	33280	30600	28973
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + п. п.	0–10	14080	30720	24200	23000
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	0–10	10240	28160	20600	19667
Овес (попередник кукурудза на зерно)					
Контроль (без добрив)	0–10	21760	34560	38200	31507
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + п. п.	0–10	12800	32000	28600	24467
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	0–10	8960	30720	25200	21627
Жито озиме (попередник овес)					
Контроль (без добрив)	0–10	17160	34320	32800	28093
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	0–10	14520	23760	26200	21493
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + п. п.	0–10	11880	13200	21600	15560

Ряд науковців вважають, що потенційна забур'яненість ґрунту збільшується при застосуванні систем удобрення, особливо органо-мінеральної і органічної [3, 5, 9].

Однак, в наших дослідженнях, комплексне внесення доз мінеральних добрив різного рівня інтенсивності на фоні побічної продукції рослинництва та зеленої маси сидерата в органо-мінеральних системах удобрення у зерновій п'ятипільній сівозміні забезпечило зниження забур'яненості ґрунту та засміченості посівів сільськогосподарських культур проти контролю.

Потенційну загрозу для сільськогосподарських культур складає та частка насінневого банку бур'янів, яка проростає протягом вегетаційного періоду. У полі ми формували мікроділянки, які

знаходились в аналогічних екологічних за кількістю тепла, вологи та освітлення. На мікроділянках сої у 2023 р. проросло найменше бур'янової рослинності протягом усього вегетаційного періоду відповідно до усіх культур сівозміни. На варіантах із застосуванням інтенсивної системи удобрення ($N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція) проросла найбільша кількість насіння сегеталів – 344 шт./ m^2 за перші 30 днів зреалізувалося 12 % насіння бур'янів від загальної кількості, яке проросло за весь вегетаційний період за 60 днів 39 % в наступний період обліку (90–150 дні) їх відсоток поступово зменшувався, ця динаміка проростання спостерігалася на усіх варіантах дослідження. Найменше проросло на контролі (без добрив) 265 шт./ m^2 (рис. 1).



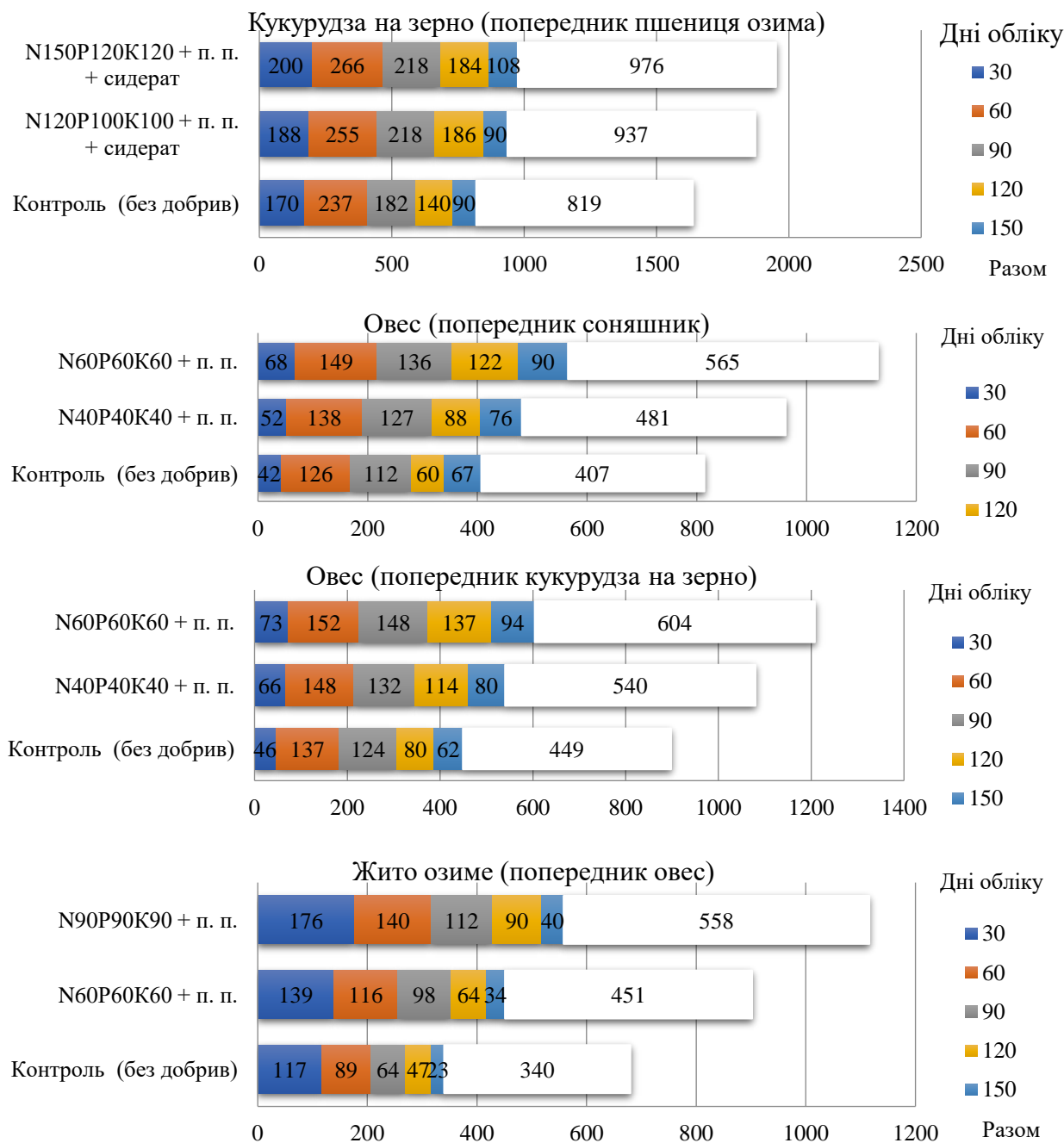


Рис. 1. Динаміка проростання насіння бур'янів у мікроділянках, шт./м²

На сформованих мікроділянках на дослідному полі за весь період розвитку пшениці озимої найменше проросло на контролі 523 шт./м², дещо більше на варіанті з внесенням побічної продукції та N₉₀P₆₀K₆₀ та становило 592, найбільше із застосуванням N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀ + побічна продукція – 678 шт./м². Спостереження за динамікою їх проростання, свідчить проте, що за перші 30 днів обліку зреалізувалося від 37 до 41 % насіння бур'янів на 60 день

23–27 % від загальної кількості, яке проросло за весь вегетаційний період, за наступних обліків кількість зменшувалась.

У соняшника найбільше проросло насіння сегеталів на варіанті з внесенням найвищих доз добрив (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) – 601 шт./м² на 30 день обліку проросло 23 %, за 60 днів їх чисельність зростає в 1,3 рази при наступному обліку їх кількість зменшилась і становила 19,0 % від загальної кількості, яке проросло за весь

вегетаційний період. На варіанті за раціонального живлення проросло 500 шт./м² на контролі цей показник становив 453 шт./м².

У мікроділянках кукурудзи на зерно проросло найбільше бур'янової рослинності в усіх варіантах дослідження на контролі 819 шт./м², за раціонального живлення 937, при інтенсивному 976 шт./м². Спостереження за динамікою проростання показало, що поява сходів бур'янів в посівах кукурудзи на зерно має чіткі відмінності: за перші 30 днів обліку проростання насіння становило 20–21 %, на 60-й день обліку чисельність сеgetальної рослинності різко збільшилось на 27–29 % від загальної кількості яке проросло за період спостереження. При наступних обліках кількість зменшувалась. Така ж закономірність спостерігалась на усіх варіантах дослідження.

У вівса найменше проросло насіння бур'янів після попередника сояшника на удобрених варіантах 481–565 шт./м² після кукурудзи на зерно цей показник становив 540–604 шт./м². За нашими дослідженнями динаміка проростання свідчить проте, що за перші 30 днів обліку на контролі зреалізувалося 10 % насіння бур'янів від загальної кількості, яке проросло за весь вегетаційний період, за 60 днів кількість пророслого насіння сеgetалів зростало на 31 %, однак за наступного обліку (90–150 днів) кількість зменшувалась.

У мікроділянках жита озимого за весь період вегетації на контролі проросло 340 шт./м², за внесенням N₆₀P₆₀K₆₀ + побічна продукція – 451, із застосуванням побічної продукції та N₉₀P₉₀K₉₀ проросло 558 шт./м². Так, на початку обліку (30–60 день) зійшло 31–34 % від загальної їх кількості, з наступним обліком чисельність поступово зменшувалась до кінця вегетації (рис. 1).

На сформованих польових мікроділянках в середньому за роки досліджень (2021–2023 рр.) в зерновій сівозміні протягом вегетаційного періоду проросла найбільша кількість сеgetальної рослинності на варіантах із застосуванням інтенсивного живлення в сої – 358 шт./м², пшениці озимої – 624, сояшника – 542, кукурудзи на зерно – 907, вівса (після сояшника) – 489 та після кукурудзи на зерно – 525, жита озимого – 472 шт./м². Дещо менший цей показник був на варіантах із застосування раціональної системи удобрення в мікроділянках – 327 шт./м² сої, 540 – пшениці озимої, 451 – сояшника, 848 – кукурудзи на зерно, 417 та 472 – вівса попередник сояшника та кукурудзи на зерно, 362 – жита озимого. Найменше проросло бур'янової рослинності на варіантах без добрив (контроль) і складав: 266 в мікроділянках сої, 480 – пшениці озимої, 392 – сояшника, 704 – кукурудзи на зерно, 352 та 405 – вівса (після сояшника та кукурудзи на зерно), 285 – жита озимого (табл. 2).

2. Проростання насіння бур'янів в мікроділянках у посівах сільськогосподарських культур в середньому за роки дослідження (2021–2023 рр.), шт./м²

Варіанти удобрення	Дні обліку					
	30	60	90	120	150	Разом
1	2	3	4	5	6	7
Соя (попередник жито озиме)						
Контроль (без добрив)	33	105	59	48	21	266
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п. п.	41	122	77	55	33	327
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	44	132	78	56	46	358
Пшениця озима (попередник соя)						
Контроль (без добрив)	198	112	88	50	32	480
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	216	127	96	56	45	540
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	237	173	117	65	33	624

1	2	3	4	5	6	7
Соняшник (попередник пшениця озима)						
Контроль (без добрив)	98	135	87	45	27	392
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	115	141	91	74	30	451
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	126	154	105	92	65	542
Кукурудза на зерно (попередник пшениця озима)						
Контроль (без добрив)	141	198	158	128	79	704
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	173	232	192	168	82	848
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат	188	244	200	174	101	907
Овес (попередник соняшник)						
Контроль (без добрив)	35	114	97	55	50	352
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + п. п.	44	131	109	72	60	417
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	53	144	121	96	75	489
Овес (попередник кукурудза на зерно)						
Контроль (без добрив)	40	126	109	73	57	405
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + п. п.	52	134	119	93	74	472
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	60	140	131	111	83	525
Жито озиме (попередник овес)						
Контроль (без добрив)	101	77	57	34	16	285
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	120	92	73	52	25	362
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + п. п.	149	119	95	77	33	472

Така закономірність може обумовлюватись рядом чинників, зокрема різною насінневою продуктивністю сегетальних видів у посівах окремих культур. Цілком вірогідно, що певну роль відіграє різна біологічна активність ґрунту, яка тісно пов'язана з руйнуванням оболонки насінням і втратою їх схожості.

В результаті застосування цього методу оцінювались не лише кількісні показники потенційної забур'яненості ґрунту, а її динамічні характеристики. Найбільша кількість насіння бур'янів зі зразків ґрунту, відібраних у посівах культур сівозміни, проросло на початкових етапах обліку. До кінця вегетації темп їх проростання знижувалась.

За результатами наших досліджень у 2023 р. в зерновій сівозміні відсоток реалізації кількості бур'янів від наявних в ґрунті за весь період вегетації був найвищим на варіантах із застосуванням інтенсивної системи удобрення у посівах сої (попередник жито озиме) – 2,2 %, пшениці озимої (соя) – 1,8, соняшника (пшениця озима) – 2,1, кукурудзи на зерно (пшениця озима) – 2,1, вівса (соняшник) –

2,5 та попередник кукурудза на зерно – 2,4, жита озимого (овес) – 3,0 %, однак відсоток реалізації від наявності в посівах культур сівозміни був найнижчим (соя – 20,9 %, пшениця озима – 13,3, соняшник – 11,8, кукурудза на зерно – 8,6, овес (після соняшника та кукурудзи на зерно) – 21,9 та 21,1,8, жито озиме – 14,2 %. На варіантах з внесенням раціонального живлення чисельність пророслого насіння сегеталів був дещо нижчий відсоток реалізації від наявності кількості насіння бур'янів у ґрунті та в польових кюветах – 1,5 % сої, 1,3 пшениці озимої, 1,5 соняшника, 1,7 кукурудзи на зерно, 1,8 та 1,9 вівса після соняшника та кукурудзи на зерно, 1,7 жита озимого.

Однак найнижчий відсоток реалізації чисельності сегетальної рослинності в ґрунті був на варіанті без добрив (контроль) у посівах сої, пшениці озимої – 0,9 %, соняшника – 1,0, кукурудзи на зерно – 1,2, вівса – 1,2–1,3, жита озимого – 1,0 %, реалізація в посівах була найвищою у сої – 48,5 %, пшениці озимої – 31,5, соняшника – 32,7, кукурудзи на зерно – 20,5, вівса – 53,1–47,2, жита озимого – 42,1 % (табл. 3).

3. Реалізація насіння бур'янів у ґрунтах посівах сільськогосподарських культур в середньому за 2021-2023 рр.

Удобрення	Кількість насіння бур'янів в ґрунті, шт./м ²	Кількість бур'янів пророслих у:		Відсоток реалізації від наявності в:	
		польових кюветах, шт./м ²	посівах, шт./м ²	ґрунті	посівах
Соя (попередник жито озиме)					
Контроль (без добрив)	28350	266	129	0,9	48,5
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + п. п.	21550	327	102	1,5	31,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	16217	358	75	2,2	20,9
Пшениця озима (попередник соя)					
Контроль (без добрив)	49200	480	151	1,0	31,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	42667	540	110	1,3	20,4
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п.	33773	624	83	1,8	13,3
Соняшник (попередник пшениця озима)					
Контроль (без добрив)	34347	392	128	1,1	32,7
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	29200	451	101	1,5	22,4
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	25573	542	64	2,1	11,8
Кукурудза на зерно (попередник пшениця озима)					
Контроль (без добрив)	57583	704	144	1,2	20,5
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + п. п. + сидерат	48583	848	117	1,7	13,8
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + п. п. + сидерат	43867	907	78	2,1	8,6
Овес (попередник соняшник)					
Контроль (без добрив)	28973	352	187	1,2	53,1
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + п. п.	23000	417	155	1,8	37,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	19667	489	107	2,5	21,9
Овес (попередник кукурудза на зерно)					
Контроль (без добрив)	31507	405	191	1,3	47,2
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + п. п.	24467	472	162	1,9	34,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	21627	525	111	2,4	21,1
Жито озиме (попередник овес)					
Контроль (без добрив)	28093	285	120	1,0	42,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + п. п.	21493	362	89	1,7	24,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + п. п.	15560	472	67	3,0	14,2

Таким чином, одною з основних причин забур'яненість посівів сільськогосподарських культур є потенційна забур'яненість ґрунту насінням бур'янів, здатного дати сходи в умовах певного вегетаційного періоду.

Висновки. В результаті наших досліджень встановлено, що аналіз показників потенційної забур'яненості ґрунту в короткоротаційних сівозмінах показав переваги застосування у п'ятипільних зернових сівозмінах органо-мінеральних систем удобрення, які

включають в розрахунок на гектар ріллі сівозмінної площі N₉₆₋₁₀₂P₉₀K₉₀ (інтенсивна), вирощування один раз за ротацію в післяжнивних посівах редьки олійної на сидерат та заробляння всієї побічної продукції, за яких забезпечуються найнижчі показники банку насіння бур'янів у ґрунті на рівні: сої – 16,2 тис. шт./м², пшениці озимої – 33,8, соняшника – 25,6, кукурудзи на зерно – 43,9, вівса (після соняшника) – 19,7 та після кукурудзи на зерно – 21,6, жита озимого – 15,6 тис. шт./м² та відбувається збільшення проростання

життєздатного насіння бур'янів в польових мікроділянках протягом всього вегетаційного періоду (сої – 358 шт./м², пшениці озимої – 624, соняшника – 542,

кукурудзи на зерно – 907, вівса (після соняшника) – 489 та після кукурудзи на зерно – 525, жита озимого – 472 шт./м²).

Список використаної літератури

1. Боровик С. О., Будьонний В. Ю. Потенційна забур'яненість жита озимого залежно від попередників та способів обробітку ґрунту. *Аграрні інновації. Серія: Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2024. № 23. С. 26–31. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.23.4>.
2. Будьонний В. Ю., Башкатова Г. М. Потенційна забур'яненість ґрунту під час вирощування жита озимого. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2019. Вип. 2. С. 123–132.
3. Вплив способів основного обробітку ґрунту та систем удобрення на забур'яненість посівів польових культур / В. П. Ткачук та ін. *Scientific Progress & Innovations*. 2018. Vol. 1. P. 70–73. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.11>.
4. Герботологічний атлас-довідник України / І. А. Шувар та ін. Вінниця, 2019. 388 с.
5. Забур'яненість короткоротаційної сівозміни залежно від системи удобрення на дерново-підзолистих ґрунтах / Н. В. Грицюк та ін. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. Vol. 1. P. 77–83. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.09>.
6. Забур'яненість посівів озимого жита залежно від способів обробітку ґрунту в умовах переходу на органічне землеробство / М. Кравчук та ін. *Наукові горизонти*. 2020. № 1. С. 39–45. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-86-1-39-45.
7. Забур'яненість посівів пшениці озимої залежно від умов вирощування в паро-зерно-просапній сівозміні / Р. Гутянський та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія та біологія*. 2022. № 48 (2). С. 51–58. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.8>.
8. Іванюк В. Особливості забур'янення пшениці озимої за вирощування її беззмінно та в сівозміні. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агрономія*. 2017. № 21. С. 43–48.
9. Качмар О. Й., Вавринович О. В., Саверин І. В. Герботологічний стан посівів сільськогосподарських культур у короткоротаційній сівозміні залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (2). С. 83–95.
10. Коваленко А. М., Мальярчук А. С. Вплив обробітку ґрунту та доз азотних добрив на фітосанітарний стан посівів і урожайність ріпаку озимого. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. Вип. 21. С. 84–89. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpiok_2014_21_14.

References

1. Borovyk S. O., Budonnyi V. Yu. Potential weediness of winter rye depending on predecessors and methods of soil cultivation. *Ahrarni innovatsii. Serii: Melioratsiia, Zemlerobstvo, Roslynnystvo*. 2024. No. 23. P. 26–31. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.23.4>.
2. Budonnyi V. Yu., Bashkatova H. M. Potential weediness of the soil during the cultivation of winter rye. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Roslynnystvo, Seleksiia i nasinnystvo, Plodoovochivnystvo i zberihannia*. 2019. Vol. 2. P. 123–132.
3. The influence of methods of main soil cultivation and fertilization systems on weediness of field crops / V. P. Tkachuk et al. *Scientific Progress & Innovations*, 2018. Vol. 1. P. 70–73. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.11>.
4. Herbological atlas-handbook of Ukraine / I. A. Shuvar et al. Vinnytsia, 2019. 388 p.
5. Pollution of short-rotation crop rotation depending on the fertilization system on sod-podzolic soils / N. V. Hrytsiuk et al. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. Vol. 1. P. 77–83. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.09>.
6. Contamination of winter rye crops depending on the methods of soil cultivation in the conditions of the transition to organic farming / M. Kravchuk et al. *Naukovi horizonty*. 2020. No. 1. P. 39–45. doi: 10.33249/2663-2144-2020-86-1-39-45.
7. The contamination of winter wheat crops depending on the growing conditions in the steam-grain-row crop rotation / R. Hutianskyi et al. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Ahronomiia ta biolohiia*. 2022. No. 48 (2). P. 51–58. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.8>.
8. Ivaniuk V. Peculiarities of weediness of winter wheat during its continuous cultivation and in crop rotation. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Ahronomiia*. 2017. No. 21. P. 43–48.
9. Kachmar O. Y., Vavrynovych O. V., Saveryn I. V. Herbological status of crops in short-rotation crop rotation depending on the main tillage and fertilization systems. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2023. Vol. 74 (2). P. 83–95.
10. Kovalenko A. M., Maliarchuk A. S. The influence of tillage and doses of nitrogen fertilizers on the phytosanitary condition of crops and the yield of winter rapeseed. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2014. Vol. 21. P. 84–89. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpiok_2014_21_14.

11. Кривенко А. І., Почколіна С. В., Безеде Н. Г. Видовий склад бур'янів та забур'яненість посівів пшениці озимої залежно від попередників та різних систем основного обробітку ґрунту в умовах Причорномор'я. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 53–62. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.108.8.
12. Курдюкова О., Тишук О. Засміченість ґрунту насінням бур'янів та методи його зменшення. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник з фітосанітарної безпеки*. 2019. № 65. С. 100–110. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2019.65.100-110>.
13. Лебідь Є. М., Циков В. С., Матюха Л. П. Методика проведення польових досліджень з визначення забур'яненості та ефективності засобів їх контролю в агрофітоценозах. Дніпропетровськ, 2008. 36 с.
14. Мандрик І. А. Розробка заходів по регулюванню чисельності бур'янів у посівах озимої пшениці. *Корми і кормовиробництво*. 2013. № 75. С. 144–149.
15. Методичні рекомендації і програма досліджень з обробітку ґрунту / А. М. Малієнко та ін. Чабани, 2008. 87 с.
16. Міщенко, Ю., Захарченко, Е. Вплив післяжнивної сидерації на забур'яненість буряків цукрових. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*, 2019. № 4 (38). С. 41–49. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.4.6>.
17. Молдован В. Г. Фітосанітарний стан посівів пшениці озимої залежно від сівозмінного чинника та системи удобрення. *Карантин і захист рослин*. 2013. № 2. С. 4–6.
18. Саюк О. А., Трояченко Р. М., Павлюк І. О. Видовий склад бур'янового компоненту агроценозу картоплі. *Вісник Полтавської державної аграрної академії. Серія: Сільське господарство, рослинництво*. 2019. № 1. С. 35–40.
19. Цвей Я. П., Іваніна Р. В., Дубовий Ю. П. Екологічний контроль чисельності бур'янів у посівах пшениці озимої. *Карантин і захист рослин*. 2020. № 1. С. 16–19. DOI: 10.36495/2312-0614.2020.01.16-19.
20. Цвей Я. П., Мирошніченко, М. С., Левченко, Л. М. Забур'яненість пшениці озимої залежно від обробки ґрунту і системи удобрення. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. № 26. С. 21–27.
21. Циліурік О. І., Десятник Л. М., Березовський С. В. Забур'яненість агроценозів кукурудзи під впливом обробітку ґрунту та удобрення в північному Степу України. *Зернові культури*. 2020. Том. 4. № 1. С. 152–159. <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/4726>.
22. Blackshaw R. E., Molnar L. J., Larney F. J. Fertilizer, manure and compost effects on weed growth and competition with winter wheat in western Canada. *Crop Prot.* 2005. Vol. 24. P. 971–980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.01.021>.
11. Kryvenko A. I., Pochkolina S. V., Bezede N. H. Species composition of weeds and weediness of winter wheat crops depending on predecessors and different systems of main tillage in the conditions of the Black Sea region. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*. 2019. No. 108. P. 53–62. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.108.8.
12. Kurdiukova O., Tyshchuk O. Clogging of the soil with weed seeds and methods of its reduction. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk z fitosanitarnoi bezpeky*. 2019. No. 65. P. 100–110. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2019.65.100-110>.
13. Lebid Ye. M., Tsykov V. S., Matiukha L. P. Methodology of conducting field studies to determine weediness and effectiveness of means of their control in agrophytocenoses. Dnipropetrovsk, 2008. 36 p.
14. Mandryk I. A. Development of measures to control the number of weeds in winter wheat crops. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2013. No. 75. P. 144–149.
15. Methodological recommendations and research program on soil cultivation / A. M. Malienko et al. Chabany, 2008. 87 p.
16. Mishchenko, Yu., Zakharchenko, E. The effect of postharvest sideration on weediness of sugar beets. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia i biolohiia*. 2019. No. 4 (38). P. 41–49. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.4.6>.
17. Moldovan V. H. Phytosanitary condition of winter wheat crops depending on crop rotation factor and fertilization system. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2013. No. 2. P. 4–6.
18. Saiuk O. A., Troiachenko R. M., Pavliuk I. O. Species composition of the weed component of potato agrocenosis. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii. Seriya: Silske hospodarstvo, roslynnnytstvo*. 2019. No. 1. P. 35–40.
19. Tsvei Ya. P., Ivanina R. V., Dubovyi Yu. P. Ecological control of the number of weeds in winter wheat crops. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2020. No. 1. P. 16–19. DOI: 10.36495/2312-0614.2020.01.16-19.
20. Tsvei Ya. P., Myroshnychenko, M. S., Levchenko, L. M. Contamination of winter wheat depending on soil treatment and fertilization system. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*. 2018. No. 26. P. 21–27.
21. Tsyliuryk O. I., Desiatnyk L. M., Berezovskyi S. V. Contamination of corn agrocenoses under the influence of tillage and fertilization in the Northern Steppe of Ukraine. *Zernovi kultury*. 2020. Vol. 4. No. 1. P. 152–159. <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/4726>.
22. Blackshaw R. E., Molnar L. J., Larney F. J. Fertilizer, manure and compost effects on weed growth and competition with winter wheat in western Canada. *Crop Prot.* 2005. Vol. 24. P. 971–980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.01.021>.
23. Differences in soil seed longevity for two subspecies of the invasive weed, *Chrysanthemoides monilifera* (Asteraceae) / Kris French et al. *Weed*

23. Differences in soil seed longevity for two subspecies of the invasive weed, *Chrysanthemoides monilifera* (Asteraceae) / Kris French et al. *Weed Biology and Management*. 2024. Vol. 24, Issue 3. P. 104–112. <https://doi.org/10.1111/wbm.12294>.

24. Improving integrated management of weed control by determination of weed seed bank in sandy and clay soil / A. A. H. Sharshar et al. *Journal of Biological Sciences*. 2022. Vol. 29, Issue 4. P. 3023–3032. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.033>.

25. Lehoczky E., Kismanyoky A. Study on the weediness of winter wheat in a long-term fertilization field experiment. *Comm. Appl. Biol. Sci.* 2006. Vol. 71. P. 793–796. PMID: 17390822.

26. Lindsay P. Chiquoine, Scott R. Abella Soil seed bank assay methods influence interpretation of non-native plant management. *Applied Vegetation Science*. 2018. Vol. 21, Issue 4. P. 626–635. <https://doi.org/10.1111/avsc.12393>.

27. Soil seedbank: old methods for new challenges in agroecology? / I. Mahé et al. *Ann. Appl. Biol.* 2021. Vol. 178, Issue 1. P. 23–38.

28. Steven C Haring, Michael L. Flessner Improving soil seed bank management. *Pest Management Science*. 2018. Vol. 74, Issue 11. P. 2412–2418. <https://doi.org/10.1002/ps.5068>.

29. Stoltz E., Nadeau E. Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Res.* 2014. Vol. 169. P. 21–29. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/epok/aldr-e-bilder-och-dokument/intercrop-stoltznadeau.pdf>.

30. The evaluation of total weed density and seed bank of agricultural landscapes as an example of the Steppe Zone of Ukraine / S. Shevchenko et al. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26, Issue 11. P. 80–89. DOI: 10.48077/scihor11.2023.80.

Biology and Management. 2024. Vol. 24, Issue 3. P. 104–112. <https://doi.org/10.1111/wbm.12294>.

24. Improving integrated management of weed control by determination of weed seed bank in sandy and clay soil / A. A. H. Sharshar et al. *Journal of Biological Sciences*. 2022. Vol. 29, Issue 4. P. 3023–3032. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.033>.

25. Lehoczky E., Kismanyoky A. Study on the weediness of winter wheat in a long-term fertilization field experiment. *Comm. Appl. Biol. Sci.* 2006. Vol. 71. P. 793–796. PMID: 17390822.

26. Lindsay P. Chiquoine, Scott R. Abella Soil seed bank assay methods influence interpretation of non-native plant management. *Applied Vegetation Science*. 2018. Vol. 21, Issue 4. P. 626–635. <https://doi.org/10.1111/avsc.12393>.

27. Soil seedbank: old methods for new challenges in agroecology? / I. Mahé et al. *Ann. Appl. Biol.* 2021. Vol. 178, Issue 1. P. 23–38.

28. Steven C Haring, Michael L. Flessner Improving soil seed bank management. *Pest Management Science*. 2018. Vol. 74, Issue 11. P. 2412–2418. <https://doi.org/10.1002/ps.5068>.

29. Stoltz E., Nadeau E. Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Res.* 2014. Vol. 169. P. 21–29. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/epok/aldr-re-bilder-och-dokument/intercrop-stoltznadeau.pdf>.

30. The evaluation of total weed density and seed bank of agricultural landscapes as an example of the Steppe Zone of Ukraine / S. Shevchenko et al. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26, Issue 11. P. 80–89. DOI: 10.48077/scihor11.2023.80.

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-5

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.582:633.11:631.445.2:631.86

ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА КИСЛИХ ЯСНО-СІРИХ ЛІСОВИХ ПОВЕРХНЕВО ОГЛЕСНИХ ҐРУНТАХ У РІЗНИХ РОТАЦІЯХ СІВОЗМІНИ ЗА ДОВГОТРИВАЛОГО АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ**О. С. Гавришко, Ю. М. Оліфір, Т. В. Партика, Н. І. Козак**

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

Про авторів:

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

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

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

Надія КОЗАК,
старший науковий співробітник
ORCID: 0000-0002-2809-2432

Для листування:

Олег ГАВРИШКО
e-mail: havryshko0@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:

13 вересня 2024 р.
Погоджено до друку:
23 жовтня 2024 р.

Всебічне вивчення проблем, які стосуються підвищення продуктивності сівозміни або вирощування окремих культур, можливе на основі отримання вірогідної та об'єктивної інформації в умовах базових стаціонарних дослідів. Такі роботи особливо актуальні для кислих та малопродуктивних ґрунтів, які займають 10,3 млн га, що становить 26,3 % від загальної площі України. Внесення на кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглесних ґрунтах кінця V та XI ротації сівозміни 10 т/га гною + N₆₅P₆₈K₆₈ на фоні періодичного вапнування 1,0 н CaCO₃ за Нг зіграло ключову роль у підвищенні рН_{KCl} з 4,2 до 4,9–5,4 та зменшенні шкідливого Al³⁺ з 60,0 мг/кг ґрунту до 7,2–3,2 мг/кг ґрунту, поліпшуючи умови для живлення пшениці озимої. Також відбулося значне зростання вмісту гумусу (з 1,41 % до 1,92–2,02 %) та забезпечення пшениці озимої поживними речовинами. Водночас застосування лише мінеральних систем удобрення на кінець V та XI ротації сівозміни відповідно у дозах N₁₄₀P₁₈₀K₁₈₀ та N₆₅P₆₈K₆₈ швидко забезпечувало рослини пшениці озимої потрібними елементами живлення, але їх ефективність була обмежена без поліпшення загального стану ґрунту. За результатами проведеного кореляційного аналізу встановлено, що продуктивність пшениці озимої кінця V ротації семипільної сівозміни за різних систем удобрення і вапнування більше залежала від фізико-хімічних показників (r = -0,659–0,807), а на кінець XI ротації чотирипільної сівозміни – від NPK (r = 0,715–0,847). Водночас тіснота зв'язку продуктивності із вмістом гумусу в ґрунті за вирощування пшениці озимої у чотирипільній сівозміні була дещо слабшою (r = 0,727), ніж у семипільній сівозміні (r = 0,882), проте коефіцієнти кореляції за шкалою Чеддока належать до однієї градації (від 0,7 до 0,9) та свідчать про високий зв'язок між показниками.

Ключові слова: ґрунт, удобрення, сівозміна, пшениця озима, продуктивність, ротація, кореляційний аналіз, зв'язок.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Гавришко О. С., Оліфір Ю. М., Партика Т. В., Козак Н. І., 2024

Problems of increasing the productivity of winter wheat on acidic Albic Pantostagnic Luvisol in different crop rotations under long-term anthropogenic influence

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

About authors:

Oleh HAVRYSHKO
ORCID: 0000-0002-5458-0691

Yurii OLIFIR
ORCID: 0000-0002-7920-1854

Tetiana PARTYKA
ORCID: 0000-0001-7912-5292

Nadiia KOZAK
ORCID: 0000-0002-2809-2432

For corresponding:

Oleh HAVRYSHKO
e-mail: havryshko0@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:
September 13, 2024
Accepted:
October 23, 2024

A comprehensive study of problems related to increasing the productivity of crop rotation or individual crops is possible on the basis of obtaining reliable and objective information in the conditions of basic stationary research. Such studies are especially relevant for acidic and unproductive soils, which occupy 10.3 million ha, which is 26.3 % of the total area of Ukraine. The introduction on Albic Pantostagnic Luvisol of 10 t/ha of manure + N₆₅P₆₈K₆₈ on the background of periodic liming with 1.0 n CaCO₃ played a key role in increasing the pH_{KCl} from 4.2 to 4.9–5.4 and reduction of harmful Al³⁺ from 60.0 mg/kg of soil to 7.2–3.2 mg/kg, improving the conditions for winter wheat nutrition. There was also a significant increase in the content of humus from 1.41 % to 1.92–2.02 % and provision of winter wheat with nutrients. At the same time, the application of only mineral fertilization systems at the end of the 5th and 11th rotations of the crop rotation in the doses of N₁₄₀P₁₈₀K₁₈₀ and N₆₅P₆₈K₆₈, respectively, quickly provided the productivity of winter wheat with the necessary nutrients, but their effectiveness was limited without improving the general condition of the soil. As a result of the conducted correlation analysis, it was established that the productivity of winter wheat at the end of the 5th rotation of the seven-field crop rotation under different fertilization and liming systems depended more on physicochemical indicators ($r = -0.659-0.807$), and at the end of the 11th rotation of the four-field crop rotation – on NPK ($r = 0.715-0.847$). At the same time, the closeness of the relationship between productivity and the content of humus in the soil during the cultivation of winter wheat in a four-field crop rotation was somewhat weaker ($r = 0.727$) than in a seven-field crop rotation ($r = 0.882$), however, the correlation coefficients according to the Chaddock's scale refer to one gradation (from 0.7 to 0.9) and indicate a high correlation between indicators.

Keywords: soil, fertilizer, crop rotation, winter wheat, productivity, rotation, correlation analysis, relationship.

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

Вступ. На сучасному етапі розвитку земельних відносин проблема підвищення продуктивності лісових ґрунтів у Західному регіоні та усунення несприятливих екологічних чинників і негативних наслідків набуває особливо важливого значення [2, 7, 8].

Приблизно 3,95 млрд га земель на планеті є кислими [24]. В основному вони значно поширені в Америці (40,9 %), Азії (26,4 %), Африці (16,7 %), Європі (9,9 %), Австралії та Новій Зеландії (6,1 %) [18]. В Україні кислі ґрунти займають 10,3 млн га, що становить 26,3 % від загальної площі, тобто кожний 4-й гектар землі є кислим, у зонах Лісостепу та Полісся – майже кожний 2-й (49,7 та 47,4 %) [13].

Ясно-сірі лісові поверхнево оглеєні ґрунти (*Albic Stagnic Luvisols*) переважають на Заході території України. Для них характерна низька природна родючість і підвищена кислотність ґрунтового розчину [22]. Висока кислотність пов'язана з періодично промивним водним режимом і тривалим перезволоженням, що сприяє акумуляції фульвокислот і негативно позначається на продуктивності цих ґрунтів [1, 3, 15].

Ефективне використання таких ґрунтів у системі землеробства можливе лише шляхом підвищення їх родючості. Незбалансоване інтенсивне та техногенне управління ґрунтами може призвести до незворотних втрат родючості, деградації

ґрунтів та погіршення екологічного стану [9, 26]. Тому трансформації ґрунтів потрібно протидіяти розвитком і формуванням родючості науково обґрунтованою системою управління цими процесами. Це передбачає постійне коригування меліоративних і технологічних заходів у відповідь на зміни клімату, ґрунтові процеси, режими та фізіологічні потреби рослин [12, 25]. Такий підхід буде сприяти протидії негативному розвитку ґрунту та формування родючості через науково обґрунтовану систему управління [6, 14]. Для вирішення цієї проблеми важливе всебічне порівняння агрогенно-трансформованих і відносно природних ґрунтів, а також інтерпретація даних попередніх досліджень [21, 23].

Шляхи усунення деградаційних процесів базуються на раціональному і гармонійному поєднанні режиму оптимального водорегулювання із застосуванням комплексу агрозаходів [17, 19]. Ефективна реалізація системи управління родючістю кислих низькопродуктивних ґрунтів може бути досягнута створенням стійких агроєкосистем і оптимізацією рН ґрунтового розчину, які сприяли б підвищенню їх продуктивності та забезпеченню максимального виходу високоякісної сільськогосподарської продукції [16].

Об'єктивну інформацію про стан і зміни властивостей ґрунтів під впливом різних антропогенних навантажень в умовах глобальної зміни клімату можна отримати тільки в базових тривалих стаціонарних дослідках [4, 10, 20].

Метою нашої роботи було в умовах стаціонарного дослідку на кислому ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті порівняти ефект тривалого систематичного застосування різних співвідношень і норм внесення органічних, мінеральних добрив і CaCO_3 у семипільній та чотиріпільній ротаціях сівозміни на продуктивність пшениці озимої Лісостепу Західного.

Матеріали і методи. Дослідження проводили на тривалому стаціонарному досліді (49°47'54.3"N 23°52'26.9"E) на базі відділу агрохімії та ґрунтознавства Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, закладеному в 1965 р. У 2023 р. дослід занесено в Глобальну мережу довготривалих сільськогосподарських експериментів *GLTEN* [5]. Тип ґрунту місця дослідження ясно-сірий лісовий поверхнево оглеєний класифікується згідно з *WRB* (2022) як *Albic Stagnic Luvisol* [27]. Стаціонарний дослід розміщений в природі на трьох полях, кожне з яких налічує 18 варіантів у триразовому повторенні. Розташування варіантів однарусне, послідовне. Загальна площа ділянки становить 168 м², облікова – 100 м². Агротехніка вирощування культур, обробіток ґрунту і догляд за посівами загальноприйняті для умов зони Західного Лісостепу України.

На найбільш характерних варіантах з різними співвідношеннями органічних, мінеральних добрив і вапна висвітлено проблеми підвищення продуктивності пшениці озимої на кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах Західного Лісостепу.

З часу закладки дослідку пройшло п'ять семипільних ротацій (1965–2001 рр.) з таким чергуванням культур: картопля – ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної – конюшина лучна – пшениця озима – буряки цукрові – кукурудза на силос – пшениця озима. До теперішнього часу дослідження проводяться у чотиріпільній ротації: кукурудза на зерно – ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної – конюшина лучна – пшениця озима.

Для порівняння фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунту та продуктивності сівозміни використано результати досліджень, отримані на кінець V ротації (1993–2001 рр.) та XI ротації сівозміни (2020–2023 рр.) під пшеницею озимою (середні дані з 3 полів).

Дослідження на кінець V семипільної ротації проводили у варіантах: без добрив (контроль) (вар. 1); вапнування (1,0 н

CaCO₃ за Нг) (вар. 2); лише внесення гною (10 т/га сівозмінної площі) (вар. 3); у поєднанні гній і вапно (1,0 н за Нг + 10 т/га сівозмінної площі) (вар. 4); органо-мінеральної системи удобрення (10 т/га гною + N₇₀P₉₀K₉₀ на фоні періодичного вапнування 1,0 н CaCO₃ за Нг) (вар. 7); органо-мінеральної системи удобрення і вапнування 1,5 н CaCO₃ за Нг (вар. 13) та мінеральної (N₁₄₀P₁₈₀K₁₈₀) системи удобрення (вар. 15); на кінець XI чотирипільної ротації у варіантах: без добрив (контроль) (вар. 1); вапнування (1,0 н CaCO₃ за Нг) (вар. 2); лише гній (10 т/га сівозмінної площі) (вар. 3); гній і вапно (1,0 н за Нг + 10 т/га сівозмінної площі) (вар. 4); органо-мінеральної системи удобрення (10 т/га гною + N₆₅P₆₈K₆₈ на фоні періодичного вапнування 1,0 н CaCO₃ за Нг) (вар. 7); органо-мінеральної системи удобрення і вапнування 1,5 н CaCO₃ за Нг (вар. 13) та систематичного внесення лише N₆₅P₆₈K₆₈ (вар. 15).

Крім того, для встановлення оптимальних параметрів підвищення продуктивності ґрунту та визначення ефективності тривалого застосування різних систем удобрення і періодичного вапнування наведено вихідні дані 1965 р. з верхнього (0–20 см) оглеєного гумусово-елювіального шару HEgl_{орн}.

У досліді застосовували напівперепрілий гній ВРХ на солом'яній підстилці, аміачну селітру (34,5 %), гранульований суперфосфат (19,5 %), калійну сіль (40 %), нітроамофоску (NPK по 16 %) (під час використання нітроамофоски вміст NPK збалансовували згідно з рівнями удобрення простими добривами). Гній у семипільній ротації з розрахунку 10 і 20 т/га сівозмінної площі вносили під картоплю і буряки цукрові, у чотирипільній – під кукурудзу. Фосфорно-калійні добрива застосовували восени, азотні – під передпосівну культивуацію.

Вапнування в семипільній сівозміні у I–V ротаціях згідно зі схемою досліді проводили під картоплю; у чотирипільній в V–XI ротаціях – під кукурудзу на зерно, у

якій також відкориговано дозу внесення добрив під культури сівозміни, не порушуючи змісту варіантів. Як вапнякові матеріали використовували вапнякове борошно (90 % CaO). Починаючи з VIII ротації (2008–2011), другий укіс конюшини лучної заорювали як добриво на всіх варіантах досліді.

Аналітичні роботи виконували в атестованій агрохімічній лабораторії (свідоцтво № РЛ 009/22 від 07.02.2022 р., видане ДП «Львівстандартметрологія») Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН за загальноприйнятими стандартизованими в Україні методиками.

Зразки ґрунту відбирали та готували до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464-2001. Фізико-хімічні та агрохімічні аналізи ґрунту проводили за такими методами: вміст загального гумусу – за Тюрнімом у модифікації Б. А. Нікітіна (ДСТУ 4289:2004), рН_{KCl} – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390-2001), визначення гідролітичної кислотності (Нг) – за Каппеном (ДСТУ 7537:2014), обмінної кислотності та рухомого алюмінію (Al³⁺) – за Соколовим, вмісту легкогідролізного азоту (N) – за Корнфілдом (ДСТУ 7863:2015), легкодоступного фосфору (P₂O₅) та обмінного калію (K₂O) – за Чиріковим (ДСТУ 4115-2002).

Кореляційну матрицю зв'язку отриманих результатів дослідження визначали за допомогою програмного забезпечення *Excel 2016*. Для оцінки тісноти зв'язку в кореляційному аналізі використовували шкалу Чеддока (*Chaddock's scale*) [11].

Результати та обговорення.

Отримані результати у довготривалому стаціонарному досліді показали, що фізико-хімічні та агрохімічні показники ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів знаходяться у тісному зв'язку із системою удобрення та вапнування. Водночас важливу роль у цьому відіграє і сівозмінний фактор (табл. 1).

1. Фізико-хімічні та агрохімічні показники ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за різних систем удобрення і вапнування та продуктивність пшениці озимої на кінець V та XI ротаций

№ вар.	Система удобрення	рН _{KCl}	Кислотність		Al ³⁺ , мг/кг ґрунту	Гумус, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Продуктивність пшениці озимої, т/га з. о.
			Hг	обмінна						
			мг-екв/100 г ґрунту		Шар ґрунту 0–20 см					
–	Вихідні дані	4,2	4,5	0,60	60,0	1,41	98,5	36,0	50,0	–
1, 10	К	4,1	5,2	1,10	92,1	1,58	111,4	45,2	40,3	1,40
		4,4	4,3	0,83	32,0	1,47	84,4	40,6	46,0	2,03
2	В	5,3	2,2	0,08	3,9	1,61	103,0	41,0	31,2	1,75
		5,6	2,3	0,34	12,6	1,58	87,2	29,3	31,4	2,51
3	Г	4,8	3,5	0,18	10,6	1,80	118,5	43,6	51,4	1,97
		5,0	3,8	0,36	9,9	1,70	88,2	32,3	38,7	2,58
4	ГВ	5,6	2,1	0,06	2,6	1,87	104,2	45,1	58,0	2,16
		5,3	2,4	0,32	6,7	1,82	89,5	33,3	39,0	2,90
7	ОМ ^{1,0 н}	5,4	2,4	0,08	3,2	2,02	107,2	155,0	133,1	3,22
		4,9	3,1	0,30	7,2	1,92	96,6	157,8	166,1	5,21
13	ОМ ^{1,5 н}	6,0	1,9	0,06	2,1	2,21	113,4	272,8	194,6	3,47
		5,6	2,4	0,33	3,1	1,72	95,2	148,9	97,3	5,00
15	М	3,8	6,4	1,62	132,0	1,83	112,0	263,3	184,5	1,37
		4,1	4,3	1,55	36,9	1,62	94,0	155,6	126,6	2,65

Примітка: курсивом у таблиці наведено результати на кінець XI ротатії чотирирічної сівозміни; К – без добрив (контроль), В – вапнування, Г – лише гній, ГВ – поєднання гній і вапно, ОМ^{1,0 н} – органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування 1 н СаСО₃ за Нг, ОМ^{1,5 н} – органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування 1,5 н СаСО₃ за Нг, М – мінеральна система удобрення.

Вихідний рівень рН_{KCl} був досить низьким (4,2). Всі системи удобрення привели до певного поліпшення кислотності ґрунту, однак найбільш ефективними варіантами V та XI ротаций були вапнування, поєднання ГВ та ОМ^{1,5 н}. З підвищенням рН спостерігали зниження рівня шкідливого для рослин Al³⁺. Найнижчий вміст рухомого алюмінію зафіксовано у варіантах ГВ (2,6–6,7 мг/кг ґрунту), ОМ^{1,0 н} (3,2–7,2 мг/кг ґрунту) та ОМ^{1,5 н} (2,1–3,1 мг/кг ґрунту). Водночас на кінець V ротатії семипільної сівозміни внесення в ґрунт лише мінеральних добрив у дозі N₁₄₀P₁₈₀K₁₈₀ (вар. 15) сприяло значному його накопиченню (132,0 мг/кг ґрунту) порівняно з варіантом без добрив (92,1 мг/кг ґрунту) (вар. 1).

Вміст гумусу загалом збільшився на всіх варіантах обох ротаций, проте найбільші його значення спостерігали за органо-мінеральних систем удобрення і

вапнування 1,0 та 1,5 н СаСО₃ за Нг, а саме: відповідно 1,92–2,02 і 1,72–2,21 % (табл. 1).

Внесення добрив на кінець обох ротаций привело до значного збільшення вмісту азоту, рухомого фосфору та обмінного калію у ґрунті порівняно з вихідними даними і контролем без добрив.

Отримані результати показали, що найвищі врожаї пшениці озимої на кислих та малозабезпечених поживними речовинами ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах отримано на варіантах ОМ^{1,0 н} та ОМ^{1,5 н}, а також у варіанті поєднання ГВ. Внесення лише NPK на кінець XI ротатії посприяло значному зростанню продуктивності (2,65 т/га з. о.) порівняно з тим самим варіантом на кінець V ротатії (1,37 т/га з. о.). Це свідчить про те, що в умовах Західного Лісостепу поєднання органічних і мінеральних добрив є найбільш ефективним

агрозаходом для підвищення родючості ґрунту та продуктивності пшениці озимої.

За вивчення питань, спрямованих на поліпшення умов вирощування пшениці озимої у різних сівоzmінах, важливим є визначення зв'язку її продуктивності з фізико-хімічними та агрохімічними показниками ґрунту. Такий зв'язок можливо встановити за допомогою кореляційного аналізу, головним завданням якого є визначення форми та щільності зв'язку між досліджуваними ознаками.

Отримані коефіцієнти кореляції свідчать, що на кінець V ротації

семипільної сівоzmіни тіснота зв'язку продуктивності пшениці озимої з фізико-хімічними показниками ґрунту варіювала від помітного до високого ($r = -0,659-0,807$), а з агрохімічними – від слабкого до високого рівня ($r = 0,004-0,882$). Водночас встановлено, що зв'язок з гідролітичною та обмінною кислотністю, а також із вмістом рухомого Al^{3+} у ґрунті був оберненим, а з рештою показників прямим. Слід зазначити, що найтісніший зв'язок продуктивності спостерігали із pH_{KCl} ($r = 0,807$) та вмістом гумусу ($r = 0,882$) (табл. 2).

2. Кореляційна матриця зв'язку між фізико-хімічними, агрохімічними показниками ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту та продуктивністю пшениці озимої залежно від різних доз добрив і вапна на кінець V ротації (1993–2001 рр.)

Показники	pH_{KCl}	Кислотність		Al^{3+} , мг/кг ґрунту	Гумус, %	N	P_2O_5	K_2O	Продуктив- ність пшениці озимої, т/га з. о.
		Нг	обмінна						
		мг-екв/100 г ґрунту							
Шар ґрунту 0–20 см									
pH_{KCl}	1,000								
Нг, мг-екв/100 г ґрунту	-0,971	1,000							
Обмінна, мг-екв/100 г ґрунту	-0,913	0,972	1,000						
Al^{3+} , мг/кг ґрунту	-0,912	0,970	1,000	1,000					
Гумус, %	0,604	-0,428	-0,364	-0,373	1,000				
N, мг/кг ґрунту	-0,327	0,397	0,263	0,254	0,202	1,000			
P_2O_5 , мг/кг ґрунту	0,017	0,191	0,307	0,297	0,706	0,269	1,000		
K_2O , мг/кг ґрунту	0,071	0,139	0,245	0,234	0,776	0,271	0,990	1,000	
Продуктивність пшениці озимої, т/га з. о.	0,807	-0,708	-0,659	-0,661	0,882	0,004	0,422	0,495	1,000

Примітка: лінійна кореляційна залежність від X до Y і діапазон значень (r) за шкалою Чеддока: слабкий – від 0,1 до 0,3; помірний – від 0,3 до 0,5; помітний – від 0,5 до 0,7; високий – від 0,7 до 0,9; вельми високий (сильний) – від 0,9 до 0,99; практично функціональний – від 0,99 до 1.

Проаналізувавши фізико-хімічні та агрохімічні властивості у шарі ґрунту 0–20 см, ми встановили, що гумус мав помітний прямий зв'язок із pH_{KCl} ($r = 0,604$) та помірний обернений із Нг ($r = -0,428$), обмінною кислотністю ($r = -0,364$) та алюмінієм ($r = -0,373$). Зв'язок NPK із фізико-хімічними показниками ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту

варіював від слабкого до помірного рівня ($r = 0,017-0,397$).

За результатами проведеного кореляційного аналізу на кінець XI ротації чотиріпільної сівоzmіни встановлено, що найбільший вплив на продуктивність пшениці озимої мав вміст гумусу та NPK, про це свідчать отримані коефіцієнти парної кореляції, які знаходилися у межах $r = 0,715-0,847$ та підтверджували високий

зв'язок між зазначеними показниками. Коефіцієнти кореляції продуктивності із рН, Нг та обмінною кислотністю

відповідали градації помірному зв'язку ($r = 0,356-0,441$), а із вмістом Al^{3+} – градації помітного зв'язку ($r = -0,603$) (табл. 3).

3. Кореляційна матриця зв'язку між фізико-хімічними, агрохімічними показниками ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту та продуктивністю пшениці озимої залежно від різних доз добрив і вапна на кінець XI ротації (2020–2023 рр.)

Показники	рН _{KCl}	Кислотність		Al^{3+} , мг/кг ґрунту	Гумус, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Продуктив- ність пшениці озимої, т/га з. о.
		Нг	обмінна						
		мг-екв/100 г ґрунту							
Шар ґрунту 0–20 см									
рН _{KCl}	1,000								
Нг, мг-екв/100 г ґрунту	-0,931	1,000							
Обмінна, мг- екв/100 г ґрунту	-0,845	0,735	1,000						
Al^{3+} , мг/кг ґрунту	-0,870	0,813	0,919	1,000					
Гумус, %	0,313	-0,448	-0,482	-0,687	1,000				
N, мг/кг ґрунту	0,029	-0,197	0,043	-0,282	0,689	1,000			
P ₂ O ₅ , мг/кг ґрунту	-0,246	0,087	0,328	0,057	0,384	0,915	1,000		
K ₂ O, мг/кг ґрунту	-0,337	0,153	0,267	0,057	0,505	0,880	0,939	1,000	
Продуктивність пшениці озимої, т/га з. о.	0,356	-0,441	-0,404	-0,603	0,727	0,847	0,728	0,715	1,000

Примітка: лінійна кореляційна залежність від X до Y і діапазон значень (r) за шкалою Чеддока: слабкий – від 0,1 до 0,3; помірний – від 0,3 до 0,5; помітний – від 0,5 до 0,7; високий – від 0,7 до 0,9; вельми високий (сильний) – від 0,9 до 0,99; практично функціональний – від 0,99 до 1.

Кореляція між NPK і фізико-хімічними показниками переважно відповідала слабкому рівню ($r = 0,029-0,282$), за винятком K₂O із рН_{KCl} ($r = -0,337$) та P₂O₅ і обмінною кислотністю ($r = 0,328$), у цих випадках вона була помірною. Разом із цим встановлено помітний обернений зв'язок гумусу з Al^{3+} ($r = -0,687$) та помірний із рН_{KCl} ($r = 0,313$), Нг ($r = -0,448$) та обмінною кислотністю ($r = -0,482$).

Висновки. Таким чином, найвищі врожаї пшениці озимої на кислих та малозабезпечених поживними речовинами ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах отримано на варіантах OM^{1,0 н} та OM^{1,5 н}, а також у варіанті поєднання ГВ. Водночас із підвищенням рН спостерігали

зниження вмісту шкідливого для рослин Al^{3+} , найнижчий рівень якого зафіксовано у варіантах ГВ (2,6–6,7 мг/кг ґрунту), OM^{1,0 н} (3,2–7,2 мг/кг ґрунту) та OM^{1,5 н} (2,1–3,1 мг/кг ґрунту). Внесення на кінець XI ротації N₆₅P₆₈K₆₈ посприяло значному зростанню продуктивності (до 2,65 т/га з. о.) порівняно з тим самим варіантом дозою N₁₄₀P₁₈₀K₁₈₀ на кінець V ротації (1,37 т/га з.о.).

За результатами проведеного кореляційного аналізу встановлено, що продуктивність пшениці озимої кінця V ротації семипільної сівозміни за різних систем удобрення і вапнування більше залежала від фізико-хімічних показників ($r = -0,659-0,807$), а на кінець XI ротації чотирипільної сівозміни – від NPK

($r = 0,715-0,847$). Водночас тіснота зв'язку продуктивності із вмістом гумусу в ґрунті за вирощування пшениці озимої у чотириріпільній сівозміні була дещо слабшою ($r = 0,727$), ніж у семиріпільній

сівозміні ($r = 0,882$), проте коефіцієнти кореляції належать до однієї градації та свідчать про високий зв'язок між показниками.

Список використаної літератури

1. Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під впливом курячого посліду і компостів на його основі / Є. В. Скрильник та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 4. С. 21–27. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-03>.
2. Балюк С. А., Трускавецький Р. С. Ґрунтознавство в Україні: досягнення, пріоритети та перспективи. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 12 (825). С. 18–27. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-02>.
3. Вплив систем удобрення на динаміку нестабільних гумусових речовин у короткоротаційних сівозмінах / О. Й. Качмар та ін. *Вісник ЛНАУ: Агрономія*. 2019. № 23. С. 234–237. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.234>.
4. Габриель А. Й., Оліфір Ю. М. Тривалий стаціонарний дослід Інституту сільського господарства Карпатського регіону в контексті його 50-річного функціонування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58. С. 30–40.
5. Гавришко О. С. Роль глобальної мережі тривалих польових сільськогосподарських дослідів (GLTEN) у практичній підготовці здобувачів вищої освіти в галузі сучасних аграрних наук. Scientific and pedagogical internship «Development trends in the system of agricultural education: Baltic states' experience»: Internship proceedings (Riga, July 3 – August 13, 2023). Riga: Baltija Publishing, 2023. С. 9–12.
6. Меліорація кислих ґрунтів – сучасні думки та шляхи вперед / Р. С. Трускавецький та ін. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. Вип. 87. С. 11–15. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss87-02>.
7. Позняк С. П., Гнатишин М. А. Глобальна ініціатива «4 PER 1000» та можливості її реалізації в Україні. *Український географічний журнал*. 2021. № 2 (114). С. 11–19. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02.011>.
8. Продуктивність короткоротаційних сівозмін на осушуваних ґрунтах зони Полісся / А. О. Мельничук та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 7. С. 67–73. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-09>.
9. Системний підхід в агроекології: дослідницький і навчальний аспекти / В. В. Снітинський та ін. *Вісник ЛНАУ: Агрономія*. 2019. № 20. С. 6–20. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.034>.
10. Стаціонарні польові досліді України. Реєстр атестатів / за ред. А. С. Заришняка, С. А. Балюка, М. В. Лісового. Київ: Аграрна наука, 2014. 146 с.

References

1. The balance of humus in the degraded heavy clay-loam chernozem under the influence of chicken manure and composts based on it / Ye. V. Skrylnyk et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. No. 4. P. 21–27. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-03>.
2. Baliuk S. A., Truskavetskyi R. S. Soil science in Ukraine: achievements, priorities, and prospects. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2021. No. 12 (825). P. 18–27. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-02>.
3. Influence of systems of extraction on the dynamics of instable gumus in brief-rotational crop rotations / O. Y. Kachmar et al. *Visnyk LNAU: Ahronomiia*. 2019. No. 23. P. 234–237. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.234>.
4. Habryiel A. Y., Olifir Yu. M. Long-term stationary experiment of the Institute of agriculture of the Carpathian region in the context of its 50-year functioning. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2015. Issue 58. P. 30–40.
5. Havryshko O. S. The role of the global network of long-term agricultural field experiments (GLTEN) in the practical training of higher education students in the field of modern agricultural sciences. Scientific and pedagogical internship «Development trends in the system of agricultural education: Baltic states' experience»: Internship proceedings (Riga, July 3 – August 13, 2023). Riga: Baltija Publishing, 2023. P. 9–12.
6. Acid soils amelioration – modern opinions and ways forward / R. S. Truskavetskyi et al. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2018. Issue 87. P. 11–15. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss87-02>.
7. Pozniak S. P., Hnatyshyn M. A. Global initiative «4 PER 1000» and possibilities of its implementation in Ukraine. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2021. No. 2 (114). P. 11–19. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02.011>.
8. The productivity of short crop rotations on drained soils in the area of Polissia / A. O. Melnychuk et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. No. 7. P. 67–73. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-09>.
9. System approach to agroecology: research and educational aspects / V. V. Snitynskyi et al. *Visnyk LNAU: Ahronomiia*. 2019. No. 20. P. 6–20. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.034>.
10. Stationary field test-trials of Ukraine / za red. A. S. Zaryshniaka, S. A. Baliuka, M. V. Lisovoho. Kyiv: Ahrarna nauka, 2014. 146 p.
11. Theory of statistics: a course of lectures / V. P. Storozhuk et al.; za red. Ye. I. Tkacha. Ternopil: Ekonomichna dumka, 2006. Part 1. 224 p.

11. Теорія статистики : курс лекцій / В. П. Сторожук та ін. ; за ред. Є. І. Ткача. Тернопіль : Економічна думка, 2006. Ч. 1. 224 с.
12. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Павліченко А. І. Відтворення родючості сірого лісового ґрунту за ведення інтенсивного й органічного землеробства. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2021. Вип. 1. С. 13–19.
13. Ткаченко М. А., Борис Н. Є. 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/agroviznyk202101-02>.
14. Трускавецький Р., Зубковська В., Хижняк І. Інноваційні моделі управління родючістю ґрунтів. *Вісник ЛНАУ: Агрономія*. 2020. № 24. С. 181–186. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.181>.
15. Фракційний та груповий склад гумусу ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за тривалих агрогенних навантажень / Ю. М. Оліфір та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (2). С. 96–106. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(74\)-2-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-2-9).
16. Ge S., Zhu Z., Jiang Y. Long-term impact of fertilization on soil pH and fertility in an apple production system. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2018. Vol. 18. P. 282–293. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162018005001002>.
17. Hoang Q. V. Influence of 96 years of mineral and organic fertilization on selected soil properties: a case study from long-term field experiments in Skierniewice, central Poland. *Soil Science Annual*. 2023. 74 (1). 161945. DOI: <https://doi.org/10.37501/soilsa/161945>.
18. Implications of Soil-Acidity Tolerant Maize Cultivars to Increase Production in Developing Countries / L. Narro et al. *Plant Nutrient Acquisition* / N. Ae et al., Eds. Tokyo : Springer, 2001. P. 447–463.
19. Influence of prolonged agrogenic transformation on soil structure and physicochemical properties of Ukrainian Albic Stagnic Luvisols: a case study from western Ukraine / O. S. Havryshko et al. *Soil Science Annual*. 2023. Vol. 74 (4). 183659. DOI: <https://doi.org/10.37501/soilsa/183659>.
20. Long-Term Farming Systems Research / G. S. Bhullar, A. Riar (Eds.). Academic Press, 2020. Chapter 1 – Long-term agricultural research at Rothamsted / A. J. Macdonald et al. P. 15–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818186-7.00002-3>.
21. Masilionytė L., Maikštėnienė S. The effect of alternative cropping systems on the changes of the main nutritional elements in the soil. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2016. Vol. 103 (1). P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2016.103.001>.
22. Neina D. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*. 2019. Vol. 2019. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>.
23. Repsiene R., Karcauskiene D. Changes in the chemical properties of acid soil and aggregate stability in
12. Tkachenko M. A., Kondratiuk I. M., Pavlichenko A. I. Restoration of fertility of gray forestal soil by the intensive and organic agriculture management. *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka*. 2021. Issue 1. P. 13–19.
13. Tkachenko M. A., Borys N. Ye. Optimization of agricultural nutrition for physico-chemical degradation of acid soils. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2021. Vol. 99, No. 1. P. 15–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202101-02>.
14. Truskavetskyi R., Zubkovska V., Khyzhniak I. Innovative models of soil fertility elements management. *Visnyk LNAU: Ahronomiia*. 2020. No. 24. P. 181–186. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.181>.
15. Fractional and group composition of humus of Albic Pantostagnic Luvisol under long-term agrogenic loads / Yu. M. Olifir et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2023. Issue 74 (2). P. 96–106. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(74\)-2-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-2-9).
16. Ge S., Zhu Z., Jiang Y. Long-term impact of fertilization on soil pH and fertility in an apple production system. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2018. Vol. 18. P. 282–293. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162018005001002>.
17. Hoang Q. V. Influence of 96 years of mineral and organic fertilization on selected soil properties: a case study from long-term field experiments in Skierniewice, central Poland. *Soil Science Annual*. 2023. 74 (1). 161945. DOI: <https://doi.org/10.37501/soilsa/161945>.
18. Implications of Soil-Acidity Tolerant Maize Cultivars to Increase Production in Developing Countries / L. Narro et al. *Plant Nutrient Acquisition* / N. Ae et al., Eds. Tokyo : Springer, 2001. P. 447–463.
19. Influence of prolonged agrogenic transformation on soil structure and physicochemical properties of Ukrainian Albic Stagnic Luvisols: a case study from western Ukraine / O. S. Havryshko et al. *Soil Science Annual*. 2023. Vol. 74 (4). 183659. DOI: <https://doi.org/10.37501/soilsa/183659>.
20. Long-Term Farming Systems Research / G. S. Bhullar, A. Riar (Eds.). Academic Press, 2020. Chapter 1 – Long-term agricultural research at Rothamsted / A. J. Macdonald et al. P. 15–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818186-7.00002-3>.
21. Masilionytė L., Maikštėnienė S. The effect of alternative cropping systems on the changes of the main nutritional elements in the soil. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2016. Vol. 103 (1). P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2016.103.001>.
22. Neina D. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*. 2019. Vol. 2019. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>.
23. Repsiene R., Karcauskiene D. Changes in the chemical properties of acid soil and aggregate stability in

the whole profile under long-term management history. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2016. Vol. 66 (8). P. 671–676. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1200130>.

24. Sumner M. E., Noble A. D. Soil Acidification: The World Story. *Handbook of Soil Acidity* / Z. Renge, Ed. New York : CRC Press, 2003. P. 1–28.

25. Transformations of different soils under natural and anthropogenized land management / J. Volungevičius et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2019. No. 106. P. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2019.106.001>.

26. Veenstra J., Burras C. Soil profile transformation after 50 years of agricultural land use. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2015. Vol. 79 (4). P. 1154–1162. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.01.0027>.

27. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps / International Union of Soil Sciences (IUSS). 4th edition. Vienna, 2022. 236 p.

Soil & Plant Science. 2016. Vol. 66 (8). P. 671–676. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1200130>.

24. Sumner M. E., Noble A. D. Soil Acidification: The World Story. *Handbook of Soil Acidity* / Z. Renge, Ed. New York : CRC Press, 2003. P. 1–28.

25. Transformations of different soils under natural and anthropogenized land management / J. Volungevičius et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2019. No. 106. P. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2019.106.001>.

26. Veenstra J., Burras C. Soil profile transformation after 50 years of agricultural land use. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2015. Vol. 79 (4). P. 1154–1162. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.01.0027>.

27. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps / International Union of Soil Sciences (IUSS). 4th edition. Vienna, 2022. 236 p.

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-6

Оригінальна наукова стаття

УДК 581.132.1:631.89:633.11

**ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ВИРОЩУВАННЯ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ
У КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ****Н. І. Козак, Г. Я. Панахид**

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

Про авторів:

Надія КОЗАК,
аспірантка
ORCID: 0000-0002-2809-2432

Галина ПАНАХИД,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0001-8545-2580

Для листування:

Надія КОЗАК
e-mail: k.nadia2807@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:
4 листопада 2024 р.
Погоджено до друку:
18 грудня 2024 р.

У статті досліджено енергетичну ефективність вирощування конюшини лучної (*Trifolium pratense* L.) у короткоротаційній сівозміні за різних систем удобрення та вапнування. Дослідження проводилися в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН. Вивчено вплив органічних, мінеральних добрив і вапнякових матеріалів на урожайність сухої маси, витрати сукупної енергії та вихід валової енергії з конюшинового травостою. Результати показали, що поєднання органічних і мінеральних добрив із вапнуванням забезпечує найвищий вихід валової енергії (до 238,6 ГДж/га). Урожайність сухої маси коливалася від 4,6 до 12,6 т/га залежно від рівня удобрення та вапнування. Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (22,6 за кормового та 13,3 за кормово-сидерального способу використання) відмічено за використання мінеральних добрив в дозі N₆₅P₆₈K₆₈. Використання другого укусу конюшини лучної як сидерата знижувало вихід валової енергії та коефіцієнти енергетичної ефективності в порівнянні із кормовим використанням травостою, однак ці показники були достатньо високими й вказували на ефективність такого способу. Робота підтверджує важливість оптимізації систем удобрення для забезпечення сталого розвитку, підвищення продуктивності агроєкосистем і збереження енергоресурсів.

Ключові слова: конюшина лучна, травостій, енергетична ефективність, урожайність, удобрення, вапнування.

Energy efficiency of red clover cultivation in short rotation crop rotation

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

About authors:

Nadiia KOZAK
ORCID: 0000-0002-2809-2432

Halyna PANAKHYD
ORCID: 0000-0001-8545-2580

For corresponding:

Nadiia KOZAK
e-mail: k.nadia2807@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

November 4, 2024

Accepted:

December 18, 2024

The article investigates the energy efficiency of red clover (*Trifolium pratense* L.) cultivation in short-rotation crop rotation under different fertilization and liming systems. The research was conducted at the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS. The study examined the effects of organic and mineral fertilizers, as well as lime materials, on dry matter yield, total energy inputs, and gross energy output from clover grass stands. The results showed that combining organic and mineral fertilizers with liming ensures the highest gross energy output (up to 238.6 GJ/ha). Dry matter yield ranged from 4.6 to 12.6 t/ha, depending on the fertilization and liming levels. The highest coefficient of energy efficiency (22.6 for forage and 13.3 for forage and green manure method of use) was recorded for the use of mineral fertilisers at a rate of N65P68K68. Utilizing the second cut of red clover as green manure reduced the gross energy output and energy efficiency coefficients compared to forage usage; however, these indicators remained sufficiently high, demonstrating the effectiveness of this approach. This study confirms the importance of optimizing fertilization systems to ensure sustainable development, enhance agroecosystem productivity, and conserve energy resources.

Keywords: red clover, grassland, energy efficiency, yield, fertilisation, liming

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

Вступ. Вирощування багаторічних трав є одним з основних видів землекористування планети. На думку І. С. Доннісон та М. Д. Фразер [14] ефективне використання біомаси різних видів травостоїв, включаючи напівприродні пасовищні системи, багаторічні трави, які вирощуються для тваринництва, для енергетичних цілей, та навіть травостої з міського та напівміського середовища сприятиме збільшенню доходу навіть від економічно маргінальних пасовищ, зменшить викиди парникових газів від тваринництва та допоможе профінансувати збереження цінних лучних екосистем і ландшафтів, оскільки травостої та сумісні посіви виконують функції стабілізації екосистем [10, 11, 16, 20, 23].

В останні роки все більшої уваги набуває використання потенціалу травостоїв як альтернативного способу вироблення біоенергії [21, 27], особливо якщо їх кількість є більшою за потреби

тваринництва [13]. Проведено багато досліджень для визначення біоенергетичного потенціалу трав'яних рослин з напівприродних та сіяних травостоїв [12, 15, 18, 25]. Дослідженнями І. Мельтц та К. Хеінсоо [17] встановлено, що рослинна біомаса з природних лук з високим рівнем біорізноманіття та сіяних довготривалих травостоїв характеризується високим вмістом клітковини, низьким вмістом цукру, крохмалю та жиру. Оскільки біодеструкція сировини з високим вмістом клітковини є складним процесом це призводить до зниження виходу біогазу. Однак, за даними К. Кінг та ін. [26] звичайні сіяні види трав сільськогосподарських травостоїв, такі як пажитниця багаторічна, пажитниця багатоквіткова, тимофіївка лучна, грястиця збірна і конюшина лучна можуть мати високий біоенергетичний потенціал.

Визначення енергетичної ефективності технологій є важливим з

кількох причин, що впливають на економічні, екологічні та соціальні аспекти розвитку суспільства. Перш за все це зниження витрат. Тобто підвищення енергетичної ефективності дозволяє зменшити споживання енергії, що знижує витрати на енергоресурси, що є особливо важливим в умовах високих цін на енергію. Накопичення валової енергії довготривалими злаковими агроecosystemами в цілому внаслідок надземної й підземної маси разом зі зміною родючості ґрунту в умовах західного Лісостепу України досягала 260,1 ГДж/га, що обумовлено не лише антропогенними затратами, а й мобілізацією в продукційні процеси природних факторів [22]. За даними Х. К. А. Амаранте та ін. [24] зростання ступеня використання невідновлюваної енергії має позитивний вплив на економічне зростання країни (Бразилії).

Енергоефективні технології допомагають підприємствам зменшити собівартість продукції, що дає конкурентні переваги. Одним із найбільш економічно затратних елементів технології є вапнування. Дослідженнями проведеними на бобово-злакових травостоях встановлено, що загальні витрати на створення травостою становили 189–191 дол. США/га, а за внесення вапна затрати зросли до 555 дол. США/га [7]. Сукупні енергетичні затрати суттєво зростають і за застосування гною, оскільки енергетичний еквівалент гною стандартної якості становить 0,42 МДж/кг [8].

Ефективніше використання енергії зменшує викиди CO₂ та інших забруднювальних речовин, сприяючи боротьбі зі зміною клімату, покращуючи навколишнє середовище і тим самим зменшуючи затрати на охорону здоров'я [19].

Отже, оцінка енергетичної ефективності технологій є основою сталого розвитку, адже вона сприяє збереженню ресурсів, підвищенню економічної ефективності та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Метою наших досліджень було визначити енергетичну ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні за кормового та кормово-сидерального способів використання залежно від застосування органічних і мінеральних добрив та вапнування. Це дозволить товаровиробникам обрати оптимальне для себе рішення щодо способів використання конюшини лучної та вибору системи удобрення для подальшого збереження енергоресурсів та підвищення конкурентоспроможності.

Матеріали і методи. Дослідження проводилися на дослідному полі відділу агрохімії та ґрунтознавства Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН в межах стаціонарного досліді на травостої конюшини лучної (*Trifolium pratense* L.). Стаціонарний дослід розміщений у просторі на трьох полях. Повторення триразове. Розташування варіантів однарусне, послідовне. Сівозміна чотирипільна із наступним чергуванням культур: кукурудза на силос, ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної, конюшина лучна, пшениця озима. Агротехніка вирощування культур загальноприйнята для зони Лісостепу Західного. У короткоротаційній сівозміні під конюшину лучну не застосовували жодних видів удобрення чи вапнування. Її висівали під покрив ячменю ярого, а різні види удобрення та вапнування у сівозміні вносилися під попередні культури. Норма вапна розрахована за гідролітичною кислотністю – 6 т/га за дві ротації та за кислотно-основною буферністю (ДСТУ 4456:2005) – 2,5 т/га за ротацію сівозміни. В якості вапнякових матеріалів використовується вапнякове борошно (93,5 % CaCO₃). У досліді застосовується напівперепрілий гній ВРХ на солом'яній підстилці, аміачна селітра (34,5 %), гранульований суперфосфат (19,5 %), калійна сіль (40 %), нітроамофоска (NPK по 16 %) (при використанні нітроамофоски вміст NPK збалансовується згідно з рівнями удобрення простими добривами).

Гній вноситься під кукурудзу на силос. Фосфорно-калійні добрива вносяться восени, азотні – під передпосівну культивуацію.

Урожайність визначали в абсолютно сухій масі суцільним методом з послідовним зважуванням з кожної ділянки, з попереднім визначенням гігроскопічної вологи висушуванням дослідного зразка вагою 0,5 кг при температурі 105 °С до постійної ваги (ДСТУ ISO 6497:2005) [1].

Енергетична оцінка проведена розрахунковим способом на основі балансу надходження, накопичення та витрат валової енергії з використанням методик

О. К. Медведовського і П. І. Іваненка [6] та А. С. Даниленко, О. А. Стахів [3]; теплотворна здатність розрахунковим методом за методикою В. М. Сінченка [4].

Результати та обговорення.

Урожайність сухої маси конюшини лучної залежно від удобрення та вапнування в середньому за три роки використання в сумі за перший та другий укоси коливалася в межах від 4,6 до 12,6 т/га (рис. 1). Згідно з даними статистичного аналізу НР₀₅ становила 0,470; НР₀₁ – 0,630, що вказує на значущість усіх видів удобрення та вапнування. При цьому частка впливу фактору удобрення становить 99 %.

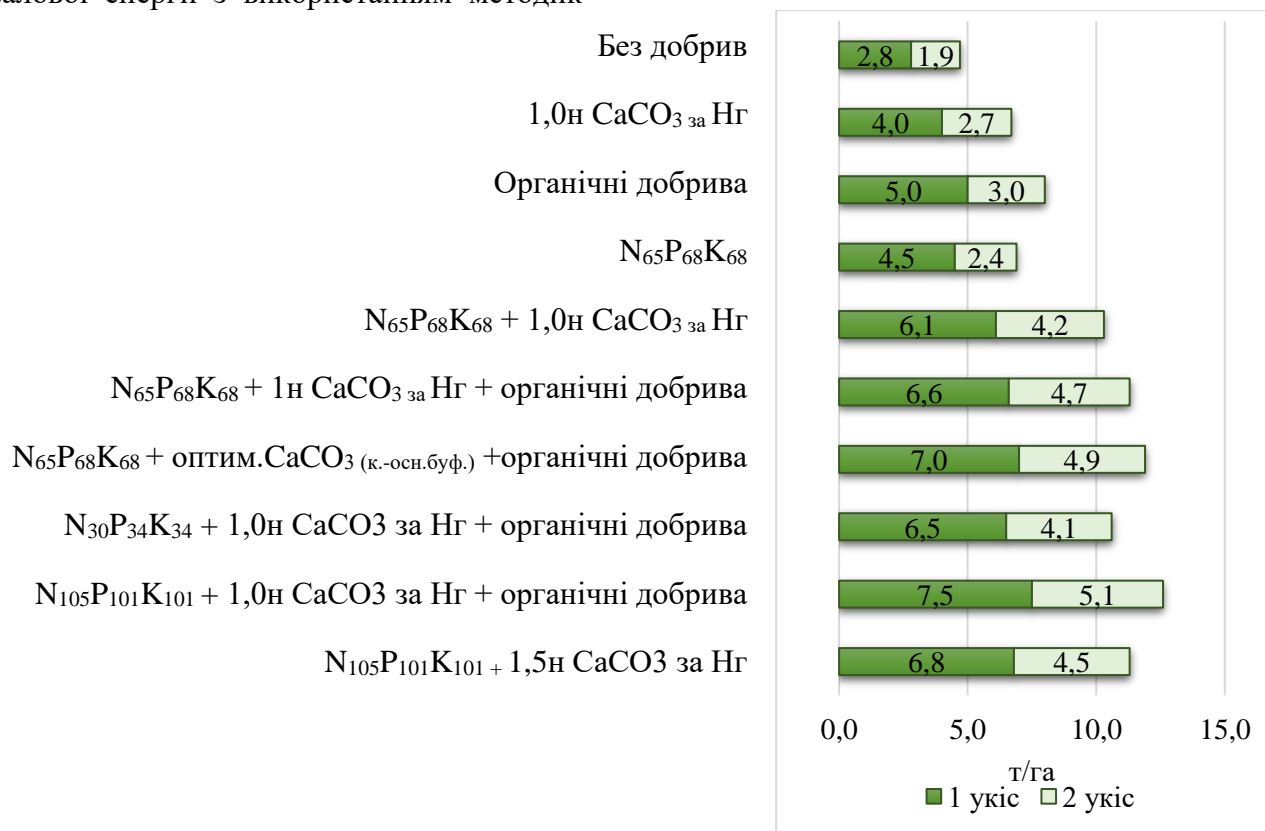


Рис. 1. Урожайність сухої маси конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні залежно від систем удобрення і вапнування 2022–2024 рр., т/га

Внесення 6 т/га вапна забезпечило приріст сухої маси конюшини лучної в розмірі 2 т/га до неудобреного контролю, при цьому урожайність становила 6,6 т/га. За застосування мінеральних добрив урожайність становила 6,9 т/га, а за використання лише органічних добрив вона зросла до 8 т/га. Поєднане застосування мінеральних добрив (N₆₅P₆₈K₆₈) із

вапнуванням дозволило отримати 10,4 т/га сухої маси конюшини лучної, а за використання ще й органічного удобрення урожайність сухої маси становила 11,3 т/га.

Дослідження свідчать про помітний вплив доз та частоти застосування вапнякових матеріалів. Зокрема зафіксовано збільшення урожайності сухої маси на 0,9 т/га за внесення 2,5 т/га вапна

раз у ротацію в порівнянні із застосуванням 6 т/га раз у дві ротації.

Зниження дози азотних добрив наполовину зумовило зниження урожайності сухої маси на 0,6 т/га, а збільшення в півтора раза дозволило отримати на 1,3 т/га сухої маси більше. На вихід сухої маси внесення на сівозмінну площу половини норми мінеральних добрив було еквівалентно внесенню 40 т/га гною: урожайність за обох систем удобрення становила 11,3 т/га.

В першому укосі отримано 58–65 % усього урожаю, у другому відповідно

35–42 %. Найбільш рівномірно (58 % з першим укосом та 42 % з отавою) урожай сухої маси надходив за мінерального удобрення в дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$ в поєднанні із вапнуванням та органічними добривами.

На витрати сукупної енергії спосіб використання травостою конюшини лучної не мав суттєвого значення, однак види удобрення та вапнування сильно впливали на енергетичні затрати. Сукупні енергетичні затрати енергії на вирощування конюшинового травостою без використання добрив становили 4,1 ГДж/га (табл. 1).

1. Енергетична ефективність технологій використання конюшини лучної

Удобрення сівозмінної площі	Витрати сукупної енергії, ГДж/га		Вихід валової енергії, ГДж		Коефіцієнт енергетичної ефективності	
	кормове використання	кормово-сидеральне використання	кормове використання	кормово-сидеральне використання	кормове використання	кормово-сидеральне використання
Без добрив	4,108	4,107	87,7	52,4	21,4	12,8
1,0н $CaCO_3$ за Нг	6,958	6,957	125,2	74,7	18,0	10,7
Органічні добрива	9,468	9,467	152,2	94,8	16,1	10,0
$N_{65}P_{68}K_{68}$	5,802	5,801	130,9	85,5	22,6	14,7
$N_{65}P_{68}K_{68}$ + 1,0н $CaCO_3$ за Нг	8,652	8,651	195,5	115,4	22,6	13,3
$N_{65}P_{68}K_{68}$ + 1н $CaCO_3$ за Нг + органічні добрива	14,012	14,011	214,0	125,2	15,3	8,9
$N_{65}P_{68}K_{68}$ + оптим. $CaCO_3$ (к.-осн.буф.) + органічні добрива	13,537	13,536	224,3	132,3	16,6	9,8
$N_{30}P_{34}K_{34}$ + 1,0н $CaCO_3$ за Нг + органічні добрива	13,165	13,164	201,0	122,8	15,3	9,3
$N_{105}P_{101}K_{101}$ + 1,0н $CaCO_3$ за Нг + органічні добрива	15,705	15,705	238,6	142,8	15,2	9,1
$N_{105}P_{101}K_{101}$ 1,5н $CaCO_3$ за Нг	17,130	17,130	214,6	128,8	12,5	7,5

Застосування всіх видів удобрення та вапнування сприяло збільшенню енергозатрат. Найбільш енергозатратним заходом було удобрення сівозмінної площі органічними добривами – затрати сукупної енергії зросли на 5,4 ГДж/га. За використання вапнякових матеріалів

енергозатрати зросли на 2,9 ГДж/га, а за мінерального удобрення на 1,7 ГДж/га.

Порівнюючи дози та частоту застосування вапна встановлено, що за внесення 2,5 т/га раз у ротацію затрати були нижчими на 0,5 ГДж/га в порівнянні із внесення 6 т/га раз у 2 ротації. Найбільш

енергозатратною системою удобрення (витрати сукупної енергії 17,1 ГДж/га) виявилось внесення $N_{105}P_{101}K_{101}$ в поєднанні із 9 т/га вапна раз у дві ротації.

Вихід валової енергії з конюшинового травостою коливався в межах від 52,4 до 214,6 ГДж/га і залежав як від удобрення з вапнуванням, так і від способу використання травостою. За використання зеленої маси обох укосів на корм вихід валової енергії був значно вищим і становив 87,7–214,6 ГДж/га, а за використання другого укосу на сидерат вихід валової енергії становив 52,4–128,8 ГДж/га.

За порівняння внесення лише одного виду удобрення встановлено, що найвищий вихід валової енергії забезпечують органічні добрива – 152,2 ГДж/га за кормового використання та 94,8 ГДж/га за кормово-сидерального. Поєднання різних видів удобрення та вапнування сприяло підвищенню виходу валової енергії. Найвищі показники (238,9 ГДж/га за кормового використання та 142,8 за кормово-сидерального) отримано за поєднання мінеральних добрив в дозі $N_{105}P_{101}K_{101}$ з органічними добривами та внесенням 6 т/га раз у дві ротації. Слід зазначити, що високі показники валової енергії (224,3 та 132,3 ГДж/га відповідно) забезпечило застосування $N_{65}P_{68}K_{68}$ разом з органічними добривами та внесенням вапна в дозі 2,5 т/га раз у ротацію.

Для визначення енергоефективності вирощування конюшини лучної було визначено коефіцієнт енергетичної ефективності. Враховуючи те, що при вирощуванні конюшини лучної немає побічної продукції то можемо використовувати універсальний показник, який визначається як відношення виробленої енергії до витраченої енергії [5], за методикою українських науковців [2, 3, 6] цей показник називається як коефіцієнт енергетичної ефективності технології.

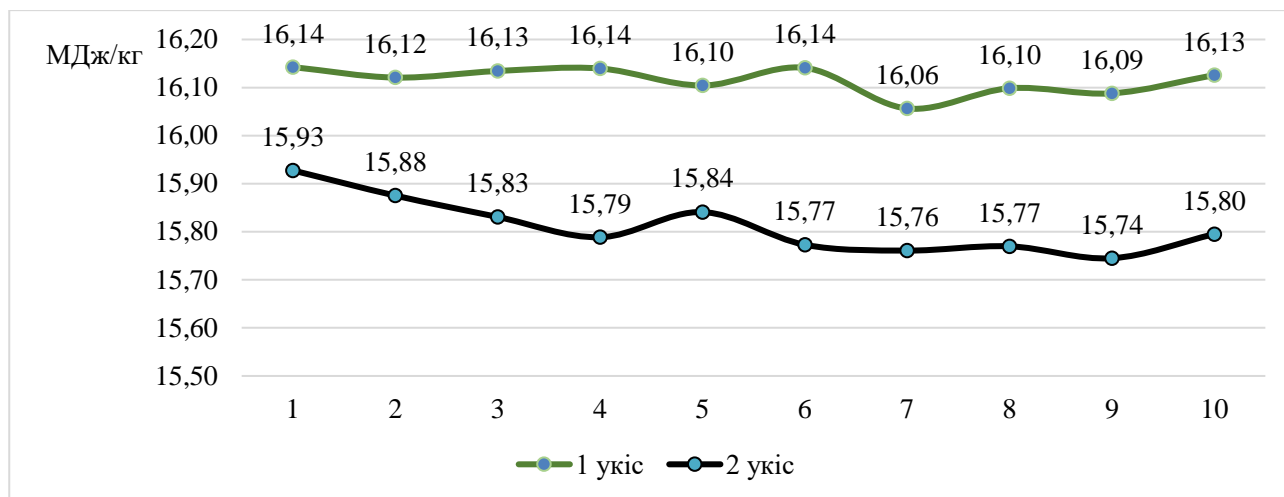
За даними Ю. О. Тараріко [9], якщо енергетичний коефіцієнт (відношення

виробленої енергії до загальних витрат антропогенної енергії) менше ніж 2 – ефективність дуже низька, 2–4 – ефективність низька, 4–6 – ефективність середня, 6–8 – ефективність висока та більше ніж 8 – дуже висока. Використовуючи цю шкалу, та аналізуючи отримані дані можна стверджувати, що усі досліджувані системи удобрення мають високу ефективність, оскільки за кормового використання коефіцієнт енергетичної ефективності коливався в межах 16,1–21,4, а за кормово-сидерального – 7,5–12,8.

Найменші коефіцієнти енергетичної ефективності зафіксовано за внесення мінеральних добрив в дозі $N_{105}P_{101}K_{101}$ в поєднанні із вапнуванням в дозі 9 т/га раз у дві ротації, що зумовлено великим затратами на дану технологію. Найвищі показники енергетичної ефективності відмічено за застосування лише мінеральних добрив: коефіцієнт енергетичної ефективності за кормового використання становив 22,6, а за кормово-сидерального – 14,4, що перевищило навіть неудобрений травостій, затрати на який були мінімальними.

За порівняння технологій, які забезпечили високі показники урожайності й містили всі види удобрення найбільш енергетично-ефективною виявилась система удобрення сівозмінної площі в якій поєднали мінеральні добрива в дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$ з органічними та проводили вапнування в дозі 2,5 т/га раз у ротацію – коефіцієнт енергетичної ефективності становив 16,6 за кормового використання та 9,8 за кормово-сидерального.

Останнім часом все більше постає питання альтернативного використання біомаси отриманої з травостоїв. Тому було вираховано теплотворну здатність конюшини лучної. Теоретичні розрахунки показали, що урожай першого укосу характеризуються вищою теплотворною здатністю в порівнянні із другим укосом і становив 16,06–16,14 МДж/кг (рис. 2).



*Примітка: 1 – без добрив; 2 – 1,0н CaCO₃ за Нг; 3 – органічні добрива; 4 – N₆₅P₆₈K₆₈; 5 – N₆₅P₆₈K₆₈ + 1,0н CaCO₃ за Нг; 6 – N₆₅P₆₈K₆₈ + 1,0н CaCO₃ за Нг + органічні добрива; 7 – N₆₅P₆₈K₆₈ + оптим. CaCO₃ (к.-осн.буф.) + органічні добрива; 8 – N₃₀P₃₄K₃₄ + 1,0н CaCO₃ за Нг + органічні добрива; 9 – N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ + 1,0н CaCO₃ за Нг + органічні добрива; 10 – N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ + 1,5н CaCO₃ за Нг.

Рис. 2. Теплотворна здатність урожаю конюшини лучної за використання її біомаси в якості твердого біопалива, МДж/кг

Вища теплотворна здатність урожаю першого укосу пояснюється вищим вмістом зольних елементів у біомасі. Це підтверджено також дослідженнями В. М. Сінченка [4]. Найвищим цей показник (16,4 МДж/кг) був у біомасі, яка вирощувалася або без удобрення, або за використання мінеральних добрив в дозі N₆₅P₆₈K₆₈, або за поєднання цієї ж дози мінеральних добрив із вапнуванням та органічними добривами.

У другому укосі вміст сирової золи був значно вищим, що обумовило зниження теплотворної здатності біомаси. Найвищим цей показник (15,93 МДж/кг) був у біомасі отриманої без застосування будь-якого виду удобрення та вапнування.

Висновки. Найвища енергоефективність вирощування конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні досягається при застосуванні комбінованих систем удобрення, що включають органічні та мінеральні добрива разом із вапнуванням. Поєднання органічних і мінеральних добрив з вапнуванням у дозі 2,5 т/га раз на ротацію

забезпечує коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 16,6 за кормового використання та 8,9 за кормово-сидерального при виході валової енергії 224,3 ГДж/га, та врожайності сухої маси 11,9 т/га.

Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності спостерігається при використанні помірних доз мінеральних добрив (N₆₅P₆₈K₆₈) і становить 22,6 та 13,3 залежно від способу використання. Використання конюшини лучної як зеленого добрива знижує вихід валової енергії, однак сприяє збереженню і покращенню родючості ґрунтів, що важливо для забезпечення стійкого розвитку агроєкосистем.

Оптимізація систем удобрення і вапнування у короткоротаційній сівозміні дозволяє не лише підвищити енергоефективність технологій вирощування конюшини лучної, але й забезпечити збереження енергетичних ресурсів та стабільність агроєкосистем у довгостроковій перспективі.

Список використаної літератури

1. Бабич А. О., Кулик М. Ф., Макаренко П. С. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин. К. : Аграрна наука, 1998. 80 с.

References

1. Babych A. O., Kulyk M. F., Makarenko P. S. Methodology for conducting experiments on feed

2. Гарькавий А. Д., Спирін А. В. Конкурентоспроможність технологій і машин : навч. посіб. Вінниця : ВДАУ Тірас, 2003. 68 с.
3. Даниленко А. С., Стахів О. А. Методика енергетичної оцінки ефективності аграрного природокористування на осушених землях. Рівне : РДТУ, 2000. 76 с.
4. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / за загальною редакцією В. М. Сінченка. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 340 с.
5. Ключ С. В. Оцінка енергоефективності вирощування зернових культур для виробництва біопалива. *Компрессорное и энергетическое машиностроение*. 2013. № 3. С. 12–15. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kiem_2013_3_5.
6. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 205 с.
7. Панахид Г. Я., Коник Г. С., Стасів О. Ф. Економічна оцінка моделей технологій створення та використання бобово-злакових травостоїв. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2020. V. 3. P. 221–234. <https://are-journal.com/are/article/view/345/259>.
8. Тараріко М. Ю. Економічна та енергетична ефективність систем відтворення агроекологічних функцій радіоактивно забруднених дерново-опідзолених ґрунтів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25 (7). С. 278–283. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2015/25_7/46.pdf.
9. Тараріко Ю. О. Енергозберігаючі агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агоресурсного потенціалу України. Київ : ДІА, 2011. 575 с.
10. Amaleviciute-Volunge K., Slepeliene A., Butkute B. Methane yield of perennial grasses as affected by the chemical composition of their biomass. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2020. Vol. 107, No. 3. P. 243–248 <https://doi.org/10.13080/z-a.2020.107.031>.
11. Bioenergy from permanent grassland. Biogas / A. Prochnow et al. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100. P. 4931–4944. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.05.070>.
12. Biomass from landscape management of grassland used for biogas production: Effects of harvest date and silage additives on feedstock quality and methane yield / C. Herrmann et al. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 69. P. 549–566. <https://doi.org/10.1111/gfs.12086>.
13. Changes in the area of permanent grassland and its implications for the provision of bioenergy: Slovakia as a case study / M. Kizeková et al. *Grass and Forage Science*. 2018. Vol. 73 (1). P. 218–232. <https://doi.org/10.1111/gfs.12333>.
14. Donnison I. S., Fraser M. D. Diversification and use of bioenergy to maintain future grasslands. *Food and Energy Security*. 2016. Vol. 5 (2). P. 67–75. <https://doi.org/10.1002/fes3.75>.
- production and animal feeding. K. : Ahrarna nauka, 1998. 80 p.
2. Harkavyi A. D., Spirin A. V. Competitiveness of technologies and machines : a textbook. Vinnytsya : VDAU Tiras, 2003. 68 p.
3. Danylenko A. S., Stakhiv O. A. Methodology of energy assessment of the efficiency of agricultural nature use on drained lands. Rivne : RDTU, 2000. 76 p.
4. Energy willow: technology of cultivation and use / edited by V. M. Sinchenko. Vinnytsya : TOV «Nilan-LTD», 2015. 340 p.
5. Klyus S. V. Assessment of energy efficiency of growing grain crops for biofuel production. *Kompresorne i enerhetychne mashynobuduvannia*. 2013. No. 3. P. 12–15. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kiem_2013_3_5.
6. Medvedovskiy O. K., Ivanenko P. I. Energy analysis of intensive technologies in agricultural production. Kyiv : Urozhay, 1988. 205 p.
7. Panakhyd H., Konyk H., Stasiv O. Economic evaluation of models of establishment and use technologies of legume-grass. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2020. V. 3. P. 221–234. <https://are-journal.com/are/article/view/345/259>.
8. Tarariko M. Yu. Economic and Energy Efficiency of the Restoration System of Radioactively Contaminated Sod-podzolic Soils Agroecological Functions. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy*. 2015. Vol. 25 (7). P. 278–283. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2015/25_7/46.pdf.
9. Tarariko Yu. O. Enerhozberihayuchi ahroekosystemy Energy-saving agroecosystems. Assessment and rational use of the agricultural resource potential of Ukraine. Kyiv : DIA, 2011. 575 p.
10. Amaleviciute-Volunge K., Slepeliene A., Butkute B. Methane yield of perennial grasses as affected by the chemical composition of their biomass. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2020. Vol. 107, No. 3. P. 243–248 <https://doi.org/10.13080/z-a.2020.107.031>.
11. Bioenergy from permanent grassland. Biogas / A. Prochnow et al. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100. P. 4931–4944. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.05.070>.
12. Biomass from landscape management of grassland used for biogas production: Effects of harvest date and silage additives on feedstock quality and methane yield / C. Herrmann et al. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 69. P. 549–566. <https://doi.org/10.1111/gfs.12086>.
13. Changes in the area of permanent grassland and its implications for the provision of bioenergy: Slovakia as a case study / M. Kizeková et al. *Grass and Forage Science*. 2018. Vol. 73 (1). P. 218–232. <https://doi.org/10.1111/gfs.12333>.
14. Donnison I. S., Fraser M. D. Diversification and use of bioenergy to maintain future grasslands. *Food and Energy Security*. 2016. Vol. 5 (2). P. 67–75. <https://doi.org/10.1002/fes3.75>.

15. Energy potential for combustion and anaerobic digestion of biomass from low-input high-diversity systems in conservation areas / K. Van Meerbeek et al. *Global Change Biology Bioenergy*. 2015. Vol. 7. P. 888–898. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12208>.

16. Environmental Impact and Economic Benefits of Biofuel Production / G. Sahoo et al. *Bio-Clean Energy Technologies*. 2022. Vol. 1. P. 349–378. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8090-8_16.

17. Melts I., Heinsoo K. Seasonal dynamics of bioenergy characteristics in grassland functional groups. *Grass and Forage Science*. 2015. Vol. 70. P. 49–63. <https://doi.org/10.1111/gfs.12155>.

18. Melts I., Heinsoo K., Ivask M. Herbage production and chemical characteristics for bioenergy production by plant functional groups from semi-natural grasslands. *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 67. P. 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.04.037>.

19. Nexus between trade, CO₂ emissions, renewable energy, and health expenditure in Pakistan / I. Ullah et al. *The International journal of health planning and management*, 2020. 35 (4), 818–831. <https://doi.org/10.1002/hpm.2912>.

20. Perennial biomass feedstocks enhance avian diversity / B. A. Robertson et al. *Global Change Biology Bioenergy*. 2011. Vol. 3. P. 235–246. <http://news.msu.edu/media/documents/2011/01/207b0463-17ac-4c31-b03f-c925f84b3566.pdf>.

21. The biomass and biogas productivity of perennial grasses / A. Kryzeviciene et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2012. Vol. 99 (1). P. 17–22. https://www.researchgate.net/publication/286063626_The_biomass_and_biogas_productivity_of_perennial_grasses.

22. The impact of natural factors and the interaction of anthropogenic resources on the productivity and energy potential of grasslands / H. Panakhyd et al. *Journal of Central European Agriculture*, 2022. Vol. 23 (2). P. 391–402. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.2.3431>.

23. The potential of Estonian semi-natural grasslands for bioenergy production / K. Heinsoo et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2010. Vol. 37. P. 86–92. https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/1/13/Heinsoo-melts-sammul-holm.pdf.

24. The relationship between economic growth, renewable and nonrenewable energy use and CO₂ emissions: empirical evidences for Brazil / J. C. A. Amarante et al. *Greenhouse Gases: Science and Technology*. 2021. 11 (3). P. 411–431. <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ghg.2054>.

25. Tilvikiene V., Slepeliene A., Kadziulien Z. Effects of 5 years of digestate application on biomass production and quality of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Grass and Forage Science*, 2018. 73. P. 206–217. <https://doi.org/10.1111/gfs.12306>.

26. Yield and chemical composition of five common grassland species in response to nitrogen fertiliser

15. Energy potential for combustion and anaerobic digestion of biomass from low-input high-diversity systems in conservation areas / K. Van Meerbeek et al. *Global Change Biology Bioenergy*. 2015. Vol. 7. P. 888–898. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12208>.

16. Environmental Impact and Economic Benefits of Biofuel Production / G. Sahoo et al. *Bio-Clean Energy Technologies*. 2022. Vol. 1. P. 349–378. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8090-8_16.

17. Melts I., Heinsoo K. Seasonal dynamics of bioenergy characteristics in grassland functional groups. *Grass and Forage Science*. 2015. Vol. 70. P. 49–63. <https://doi.org/10.1111/gfs.12155>.

18. Melts I., Heinsoo K., Ivask M. Herbage production and chemical characteristics for bioenergy production by plant functional groups from semi-natural grasslands. *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 67. P. 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.04.037>.

19. Nexus between trade, CO₂ emissions, renewable energy, and health expenditure in Pakistan / I. Ullah et al. *The International journal of health planning and management*, 2020. 35 (4), 818–831. <https://doi.org/10.1002/hpm.2912>.

20. Perennial biomass feedstocks enhance avian diversity / B. A. Robertson et al. *Global Change Biology Bioenergy*. 2011. Vol. 3. P. 235–246. <http://news.msu.edu/media/documents/2011/01/207b0463-17ac-4c31-b03f-c925f84b3566.pdf>.

21. The biomass and biogas productivity of perennial grasses / A. Kryzeviciene et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2012. Vol. 99 (1). P. 17–22. https://www.researchgate.net/publication/286063626_The_biomass_and_biogas_productivity_of_perennial_grasses.

22. The impact of natural factors and the interaction of anthropogenic resources on the productivity and energy potential of grasslands / H. Panakhyd et al. *Journal of Central European Agriculture*, 2022. Vol. 23 (2). P. 391–402. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.2.3431>.

23. The potential of Estonian semi-natural grasslands for bioenergy production / K. Heinsoo et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2010. Vol. 37. P. 86–92. https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/1/13/Heinsoo-melts-sammul-holm.pdf.

24. The relationship between economic growth, renewable and nonrenewable energy use and CO₂ emissions: empirical evidences for Brazil / J. C. A. Amarante et al. *Greenhouse Gases: Science and Technology*. 2021. 11 (3). P. 411–431. <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ghg.2054>.

25. Tilvikiene V., Slepeliene A., Kadziulien Z. Effects of 5 years of digestate application on biomass production and quality of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Grass and Forage Science*, 2018. 73. P. 206–217. <https://doi.org/10.1111/gfs.12306>.

application and phenological growth stage / C. King et al. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2012. V. 62. P. 644–658. <https://doi.org/10.1080/09064710.2012.687055>.

27. Zhu P., Xiao L., Yang S. Effect of harvesting time on biomass and combustion quality of *Miscanthus lutarioriparius* in Dongting lake area. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2024. Vol. 52 (2). 13575. <https://www.notulaeobotanicae.ro/index.php/nbha/article/view/13575>.

26. Yield and chemical composition of five common grassland species in response to nitrogen fertiliser application and phenological growth stage / C. King et al. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2012. V. 62. P. 644–658. <https://doi.org/10.1080/09064710.2012.687055>.

27. Zhu P., Xiao L., Yang S. Effect of harvesting time on biomass and combustion quality of *Miscanthus lutarioriparius* in Dongting lake area. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2024. Vol. 52 (2). 13575. <https://www.notulaeobotanicae.ro/index.php/nbha/article/view/13575>.

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-7

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.88:631.5(292.485)(477)

ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ СТРОКІВ СІВБИ НА ФОРМУВАННЯ БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НАГІДОК ЛІКАРСЬКИХ (*Calendula officinalis*) В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**Т. О. Падалко**

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

Про авторів:

Тетяна ПАДАЛКО,
доктор філософії з спеціальності
201 «Агрономія»
ORCID: 0000-0001-9299-3721

Для листування:

Тетяна ПАДАЛКО
e-mail: krivapadalko@gmail.com

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

16 вересня 2024 р.

Погоджено до друку:

2 жовтня 2024 р.

Дослідження, проведені в період з 2018 до 2023 р., підкреслили біологічні особливості та доцільність вирощування рослин нагідок лікарських (*Calendula officinalis*) в умовах Правобережного Лісостепу України. Сорти за стійкістю та біологічними особливостями є важливим фактором у появі дружних сходів, формуванні кількості та маси пагонів, листків і суцвіть. Аналізуючи вплив строків сівби на формування біометричних показників, встановлено ефективність ранньовесняного строку сівби, що в зоні вирощування значно впливає на клітинний метаболізм рослин, адаптивно підібраних технологічних прийомів для посилення зростання нагідок лікарських. Швидкість росту досліджуваної культури помітно підвищувалася від фази бутонізації до цвітіння. За морфометричними показниками найбільшу висоту рослин відзначено за ранньовесняного строку сівби 15–18.04 – 70,0 см. Біометричні показники визначали за ростом маси рослин та розвитком окремих частин надземних органів. Пропорції пагонів, листків і суцвіть змінювалися залежно від росту і розвитку рослини, використання інноваційних методів землеробства та адаптивності екосистем. Найбільшу кількість листків (114,88 шт. на рослині) відзначено за ранньовесняної сівби 15–18.04 сорту Сонячна красуня (*Sunny beauty*). Протилежну тенденцію спостерігали в зміні приросту стебел на одній рослині, які несуть генеративні органи: у фазі бутонізації їх кількість варіювала в межах від 7,64 до 11,03 на контролі. В середньому із збільшенням висоти рослини на 10,4 % кількість суцвіть з рослини становила 19,12 %, що привело до збільшення маси суцвіть з однієї рослини на 28,6 % та маси 1000 насінин до 21,75 %. Дослідження дають змогу зробити висновок, що в умовах Правобережного Лісостепу України можна вирощувати нагідки лікарські на сировину як махрових, так і немахрових кошиків для забезпечення в подальшому широкого спектра використання рослинної сировинної бази в Україні та за кордоном.

Ключові слова: нагідки лікарські, сорт, строк сівби, агроекологічні умови, біометричні показники, маса 1000 насінин.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Падалко Т. О., 2024

Ecological and technological features of the influence of sowing times on the formation of biometric indicators of *Calendula officinalis* in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Higher educational institution
“Podillia State University”
str. Shevchenko, 12, Kamianets-
Podilskiyi, Khmelnytskyi region, 32316

About autor:

Tetiana PADALKO
ORCID: 0000-0001-9299-3721

For corresponding:

Tetiana PADALKO
e-mail: krivapadalko@gmail.com

Funding information:

Ministry of Education and Science
of Ukraine

Received:

September 16, 2024

Accepted:

October 2, 2024

Research conducted in the period from 2018 to 2023 highlighted the biological features and feasibility of growing calendula plants (*Calendula officinalis*) in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Varieties in terms of resistance and biological characteristics are an important factor in the appearance of friendly seedlings, the formation of the number and mass of shoots, leaves and inflorescences. Analyzing the influence of sowing dates on the formation of biometric indicators of the plant, the effectiveness of the early spring sowing date, which significantly affects the cellular metabolism of plants in the growing zone, adaptively selected technological techniques to enhance the growth processes of *Calendula officinalis*, was established. The growth rate of the studied culture increased noticeably from the budding phase to the flowering phase. According to morphometric indicators, the highest plant height was recorded during the early spring sowing period of 15–18.04 and was 70.0 cm. Biometric indicators were determined by the growth of plant mass and the development of individual parts of aerial organs. The proportions of shoots, leaves and inflorescences changed depending on the process of plant growth and development, the use of innovative agricultural methods and the adaptability of ecosystems. The largest number of leaves, 114.88 per plant, was recorded during early spring sowing on April 15–18 in Sunny beauty variety. The opposite trend was observed in the change of the growth of stems on one plant, which carry generative organs: in the budding phase their number varied from 7.64 to 11.03 in the control. On average, with an increase in plant height by 10.4 %, the number of inflorescences per plant was 19.12 %, which led to an increase in the mass of inflorescences per plant by 28.6 % and the mass of 1000 seeds to 21.75 %. Research allows us to conclude that in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, it is possible to grow *Calendula officinalis* for raw materials of both terry and non-terry baskets, to ensure a wide range of use of the plant raw material base in Ukraine and abroad.

Keywords: *Calendula officinalis*, variety, sowing period, agroecological conditions, biometric indicators, weight of 1000 seeds.

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

Вступ. Значним чинником інтенсифікації сільського господарства стало розширення агропромислового виробництва, що призвело до більшого навантаження на земельні ресурси. Безконтрольне використання хімікатів у районах з низьким технологічним розвитком, застосування хімічних добрив призводить до погіршення якості ґрунту, зниження його родючості, неякісного землеробства, особливо це небезпечно для культивування лікарських рослин. В Україні промислові масштаби

виросування лікарських рослин налічують тільки 40 із 250 видів, що явно недостатньо, і є потреба в проведенні подальших досліджень та державної підтримки щодо розроблення технологій, які можуть значно поліпшити екологічні показники порівняно з іншими технологіями для отримання високоякісної безпечної продукції. Україна є одним із найбільших виробників лікарської та ефіроолійної сировини в Європі, ніша якої використовується у фармацевтичній, косметичній, парфумерній, харчовій та деяких інших

галузях народного господарства, завдяки відповідному генофонду насіння, сучасній технології та методам перевірки якості рослинної сировини згідно з Державною Фармакопеею України [7, 12, 14, 18].

Вперше цілющі властивості *C. officinalis* засвідчили лікарі Стародавньої Греції ще у I ст. н. е., а з XII ст. використовували для лікування у Київській Русі. Рослину почали культивувати як декоративну та лікарську з XVII ст. і на сьогодні вирощують у багатьох країнах Європи, особливо Франції, Німеччині, Австрії, Угорщині та у США, Аргентині, Австралії тощо [9, 20]. Досліджувана культура є надзвичайно екологічно пластичним видом, здатним пристосовуватися до різних умов – від субтропічних та тропічних до північної зони помірного поясу [3, 6].

Нагідки лікарські (*Calendula officinalis*) – однорічна трав'яниста рослина родини Айстрові, або Складноцвіті (*Asteraceae*), заввишки до 75–90 см. Корінь стрижневий, гіллястий, стебло прямостояче, від основи розгалужене, ребристе, покрите короткими, жорсткими, у верхній частині залізистими волосками, листя чергове світло-зелене, завдовжки до 15 см, з ледве помітними зубчиками, квіти зібрані у великі кошики в діаметрі до 8 см, розташовані поодинокі на кінці стебла та його розгалуженнях. Крайові квітки язичкові, жовтого та помаранчевого забарвлення, по 10 рядів (прості та махрові); серединні – трубчасті, двостатеві, безплідні [4, 13, 16].

Якість лікарської сировини регламентується Державною Фармакопеею України та Європейською Фармакопеею [2, 7]. Широкий спектр лікувальних властивостей нагідок лікарських пояснюється наявністю великої кількості різних за хімічною природою та фармакологічною дією біологічно активних речовин: флавоноїдів, ксантофілів та каротиноїдів, етерної олії, кумаринів, водорозчинних полісахаридів (14,75 %). У надземній частині містяться сапоніни, дубильні речовини, гірка

речовина календен, насичені тритерпендіоли: арнідіол та фарадіол. До складу квітів входять каротиноїди (до 3 %), етерна олія (0,02 %), флавоноїди (до 4 %), гіркі та дубильні речовини, азотовмісні сполуки (1,5 %), органічні кислоти (6–8 %), сліди алкалоїдів та комплекс мінералів Zn, Cu, Mo, Se [2, 16, 18].

Препарати з використанням *C. officinalis* мають антисептичний, ранозагоювальний, седативний, спазмолітичний ефект, нормалізують серцеву діяльність та зменшують набряки, прискорюють процеси регенерації тканин, сприяють швидкій епітелізації. При новоутвореннях сировину рослини використовують як симптоматичний засіб, також застосовують у стоматологічній практиці при хворобах порожнини рота. Жовчогінний ефект найбільш виражений за використання нагідок лікарських у поєднанні з препаратами ромашки лікарської. Погодно-кліматичні умови та проходження фенологічних фаз вегетації значно впливають на накопичення сапонінів, їх кількість призводить до пригнічення росту і розвитку рослин [1, 3, 11].

Дослідження показують, що на якість лікарської рослинної сировини впливають різні фактори: фармацевтичні компанії мають помітні відмінності, які залежать не тільки від об'єктивних (кліматичні умови вирощування, місце збору, екологічна стабільність територій та ін.), але і суб'єктивних причин. Порушення технологічних процесів вирощування, нерегламентоване використання пестицидів, добрив хімічного походження, помилки в ідентифікації рослин та інші фактори також спричиняють свої зміни [6, 8, 19].

Індивідуальна продуктивність рослин є показником, що відображає ефективність використання ґрунтово-кліматичних умов та впровадження технологічних методів для інтенсифікації росту і розвитку рослин нагідок лікарських. У зв'язку з цим, аналізуючи абсолютні значення показників індивідуальної продуктивності, можна

об'єктивно визначити найкращі варіанти технології вирощування в конкретних умовах [9, 10, 15, 16].

Потреба проведення досліджень обумовлена збереженням біологічного різноманіття і використання стійких сортів щодо агротехнологічних прийомів та дії абіотичних і біотичних факторів на продуктивність культури.

Метою цієї наукової роботи було дослідити високопродуктивні сорти нагідок лікарських (*Calendula officinalis*) та обґрунтувати строки сівби за оптимальної норми висіву насіння для отримання лікарської рослинної сировини в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи. Польові дослідження проводили впродовж 2018–2023 рр. на дослідному полі ФОП «Прудивус», створеній базі вирощування лікарських рослин у зоні Правобережного Лісостепу України згідно із загальноприйнятою методикою [4, 14]. Для експерименту взяли сорти Сонячна красуня (*Sunny beauty*) та Радіо (*Radio*), які внесені до Державного реєстру сортів рослин України та Німеччини, і строки сівби: ранньовесняний: 1–3.04 (контроль); 15–18.04; 1–4.05. Норма висіву насіння становила 0,008 тис. схож. нас./га за температури ґрунту 6–8 °С, глибина загортання насіння від 2 до 3 см.

Спостереження за вегетацією проводили на основних етапах росту та розвитку рослин згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [4, 8]. Структуру врожаю визначали за біометричним аналізом пробних облікових ділянок по 1 м² у чотириразовій повторюваності окремо на варіантах, де було проведено ручне прополювання і без нього, а також для високо- та низьковрожайних ділянок.

Збір суцвіть проводили, коли на рослині з'являлося не менше ніж половина язичкових (крайових) квіток. Цей етап виконували регулярно в міру появи нових квіток, через 5–7 діб. Збір проводили до чотирьох разів за сезон. Суцвіття

(*Calendula officinalis*) сушили в затіненому приміщенні.

Сорти різняться махровістю та немахровістю квітки: сорт Сонячна красуня (*Sunny beauty*) виділяється великими немахровими суцвіттями, а сорту Радіо (*Radio*) притаманні кулеподібні кошики оригінальної променистої форми, квіти хризантемоподібні, махрові.

Агрохімічні показники ґрунту визначали за методиками: рН_{сол.} – витяжкою 1 н соляної кислоти, суму обмінних основ – за Каппеном, вміст гумусу – за І. В. Тюрніним, рухомі форми фосфору та калію – за Кірсановим та азот – за Корфілдом. У цілому ґрунт дослідної ділянки відрізняється високою забезпеченістю макроелементами: фосфором, калієм, азотом, реакція ґрунтового розчину – слабокисла, в межах 5,2–5,5 одиниць рН [6, 17].

Спосіб сівби – суцільний рядковий, широкорядний – 45 см. Густота стояння рослин – 15–20 шт. на 1 погонний метр, що є оптимальним для високої врожайності [18].

Отримані дані обробляли статистичними методами за допомогою стандартного комп'ютерного програмного забезпечення з використанням сучасних програмних пакетів, зокрема Agrostat і Statistica 10.0 [14].

Результати та обговорення. Погодні умови за період дослідження мали значні відхилення від середніх багаторічних значень основних показників, але загалом, вони не досягали критичних величин та сприяли отриманню високопродуктивної біомаси рослин (рис. 1).

У березні 2018 р. середньомісячна температура становила 0,20 °С, а в квітні 2019 р. 10,10 °С, що на 1,60 °С вище за норму. Кількість опадів у квітні 2019 р. становила 48,9 мм, що на 2,9 мм вище за норму. Перша половина квітня 2020 р. була м'якою, без істотних опадів; з першої декади квітня прихід арктичного холодного повітря зумовив морозну погоду та опади у вигляді мокрого снігу з тимчасовим накопиченням 2–7 см. Місячна кількість

опадів у більшості районів становила 20 мм, 50 % від норми; у 2021 р. середньомісячна температура березня – квітня 6,60 °С, кількість опадів 50,4 мм; у 2022 р. середньомісячна температура березня – травня 2,30...14,30 °С, що на 3,0–5,0 °С вище за норму. Погодні умови

ранньої весняної сівби 2023 р. відрізнялися як за опадами, так і за температурою. Середньомісячна температура в березні – травні становила 4,20...14,70 °С, а кількість опадів у квітні на 31,8 мм перевищила середню багаторічну норму.

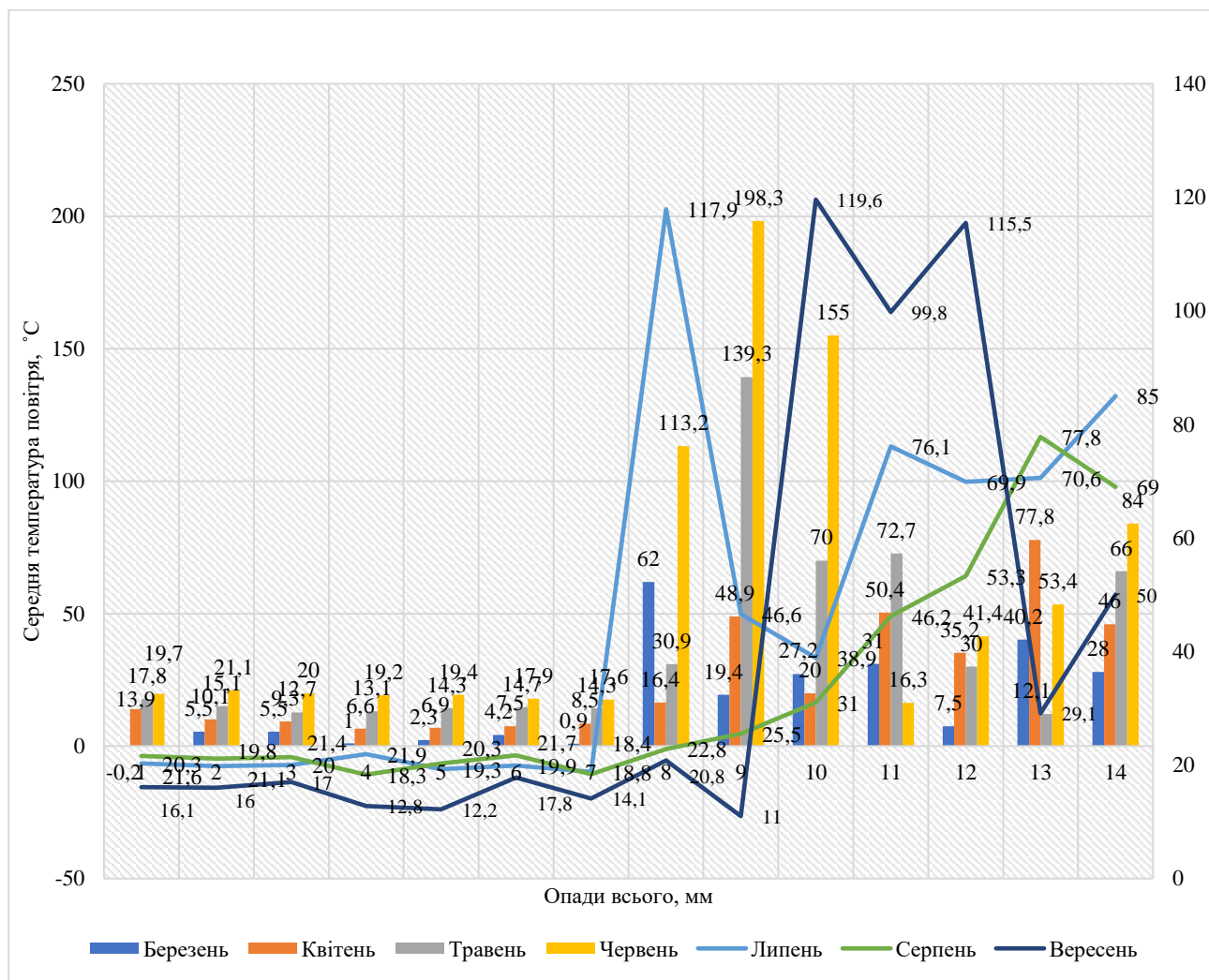


Рис. 1. Динаміка основних метеорологічних показників за ранньовесняних строків сівби вегетації нагідок лікарських (середнє за 2018–2023 рр.)

Спостереження за шкалою ВВСН росту і розвитку рослин нагідок лікарських показали, що до фази бутонізації ВВСН 50–55 інтенсивність росту рослин досить висока (30–50 діб від початку сходів), що простежується в посівах різної щільності і різних строків сівби, за переходу рослин до фази цвітіння ріст сповільнюється. На відміну від цього, ріст кореневої системи збільшувався поступово, забезпечуючи рослину поживними речовинами,

потрібними для формування вегетативної і генеративної частин. Вегетаційний період у середньому становив 80–107 діб, незалежно від сорту.

Дослідники та вчені в цій галузі встановили, що культурні рослини зазнають низки стресів, внаслідок чого зменшується продуктивність.

До найпоширеніших стресогенних абіотичних факторів належать: екстремальні температури (як низькі, так і

високі), нестача вологи (посуха), надлишок вологи в ґрунті, надмірне засолення ґрунту, вплив патогенів рослин (бактерій і грибків), також іонів важких металів та ін. [1, 10, 18].

Біометричний аналіз [13, 15] показав, що структурні показники рослин різнилися за сортами та якісно змінювалися залежно від строків сівби (табл.).

Біометричні та структурні показники рослин нагідок лікарських (*Calendula officinalis*) залежно від сорту та строку сівби (середнє за 2018–2023 рр.)

Сорт (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Морфометричні показники				Маса 1000 насінин, г	
		висота рослин, см	кількість на одній рослині, шт.				діаметр суцвіть, см
			пагонів	листіків	суцвіть		
Сонячна красуня (<i>Sunny beauty</i>)	Ранньовесняний 1–3.04 (К)	63,74	8,55	99,09	12,23	3,84	7,56
	Ранньовесняний 15–18.04	70,0	11,03	114,88	17,74	6,42	10,98
	Ранньовесняний 1–4.05	66,92	9,98	110,04	14,0	5,04	9,34
Радіо (<i>Radio</i>)	Ранньовесняний 1–3.04	53,69	7,64	97,64	10,26	3,16	5,88
	Ранньовесняний 15–18.04	58,81	10,26	112,0	15,92	7,0	8,29
	Ранньовесняний 1–4.05	55,94	9,07	100,53	13,24	5,82	7,18
V, %		10,4	14,9	7,1	19,12	28,6	21,7

Примітка: К – контроль: сорт Сонячна красуня, строк ранньовесняний 1–3.04.

Найбільш високорослі (70,0 см) рослини нагідок лікарських сорту Сонячна красуня (*Sunny beauty*) і найменш високорослі (53,69 см заввишки) сформувалися за ранньовесняного строку сівби 1–3.04 сорту Радіо (*Radio*) з нормою висіву насіння 0,008 тис. схож. нас./га за широкорядного способу сівби (45 см). У середньому кількість листків з рослини становила 114,88 шт., кількість квіткових кошиків (суцвіть) на одній рослині – 10,26–17,74 шт. Маса 1000 насінин нагідок лікарських знаходилася в межах 5,88–10,98 г. У немахрових суцвіть сорту Сонячна красуня маса 1000 насінин становила у середньому 10,98 г, що на 3,42 більше за варіант контролю. У махрових суцвіть сорту Радіо більшість насінин дрібні кільцеподібні, показник яких сягає до 8,29 г. Маса самого кільчастого насіння

зменшується в міру збільшення махровості, тому зменшення розміру насіння сприяє розміщенню більшої кількості насінин у махровому суцвітті: одне повністю махрове суцвіття містить понад 100 насінин, тоді як у немахровому суцвітті їх близько 20 %.

Зазначено, що терміни цвітіння рослини певною мірою залежали від погодних умов регіону. Спекотна погода без опадів укорочує період від сходів до повного цвітіння, а волога та прохолодна – подовжує. Постійне розгалуження стебел, масове формування суцвіть забезпечує тривалий період цвітіння. Суцвіття (*C. officinalis*) відрізняються великим розмахом поліморфізму, а тому особливо помітні такі ознаки, як розмір та махровість квіток (рис. 2).

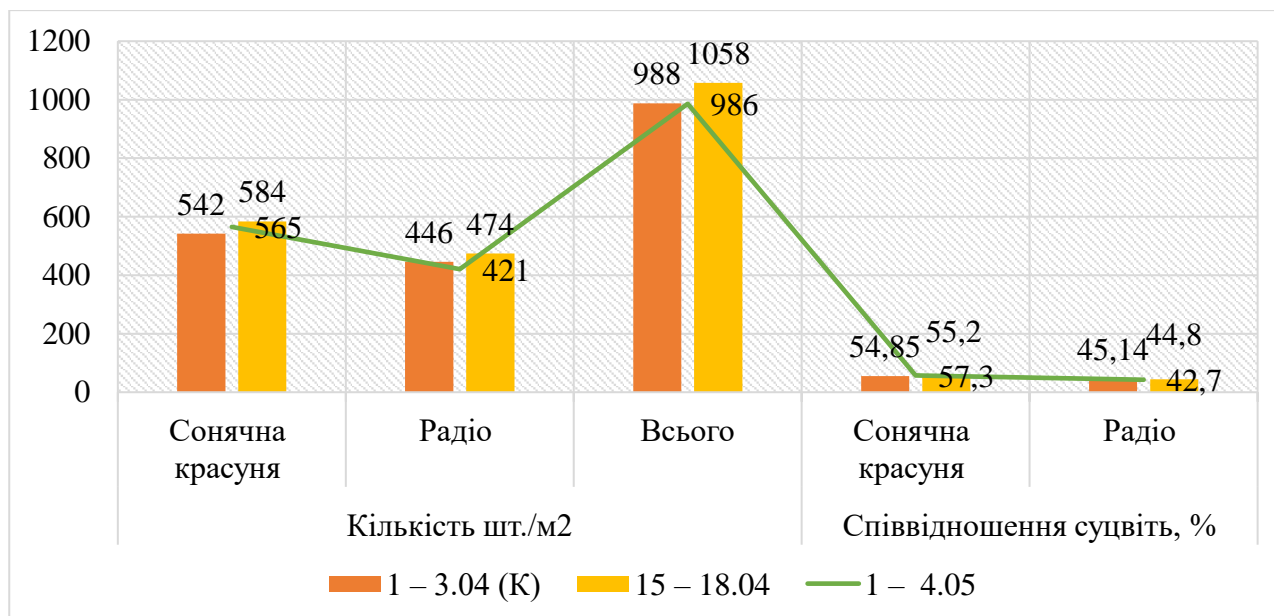


Рис. 2. Співвідношення махровості суцвіть нагідок лікарських (*Calendula officinalis*) залежно від агротехнічних прийомів (середнє за 2018–2023 рр.)

Махровість визначається співвідношенням видів квіток у суцвітті (язичкових та трубчастих). Суцвіття з 2–3 рядами язичкових квіток відносять до немахрових форм, чим більше кіл з язичковими квітками, тим вища махровість. Встановлено, що махровість впливає на якість лікарської сировини, значно поліпшуючи її [2, 12]. За роки досліджень у середньому за всіма варіантами махрових кошиків сформувалося на 12 % менше, ніж немахрових.

Висновки. Отримано результати, за якими найбільша висота травостою становила 70,0 см за продуктивності квіткових кошиків до 17,74 шт. сорту Сонячна красуня (*Sunny beauty*) за строку сівби 15–18.04. Важливими показниками, що характеризують діаметр суцвіть, відзначалися сорти Радіо (*Radio*) – 7,0 см з масою 1000 насінин 8,29 г, що на 3,16 см перевищує контроль та сорт Сонячна красуня (*Sunny beauty*) – 6,42 см, маса 1000 насінин становила 10,98 г, що на 2,58 см відмінний від контрольного

варіанта. З'ясовано, що за ранньовесняного строку сівби нагідок лікарських 1–4.05 відзначено найдовший період появи сходів (8–17 діб). Поява сходів була більш ранньою (на 2–3 доби), 1–4.05 – дещо пізньою та 1–4.05 – дещо сповільненою, а в процесі росту і розвитку рослин спостерігали швидке настання фаз бутонізації та цвітіння. Виявлено махровість суцвіть до 45,14 % та дещо збільшену кількість немахрових – 57,3 %. Встановлено, що максимальних розмірів сягали рослини сорту Сонячна красуня (*Sunny beauty*) на варіантах за ранньовесняного строку сівби 15–18.04 з нормою висіву 0,008 тис. схож. нас./га – 70,0 см заввишки за 17,74 шт. суцвіть на одній рослині з масою суцвіть 10,98 г з рослини, кількістю пагонів – 11,03 шт. та листків – 114,88 одиниць з рослини.

У подальшому плануємо дослідження впливу агротехнічних заходів в умовах цієї зони на продуктивність сировини нагідок лікарських, що збільшить рентабельність культури.

Список використаної літератури

1. Вплив передпосівної обробки мікродобривом “Аватар-2 Органік” на лабораторну та польову схожість насіння *Calendula officinalis* / Г. М. Клепач та ін. *Acta Carpathica*. 2022. № 1 (37). С. 27–39. URL:

References

1. The effect of pre-sowing treatment with microfertilizer “Avatar-2 Organic” on laboratory and field germination of *Calendula officinalis* seeds / H. M. Klepach et al. *Acta Carpathica*. 2022. No. 1

<https://doi.org/10.32782/2450-8640.2022.1.2> (дата звернення: 09.10.2024).

2. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2024 році / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Київ, 2024. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin> (дата звернення: 02.04.2024).

3. ДСТУ ISO 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості. Чинний від 2002-12-28. Вид. офіц. Київ, 2003. 170 с.

4. Мельничук Р. В., Богуславський Р. Л. Генетичне різноманіття ознакової колекції роду *Calendula* як джерело вихідного матеріалу для селекції. *Генетичні ресурси рослин*. 2013. № 12. С. 41–52.

5. Мельничук Р. В., Куценко Н. І. Оцінка різноманіття роду *Calendula* для формування колекції сортів з еталонними ознаками. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2015. № 3/4 (28/29). С. 18–23. URL: [https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4\(28-29\).2015.58441](https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4(28-29).2015.58441) (дата звернення: 11.09.2024).

6. Панцирева Г. В. Сучасний стан та перспективи використання однорічних квітничково-декоративних рослин в озелененні паркової зони Вінницького національного аграрного університету. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. Вип. 14. С. 184–195. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/21024.pdf> (дата звернення: 02.08.2024).

7. Паньків З. П. Ґрунти України : навч.-метод. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2017. С. 22.

8. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. Дослідна справа в агрономії : навч. посіб. : у 2 кн. Кн. 1. *Теоретичні аспекти дослідної справи*. Харків : Майдан, 2016. С. 167–169.

9. Сухар С. В., Хоміна В. Я. Удосконалення елементів технології вирощування нагідок лікарських в умовах Лісостепу Західного : монографія. Ніжин : ПП «Лисенко», 2015. 144 с.

10. Яковлева-Носарь С. О. Вплив посухи та засолення на характеристики проростання насіння й інтенсивність росту проростків *Calendula officinalis*. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2018. Т. 15, № 1. С. 27–39. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/apd_2018_15_1_5 (дата звернення: 12.09.2024).

11. An Updated Review on the Multifaceted Therapeutic Potential of *Calendula officinalis* / K. Shahane et al. *Pharmaceuticals*. 2023. Vol. 16, issue 4. 611. URL: <https://doi.org/10.3390/ph16040611> (last accessed: 10.08.2024).

12. Effect of dietary barberry fruit (*Berberis vulgaris*) extract on immune function, antioxidant capacity, antibacterial activity, and stress-related gene expression of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)

(37). P. 27–39. URL: <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2022.1.2> (last accessed: 09.10.2024).

2. State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine in 2024 / Ministerstvo aharnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy. Kyiv, 2024. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin> (last accessed: 02.04.2024).

3. DSTU ISO 4138:2002. Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality. Chynnyi vid 2002-12-28. Vyd. ofits. Kyiv, 2003. 170 p.

4. Melnychuk R. V., Bohuslavskiy R. L. Genetic diversity of the characteristic collection of the genus *Calendula* as a source of starting material for breeding. *Henetychni resursy roslyn*. 2013. No. 12. P. 41–52.

5. Melnychuk R. V., Kutsenko N. I. Assessment of the diversity of the genus *Calendula* for the formation of a collection of varieties with reference characteristics. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*. 2015. No. 3/4 (28/29). P. 18–23. URL: [https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4\(28-29\).2015.58441](https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4(28-29).2015.58441) (last accessed: 11.09.2024).

6. Pansyryeva H. V. Current status and prospects for the use of annual flowers and ornamental plants in landscaping the park area of Vinnytsia National Agrarian University. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2019. Issue 14. P. 184–195. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/21024.pdf> (last accessed: 02.08.2024).

7. Pankiv Z. P. Soils of Ukraine : navch.-metod. posib. Lviv : LNU imeni Ivana Franka, 2017. P. 22.

8. Rozhkov A. O., Puzik V. K., Kalenska S. M. Research work in agronomy : navch. posib. : u 2 kn. Kн. 1. *Teoretychni aspekty doslidnoi spravy*. Kharkiv : Mайдан, 2016. P. 167–169.

9. Sukhar S. V., Khomina V. Ya. Improving the elements of the technology for growing medicinal marigolds in the conditions of the Western Forest-Steppe : monohrafiia. Nizhyn : PP «Lysenko», 2015. 144 p.

10. Yakovlieva-Nosar S. O. The effect of drought and salinity on seed germination characteristics and seedling growth intensity of *Calendula officinalis*. *Aktualni pytannia biolohii, ekolohii ta khimii*. 2018. Vol. 15, no. 1. P. 27–39. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/apd_2018_15_1_5 (last accessed: 12.09.2024).

11. An Updated Review on the Multifaceted Therapeutic Potential of *Calendula officinalis* / K. Shahane et al. *Pharmaceuticals*. 2023. Vol. 16, issue 4. 611. URL: <https://doi.org/10.3390/ph16040611> (last accessed: 10.08.2024).

12. Effect of dietary barberry fruit (*Berberis vulgaris*) extract on immune function, antioxidant capacity, antibacterial activity, and stress-related gene expression of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) / S. P. H. Shekarabi et al. *Aquaculture Reports*. 2022. Vol. 23. 101041. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101041> (last accessed: 05.08.2024).

/ S. P. H. Shekarabi et al. *Aquaculture Reports*. 2022. Vol. 23. 101041. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101041> (last accessed: 05.08.2024).

13. Gougue F., Boutaiba S. Phytochemical study of two plants: *Calendula officinalis* and *Berberis vulgaris* and evaluation of their antioxidant activities with DPPH test. *International Journal of Health Sciences*. 2024. Vol. 8 (1). P. 83–91. URL: <https://doi.org/10.53730/ijhs.v8n1.14812> (last accessed: 03.10.2024).

14. Lupak O., Kovalchuk H., Antonyak H. Potentiometric determination of antioxidant activity of extracts of *Calendula officinalis* plants under the influence of growth biostimulants. *ScienceRise: Biological Science*. 2017. Vol. 6 (9). P. 10–13. URL: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2017.119086> (last accessed: 04.10.2024).

15. Muzaffer Barut, Leyla Sezen Tansi. Elucidating the flower, seed yield and phytochemical variability of marigold (*Calendula officinalis*) in response to winter sowing at different harvest intervals and dates. *South African Journal of Botany*. 2024. Vol. 166. P. 191–207. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.01.043> (last accessed: 22.09.2024).

16. Padalko T. O. Dynamics of growth and development of *Calendula* plants (*Calendula officinalis*) according to the duration and phases of vegetation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. International periodic scientific journal "Scientific World Journal". 2024. Vol. 23, no. 2. P. 72–78. URL: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-23-00-055> (last accessed: 12.09.2024).

17. Preethi K. C., Kuttan G., Kuttan R. Antioxidant Potential of an Extract of *Calendula officinalis*. Flowers in Vitro and in Vivo. *Pharmaceutical Biology*. 2006. Vol. 44, issue 9. P. 691–697. URL: <https://doi.org/10.1080/13880200601009149> (last accessed: 20.09.2024).

18. Quality of raw material from camomile inflorescences depending on technological factors / T. O. Padalko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (1). P. 234–240. URL: https://doi.org/10.15421/2021_35 (last accessed: 15.09.2024).

19. Ruiz de Clavijo E. The reproductive strategies of the heterocarpic annual *Calendula arvensis* (Asteraceae). *Acta Oecol*. 2005. Vol. 28. P. 119–126.

20. Savić I. M., Gajić I. M. S. Physical, chemical and antioxidant stability studies of a topical formulation containing pot marigold (*Calendula officinalis*) flowers extract. *Adv. Technol*. 2021. Vol. 10 (1). P. 11–19. URL: <https://doi.org/10.5937/savteh2101011S> (last accessed: 08.08.2024).

13. Gougue F., Boutaiba S. Phytochemical study of two plants: *Calendula officinalis* and *Berberis vulgaris* and evaluation of their antioxidant activities with DPPH test. *International Journal of Health Sciences*. 2024. Vol. 8 (1). P. 83–91. URL: <https://doi.org/10.53730/ijhs.v8n1.14812> (last accessed: 03.10.2024).

14. Lupak O., Kovalchuk H., Antonyak H. Potentiometric determination of antioxidant activity of extracts of *Calendula officinalis* plants under the influence of growth biostimulants. *ScienceRise: Biological Science*. 2017. Vol. 6 (9). P. 10–13. URL: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2017.119086> (last accessed: 04.10.2024).

15. Muzaffer Barut, Leyla Sezen Tansi. Elucidating the flower, seed yield and phytochemical variability of marigold (*Calendula officinalis*) in response to winter sowing at different harvest intervals and dates. *South African Journal of Botany*. 2024. Vol. 166. P. 191–207. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.01.043> (last accessed: 22.09.2024).

16. Padalko T. O. Dynamics of growth and development of *Calendula* plants (*Calendula officinalis*) according to the duration and phases of vegetation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. International periodic scientific journal "Scientific World Journal". 2024. Vol. 23, No. 2. P. 72–78. URL: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-23-00-055> (last accessed: 12.09.2024).

17. Preethi K. C., Kuttan G., Kuttan R. Antioxidant Potential of an Extract of *Calendula officinalis*. Flowers in Vitro and in Vivo. *Pharmaceutical Biology*. 2006. Vol. 44, issue 9. P. 691–697. URL: <https://doi.org/10.1080/13880200601009149> (last accessed: 20.09.2024).

18. Quality of raw material from camomile inflorescences depending on technological factors / T. O. Padalko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (1). P. 234–240. URL: https://doi.org/10.15421/2021_35 (last accessed: 15.09.2024).

19. Ruiz de Clavijo E. The reproductive strategies of the heterocarpic annual *Calendula arvensis* (Asteraceae). *Acta Oecol*. 2005. Vol. 28. P. 119–126.

20. Savić I. M., Gajić I. M. S. Physical, chemical and antioxidant stability studies of a topical formulation containing pot marigold (*Calendula officinalis*) flowers extract. *Adv. Technol*. 2021. Vol. 10 (1). P. 11–19. URL: <https://doi.org/10.5937/savteh2101011S> (last accessed: 08.08.2024).

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-8

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.12:632.4(477.4)

**ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РАЙОНОВАНИХ
І ПЕРСПЕКТИВНИХ СОРТІВ СПЕЛЬТИ ОЗИМОЇ
ДО СЕПТОРІОЗУ В ПОЛІССІ УКРАЇНИ****С. Г. Столяр, О. І. Трембіцька**

Поліський національний університет
вул. Старий бульвар, 7,
м. 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:

Оксана ТРЕМБІЦЬКА
e-mail:
ksyusha.trembitskaya@gmail.com

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

1 жовтня 2024 р.

Погоджено до друку:

29 жовтня 2024 р.

У статті представлено результати оцінки стійкості районованих і перспективних сортів спельти озимої до септоріозу в агрокліматичних умовах Полісся України. Проведені дослідження дозволили виявити рівень сприйнятливості різних сортів до патогенів, зокрема до збудників *Septoria tritici* та *Septoria nodorum*. Дослідження показали, що серед оцінюваних сортів не було абсолютно стійких, проте деякі з них показали високу стійкість (Аттергауер Дінкель, МВ Мартонголд та Європа), що може бути використано для подальшого вдосконалення програми селекції. Також проаналізовано вплив стійкості до септоріозу на врожайність сортів, що підтверджує важливість вибору сортів з високою стійкістю для забезпечення стабільних урожаїв. Сорти спельти озимої формували врожай зерна на рівні 3,54–4,34 т/га. Найвищою вона була в сортів Аттергауер Дінкель – 4,34 т/га, МВ Мартонголд – 4,28 т/га та Європа – 4,12 т/га. Отримані результати можуть стати основою для розвитку інтегрованих стратегій управління хворобами спельти в регіоні та сприяти підвищенню продуктивності зерновиробництва.

Ключові слова: спельта озима, сорт, септоріоз, стійкість, Полісся.

Assessment of resistance of zoned and prospective varieties of winter spelt to septoriosi in the Polissia of Ukraine

Polissia National University
street Staryi boulevard, 7,
Zhytomyr city, Zhytomyr region,
10002

About authors:

Svitlana STOLIAR
ORCID: 0000-0001-5925-2008

Oksana TREMBITSKA
ORCID: 0000-0003-1152-0215

For corresponding:

Oksana TREMBITSKA
e-mail:
ksyusha.trembitskaya@gmail.com

Funding information:

Ministry of Education and Science
of Ukraine

Received:

October 1, 2024

Accepted:

October 29, 2024

The article presents the results of evaluation of resistance of zoned and promising winter spelt varieties to septoria in the agroclimatic conditions of Polissia of Ukraine. The conducted studies allowed to reveal the level of susceptibility of different varieties to pathogens, in particular to pathogens *Septoria tritici* and *Septoria nodorum*. The research showed that there were no absolutely resistant varieties among the evaluated varieties, but some of them showed high resistance (Atterhauer Dinkel, MV Martongold and Europe), which can be used to further improve the breeding program. The effect of septoria resistance on yields was also analyzed, which confirms the importance of selecting varieties with high resistance to ensure stable yields. Winter spelt varieties formed a grain yield of 3.54–4.34 t/ha. The highest yields were in the varieties Atterhauer Dinkel – 4.34 t/ha, MV Martongold – 4.28 t/ha and Europe – 4.12 t/ha. The results obtained can become the basis for the development of integrated strategies for managing spelt diseases in the region and contribute to increasing grain production.

Keywords: winter spelt, variety, septoria, resistance, Polissia.

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

Вступ. Україна має значний ґрунтово-кліматичний потенціал для вирощування озимої спельти, що ставить її в один ряд із країнами, найбільш сприятливими для виробництва зернових. Водночас попри сприятливі умови, виробництво зерна спельти в країні поки що не демонструє стабільного зростання. За розрахунками, загальна потреба України в зернових культурах складає близько 50–53 млн т, з яких на пшеницю припадає приблизно 21–22 млн т. На світовому рівні, виробництво пшениці продовжує зростати, але для України актуальним завданням сільського господарства залишається підвищення обсягів виробництва зерна, чого можна досягти шляхом збільшення врожайності та зменшення її залежності від мінливих погодних умов [4, 9, 19].

Ефективне нарощування обсягів виробництва зерна спельти можливе завдяки використанню нових високопродуктивних сортів, які відзначаються підвищеною зимостійкістю,

стійкістю до вилягання та хвороб, а також здатністю формувати зерно високої якості.

На сьогодні площі вирощування спельти озимої в Україні є досить обмеженими у порівнянні з традиційними зерновими культурами, такими як пшениця та ячмінь. В основному вона культивується у західних та центральних регіонах, де природні умови сприяють її вирощуванню, зокрема в зоні Полісся та Прикарпатті. Загальна площа оцінюється у кілька тисяч гектарів, проте точні дані можуть варіюватися, оскільки вирощування культури частково здійснюється на невеликих фермерських господарствах [10, 12, 16, 20].

Відзначимо, що останніми роками попит на спельту зростає через її цінність для здорового харчування та дієтичних потреб, що стимулює зацікавленість у розширенні посівних площ.

Систематична корекція сортового складу залежно від регіональних умов та параметрів врожайності дозволяє

оптимізувати розміщення сортів, маневрувати посівними площами й забезпечувати вчасну зміну сортів, що позитивно впливає на загальний врожай. Застосування двох-трьох сортів, що різняться за біологічними та господарськими характеристиками, дозволяє стабілізувати й підвищити врожайність порівняно з вирощуванням одного сорту.

Однак, забезпечення високоякісних і конкурентоспроможних урожаїв озимої спельти в Поліссі України ускладнюється наявністю комплексу грибкових хвороб. Серед них особливо небезпечним і шкідливим є септоріоз, який здатен суттєво знижувати врожайність, погіршувати якість зерна і негативно впливати на економічну доцільність вирощування цієї культури.

Наразі існують різноманітні методи захисту рослин від мікозів, включаючи агротехнічні, хімічні та біологічні заходи. Однак для досягнення максимальної ефективності у протидії хворобам необхідно враховувати біологічні особливості збудників і реакцію рослин на патогени за різних екологічних умов. Важливим аспектом є детальне вивчення взаємодії між збудником і рослиною-господарем у процесі онтогенезу, а також визначення параметрів шкідливості фітопатогена. Саме тому виділення сортів озимої спельти з підвищеною стійкістю до септоріозу та високим потенціалом врожайності стає одним із найактуальніших завдань сучасного рослинництва.

Останні дослідження у сфері агрономії та фітопатології звертають увагу на проблемах, пов'язаних зі стійкістю зернових культур до хвороб, зокрема до септоріозу. Септоріоз, викликається грибами роду *Septorias* spp., є одним із найбільш руйнівних захворювань, яке може суттєво знизити врожайність та якість зерна у тому числі й спельти озимої [3, 11, 14, 15, 19].

Результати досліджень показують, що вибір стійких сортів спельти є критично важливим для оптимізації її виробництва в

Україні. Вчені, зокрема, аналізують генетичні ресурси культури, намагаючись виявити сортові особливості, які забезпечують природну стійкість до септоріозу. Результати генетичних досліджень вказують на важливість включення ознак стійкості в селекційні програми. Дослідники наголошують на необхідності тестування нових сортів у різних агроекологічних умовах для виявлення найкращих кандидатів, здатних протистояти збудникам захворювання [1, 2, 13, 15].

Крім того, розглядаються інтегровані підходи до управління хворобами, які включають агротехнічні методи, біологічні препарати та хімічний захист. Наприклад, дослідження показують, що комбінація сівозміни, оптимальних норм добрив і біологічних препаратів може суттєво знизити ризик розвитку септоріозу [5–7, 17].

Окрему увагу науковці приділяють вивченню екологічних факторів, які впливають на стійкість спельти до захворювань. Встановлено, що погодні умови, такі як вологість, температура та інші агрокліматичні показники, істотно впливають на розвиток мікозів [8, 11, 18]. Це підтверджує важливість проведення тривалих моніторингових досліджень, що дозволяють коригувати агрономічні практики залежно від змін навколишнього середовища.

Загалом, аналіз останніх досліджень свідчить про необхідність комплексного підходу до оцінки стійкості сортів спельти озимої до септоріозу, що включає генетичні, агрономічні та екологічні аспекти. Це дозволить не лише підвищити продуктивність спельти в Україні, але й забезпечити її стійкість до основних патогенів у майбутньому.

Матеріали і методи. Польові дослідження із вивчення стійкості сортів спельти озимої до ураження септоріозом здійснювали впродовж 2021–2024 рр. в умовах ТОВ «ВЕГА АГРО» Житомирського району Житомирської області.

У лабораторії кафедри технологій у рослинництві проводили дослідження та ідентифікацію збудників септоріозу – *Septoria tritici* Rob.et Desm. та *St. nodorum* Berk.

Ґрунти дослідних ділянок – сірі лісові легкосуглинкові, які характеризуються низьким вмістом гумусу, що варіює в межах від 1,68 до 1,96 %. Забезпеченість ґрунту іншими показниками становить: вміст легкогідролізованого азоту – в межах від 79 до 117 мг/кг, рухомого фосфору – 145–185 мг/кг та обмінного калію – 79–114 мг/кг відповідно. Гідролітична кислотність становила від 2,3 до 4,0 мг-екв./100 г ґрунту.

Одним із ключових елементів клімату, який визначає умови формування та характер погоди, є температура повітря та опади, які суттєво впливають на розвиток збудників септоріозу.

Аналіз погодних умов протягом років проведення дослідження вказує на те, що температурний режим, сума опадів та відносна вологість повітря в період вегетації озимої спельти варіювали у своїх показниках, неодноразово перевищуючи або ж знижуючи багаторічні норми. Ці коливання кліматичних факторів забезпечили можливість отримання вірогідних результатів дослідження, що стосуються розвитку септоріозу та оцінки стійкості сортів до цього захворювання. Важливість таких досліджень полягає у здатності визначити, як зміни в атмосферних умовах впливають на епідеміологію септоріозу та адаптивні можливості спельти озимої, що, своєю чергою, може слугувати основою для розробки ефективних агрономічних практик.

Для оцінки ураженості спельти озимої септоріозом використовували візуальний метод відповідно до загальноприйнятої методики. Облік інтенсивності ураження рослин збудниками хвороби проводили за 100-бальною шкалою, зокрема для листків пшениці *Septoria nodorum* і *S. tritici*, а для колосів – *S. nodorum*. Інтенсивність ураження першого, другого та третього

листка визначали візуально по діагоналі дослідних ділянок на 100 рослинах, проводячи облік в чотирикратній повторності.

Стійкість районуваних і перспективних сортів спельти до септоріозу оцінювали на ділянках площею 35 м², з чотирикратною повторністю. Варіанти розміщувалися послідовно.

Статистична обробка отриманих даних здійснювалася за допомогою прикладних комп'ютерних програм.

Результати та обговорення. *Septorias spp.* належить до класу *Dothideomycetes*, є важливим представником грибів, що викликають хвороби у рослин. Цей рід містить численні патогенні види, здатні завдавати значної шкоди сільськогосподарським культурам, зокрема злакам, такими як пшениця, ячмінь та спельта. Серед них найбільш часто зустрічаються *S. tritici* Rob. et Desm., *S. graminum* Desm., *S. nodorum* Berk. Збудники *S. tritici* й *S. graminum* уражують переважно листя і листові піхви, а *S. nodorum* – всі надземні органи.

Одним із найбільш шкідливих видів є *Septoria tritici* Rob. et Desm., що характеризується розвитком плям на листках, які згодом можуть призводити до значного зниження врожайності. Інший важливий представник – *Septoria nodorum* Berk., який також викликає септоріоз і має подібний вплив на культури.

Загалом, рід *Septoria* налічує понад 200 відомих видів, проте більшість з них є не патогенними або мають обмежений вплив на рослинність. Проте, завдяки своїй здатності до адаптації та розвитку резистентності до фунгіцидів, представники цього роду залишаються значною загрозою для агрономії. Іноді на одній і тій же рослині розвивається декілька видів збудників хвороби, грибниця яких розміщується у тканинах рослин по міжклітинниках.

Септоріоз є факультативним паразитом, здатним жити й розмножуватися на рослинах з пониженою життєздатністю, а також використовувати

мертві органічні залишки. Хвороба проявляється на листках, листових піхвах, стеблах і колосках, розвиваючись протягом усього вегетаційного періоду рослин.

Однак ураження листків вважається більш шкідливим у порівнянні з ураженням колосків (рис. 1).



a



b

Рис. 1. Симптоми ураження листя (*a*) та колоса (*b*) спельти озимої збудниками септоріозу

Симптоми септоріозу, викликаного *Septoria tritici*, проявляються на обох сторонах листків у вигляді лінійних плям жовто-коричневого, іржаво-бурого та зеленувато-бурого кольорів. У центрі плям, які іноді блискучі, може бути темно-пурпурний обідок, або ж його може не бути. Розмір плям коливається в межах 5–10 × 2–5 мм, і вони можуть зливатися, формуючи пікніди.

Молоде листя зазнає більшого ураження септоріозом, ніж старше, проте спороутворення відбувається інтенсивніше на старих листках.

Перші ознаки хвороби, спричиненої *S. nodorum*, з'являються на сходах рослин у формі бурих смужок і округлих плям, які призводять до потемніння всього колеоптіля та основи перших листків. На нижніх листках, а згодом і на верхніх ярусах, формуються численні дрібні подовгуваті (у вигляді штрихів) або темно-бурі плями з хлоротичним обідком, спочатку розміром 1–3 × 0,3–1 мм. Плями можуть зливатися, внаслідок чого листки засихають.

На колоскових лусках *S. nodorum* також викликає утворення темно-бурих плям, при цьому уражені ділянки тканини

світлішають, на яких виступають пікніди, всередині яких формуються пікноспори.

Під час дозрівання пікноспор у пікнідах епідерміс тканини рослини-господаря розривається, внаслідок чого пікноспори виштовхуються під дією осмотичного тиску. Вони поширюються по полю краплинами дощу та повітряними потоками, іноді на відстань 90–100 м. Найбільш інтенсивно пікноспори септоріозу разносяться під одночасним впливом дощу і вітру. Дощові краплі здатні розкидати їх на відстань до 50 см, а при вітрі зі швидкістю 3 м/с – до 2 м. Однак у випадку сильного вітру максимальна відстань перенесення пікноспор може досягати 500 м.

Для збудників септоріозу, які починають розвиватися на рослинах спельти, основним джерелом інфекції є конідії (пікноспори). Саме конідіальне спороношення відіграє ключову роль у розповсюдженні інфекції.

Потрапивши на листок, пікноспори проростають через продихи або на клітинах продихів. Проросткові трубочки проникають в рослину переважно через продихову щілину, рідше через епідерміс, іноді утворюючи потовщення, що нагадують апресорії.

За сприятливих умов літні пікноспори *S. tritici* проростають за 12–15 годин. Оптимальними умовами для зараження і подальшого розвитку патогена є температура 20–25 °С і відносна вологість повітря понад 80 %. Мінімальна температура для інфікування грибом *S. nodorum* становить +4 °С, оптимальна – +20...+24 °С, максимальна – +32 °С; для *S. tritici* відповідно 5, 20–25 і 30 °С. Пікноспори проростають у краплинах води та за 100 % відносною вологістю повітря.

Дослідження показали, що зараження збудниками септоріозу відбувається протягом усього вегетаційного періоду спельти, проте найбільш сприйнятливими рослини є в фазі колосіння і цвітіння.

Наявність сумчастої стадії у життєвому циклі збудника септоріозу становить особливу загрозу для агроєкосистем, оскільки вона призводить до підвищення внутрішнього генетичного різноманіття патогена. Це, своєю чергою, може викликати утворення нових штамів, які демонструють підвищену вірулентність або стійкість до фунгіцидів. Сумчаста стадія не лише сприяє еволюційним змінам збудника, але й значно впливає на епідеміологію хвороби, оскільки сумкоспори мають здатність переміщуватися повітряним шляхом під впливом вітру в умовах підвищеної вологості, забезпечуючи поширення на відстані до кількох кілометрів. Це робить контроль за захворюванням ще складнішим завданням, оскільки нові штами можуть швидко заселити нові території, підвищуючи ризик епідемічних спалахів на значних площах.

Перитеції формуються наприкінці вегетаційного періоду всередині рослинних тканин, переважно під епідермісом, як поодинокі структури або в лініях, іноді утворюючи скупчення. Спочатку вони мають кулясту форму, а згодом стають трохи приплюсканими. Сумчасте спороношення виконує функцію збереження патогена в несприятливих умовах.

Збудники септоріозу можуть зимувати в формах пікнід, міцелію та перитеціїв із сумками й сумкоспорами, переважно на рослинних рештках уражених рослин, що залишилися на поверхні ґрунту, а також на сходах падалиці, посівах озимих культур та бур'янах.

Додатковим джерелом інфекції може бути заражене насіння, оскільки гриб *S. nodorum* здатний зберігатися в патогенній формі в насінні до 10 років або більше, що залежить від сортових особливостей, вологості зерна та наявності інших мікроорганізмів.

Отже, основними джерелами інфекції септоріозу є уражене листя, рослинні рештки та насіння, в той час, як додатковими джерелами виступають бур'яни та культурні тонконогові трави.

Таким чином, проаналізувавши біологічні особливості розвитку збудників септоріозу актуальним залишається вивчення стійкості сортового складу спельти озимої до ураження патогеном у Поліссі України.

Продуктивність сортів спельти озимої є важливим показником, який визначає їх конкурентоспроможність на ринку зернових культур. Спельта, як одна з древніх злакових культур, привертає увагу агрономів завдяки своїй адаптації до різних умов вирощування та стійкості до хвороб. Однак, щоб досягти максимальної продуктивності, необхідно враховувати не лише сортові особливості, а й агротехнічні методи, які сприяють розвитку рослин. Важливою частиною цього процесу є правильний підбір сортів, що здатні демонструвати високу врожайність у конкретних агрокліматичних умовах. Продуктивність сортів спельти озимої варіює залежно від факторів навколишнього середовища, методів обробки ґрунту та використання добрив. Отже, оцінка продуктивності різних сортів спельти є актуальною для розвитку ефективного землеробства та забезпечення продовольчої безпеки.

Таким чином, впровадження в агровиробництво сортів, які мають стійкість до хвороб, є одним з найрадикальніших, екологічно безпечних і економічно вигідних заходів для отримання високих урожаїв. Наразі відомо, що повністю імунні до септоріозу сорти спельти відсутні. Однак існує ряд сортів, які демонструють певну стійкість до цього захворювання. Більшість сортів спельти озимої менш стійкі до збудника *Septoria tritici* в порівнянні з *S. nodorum*.

Одержання надійної порівняльної практичної оцінки нових сортів і добору найперспективніших із них для подальшого впровадження у виробництво потребує випробування їх у певних агроекологічних умовах.

Для досягнення поставленої мети була проведена оцінка стійкості районуваних і перспективних сортів спельти озимої до септоріозу, результати якої наведені в таблиці 1.

1. Стійкість районуваних і перспективних сортів спельти озимої до септоріозу в Поліссі Україна, 2021–2024 рр.

Назва сорту	Інтенсивність ураження, %					
	1–5 (високо стійкі)		5–15 (відносно стійкі)		15–25 (слабко сприйнятливі)	
	листя	колос	листя	колос	листя	колос
Європа	3,6					
МВ Мартонголд	2,4					
Вишиванка білоцерківська					16,2	
Аттергауер Дінкель	1,6					
Евріка		1,2	6,4			
Альберта			5,9			
Зоря України		1,4	7,7			
Білбері		1,0			15,4	
HP ₀₅	0,98	0,75	1,05	–	2,14	–

Дані свідчать про те, що сортів абсолютно стійких до септоріозу виявлено не було. Більшість районуваних і перспективних сортів спельти показали слабку або помірну сприйнятливості до септоріозу листя. Серед сортів із низькою сприйнятливостю найменше уражалися Аттергауер Дінкель, МВ Мартонголд та Європа рівень розвитку не перевищував 3,6 %.

У групі слабо сприйнятливих сортів до хвороби листя найвищих відсотків ураження – 16,2 і 15,4 зафіксовано на Білбері та Вишиванка білоцерківська.

Щодо ураження сортів септоріозом колосу, то із відносно стійких хвороб проявлялася на Білбері, Евріка та Зоря України – 1,0; 1,2; 1,4 % відповідно.

Серед вивчених сортів спельти озимої високою відносною стійкістю до септоріозу

характеризувалися Аттергауер Дінкель, МВ Мартонголд та Європа. Інтенсивність ураження їх листя становила відповідно 1,6; 2,4 і 3,6 % відповідно.

Сприйнятливості сортів спельти озимої до септоріозу є чинником, що впливає на величину врожаю зерна. Різний рівень стійкості сортів іноді корелюється з їх здатністю формувати високу врожайність, що підкреслює необхідні оцінки цього показника при виборі сортів для вирощування, що сприятиме підвищенню ефективності виробництва та покращенню економічних показників.

Відзначимо, що сприйнятливості сортів спельти озимої до септоріозу по-різному впливала на величину врожаю зерна (рис. 2).

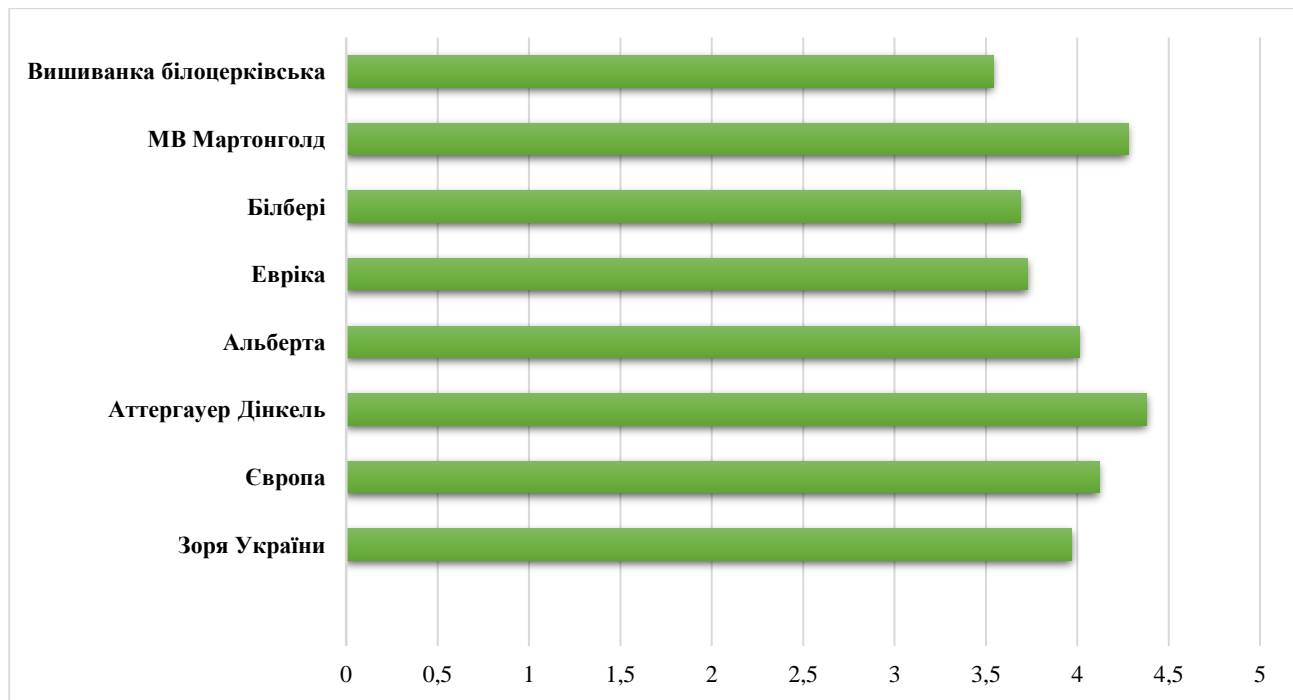


Рис. 2. Урожайність зерна сортів спельти озимої в Поліссі України, 2021–2024 рр.

Сорти спельти озимої формували врожай зерна на рівні 3,70–5,34 т/га. Найвищою вона була в сортів Аттергауер Дінкель – 4,38 т/га, МВ Мартонголд – 4,28 т/га та Європа – 4,12 т/га. Порівняно низькі врожаї зерна отримали із сортів Вишиванка білоцерківська, Евріка і Білбері (3,54; 3,73 і 3,69 т/га відповідно).

Отже, в Поліссі України виділено високоврожайні сорти культури – Аттергауер Дінкель, МВ Мартонголд та Європа. Вирощування цих сортів у господарствах різних форм власності дасть змогу скоротити обсяги застосування хімічних препаратів, знизить імовірність появи резистентних форм збудників в агроценозі та підвищить рентабельність. Вказані сорти спельти можуть використовуватися як вихідний матеріал для виведення більш стійких до хвороб зразків.

Список використаної літератури

1. Забіяка М. М. Системи сучасних – інтенсивних технологій : навч. посіб. Харків : «МИР». 2018. 300 с.
2. Забур'яненість посівів жита озимого залежно від способів обробки ґрунту в умовах переходу до органічного землеробства / М. М. Кравчук та ін. *Наукові горизонти*. 2020. № 1 (86). С. 39–45. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-86-1-39-45.

Висновки. Оцінка стійкості сортів спельти озимої до септоріозу підтверджує важливість вибору відповідних сортів для забезпечення стабільних врожаїв. Деякі з них демонструють відносну стійкість до даного захворювання. Проте сорти Аттергауер Дінкель, МВ Мартонголд та Європа показали найвищі результати за рівнем урожайності (4,38; 4,28; 4,12 т/га відповідно), що робить їх перспективними для подальшого вирощування в Поліссі України.

Подальші дослідження в даному напрямку можуть допомогти отримати новіштами та селекційні рішення для підвищення стійкості окремих сортів до септоріозу. Таким чином, систематичний підхід до оцінки стійкості сортів є необхідним для покращення продуктивності культури.

References

1. Zabiiaaka M. M. Systems of modern – intensive technologies : a textbook. Kharkiv : «MYR». 2018. 300 p.
2. Weed infestation of winter rye crops depending on soil cultivation methods in the conditions of transition to organic farming / M. M. Kravchuk et al. *Naukovi horyzonty*. 2020. No. 1 (86). P. 39–45. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-86-1-39-45.

3. Ковальов В. Б., Трембіцька О. І., Радко Т. В. Біологічна активність ґрунту за органічної системи вирощування культур у короткоротаційній сівозміні. Збірник наукових праць «Агпропромислове виробництво Полісся». 2015. Вип. 8. С. 15–20.
4. Лапчинський В. В. Пшениця спельта в органічній сівозміні. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. Вип. 28. С. 59–64.
5. Лисякова В. Р. Найурожайніші сорти озимої пшениці. *Пропозиція-А*. 2018. № 4. С. 44–50.
6. Панченко М. О., Лук'янович Ю. П. Якість зерна озимої пшениці та її амінокислотний склад білка. *Селекція і насіння*. 2015. Вип. 88. С. 95–105.
7. Технології біовиробництва (на основі біотехнологій) : навчальний посібник / М. М. Лісовий та ін. Житомир : ЖНАЕУ, 2018. С. 244.
8. Трембіцька О. І., Богдан С. В. Регенеративне сільське господарство у забезпеченні еколого-економічної безпеки. *Агросвіт*. 2023. № 21. С. 89–96. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2023.21.89>.
9. Andrews J. E., Combs B. L., Miller R. E. Spelt as an Alternative Wheat Crop in Organic Farming Systems. *Journal of Organic Agriculture*. 2006. Vol. 3 (2). P. 75–85.
10. Biological, Trophological, Ecological and Control Features of Horse-Chestnut Leaf Miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic.) / N. Lesovoy et al. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. Vol. 10 (3). P. 24–27.
11. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review / E. Escarnot et al. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 2012. Vol. 16 (2). P. 243–256.
12. Influence of hydrothermal conditions on growth characteristics and development for cereal and cereal pegum crops in Polissia of Ukraine / S. Stoliar et al. *Sciences of Europe*. 2023. Vol. 118. P. 3–7.
13. Integrated weed management of sorghum / R. S. Freitas et al. *Informe Agropecuario*. 2014. No. 35 (278). P. 112–119.
14. Jones J. M., Engleson J. Whole grains: Benefits and challenges. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 1 (1). P. 19–40. DOI: [10.1146/annurev.food.112408.132746](https://doi.org/10.1146/annurev.food.112408.132746).
15. Lacko-Bartosova M., Korczyk-Szabo J., Razny T. Triticum spelta – a specialty grain for ecological farming systems. *Research J. Agr. Sci.* 2010. Vol. 42, No. 1. P. 143–147.
16. Microbiota in Wheat Roots, Rhizosphere and Soil in Crops Grown in Organic and Other Production Systems / L. Lenc et al. *Journal of Phytopathology*. 2015. No. 163. P. 245–63.
17. Murphy K. M., Jones S. S. Relationship Between Yield and Baking Quality in Spelt Wheat. *Crop Science*. 2007. No. 47 (2). P. 534–539.
18. Phenological growth stages and BBCH-identification keys of cereals. Growth stages of Mono – and Dicotyledonous Plants: BBCH-Monograph / ed. U. Meier. Berlin; Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag, 1997. P. 12–16.
3. Kovalov V. B., Trembitska O. I., Radko T. V. Biological activity of soil under organic system of crops cultivation in short-rotation crop rotation. *Zbirnyk naukovykh prats «Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissia»*. 2015. Issue 8. P. 15–20.
4. Lapchynskiy V. V. Spelt wheat in organic crop rotation. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. 2018. Vol. 28. P. 59–64.
5. Lysiakova V. R. The most productive varieties of winter wheat. *Propozytsiia-A*. 2018. No. 4. P. 44–50.
6. Panchenko M. O., Lukianovych Yu. P. Quality of winter wheat grain and its protein amino acid composition. *Seleksiia i nasinnia*. 2015. Vol. 88. P. 95–105.
7. Technologies of bioproduction (based on biotechnology) : a textbook / M. M. Lisovyi at al. Zhytomyr : ZhNAEU, 2018. P. 244.
8. Trembitska O. I., Bohdan S. V. Regenerative agriculture in ensuring ecological and economic security. *Agrosvit*. 2023. No. 21. P. 89–96.
9. Andrews J. E., Combs B. L., Miller R. E. Spelt as an Alternative Wheat Crop in Organic Farming Systems. *Journal of Organic Agriculture*. 2006. Vol. 3 (2). P. 75–85.
10. Biological, Trophological, Ecological and Control Features of Horse-Chestnut Leaf Miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic.) / N. Lesovoy et al. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. Vol. 10 (3). P. 24–27.
11. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review / E. Escarnot et al. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 2012. Vol. 16 (2). P. 243–256.
12. Influence of hydrothermal conditions on growth characteristics and development for cereal and cereal pegum crops in Polissia of Ukraine / S. Stoliar et al. *Sciences of Europe*. 2023. Vol. 118. P. 3–7.
13. Integrated weed management of sorghum / R. S. Freitas et al. *Informe Agropecuario*. 2014. No. 35 (278). P. 112–119.
14. Jones J. M., Engleson J. Whole grains: Benefits and challenges. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 1 (1). P. 19–40. DOI: [10.1146/annurev.food.112408.132746](https://doi.org/10.1146/annurev.food.112408.132746).
15. Lacko-Bartosova M., Korczyk-Szabo J., Razny T. Triticum spelta – a specialty grain for ecological farming systems. *Research J. Agr. Sci.* 2010. Vol. 42, No. 1. P. 143–147.
16. Microbiota in Wheat Roots, Rhizosphere and Soil in Crops Grown in Organic and Other Production Systems / L. Lenc et al. *Journal of Phytopathology*. 2015. No. 163. P. 245–63.
17. Murphy K. M., Jones S. S. Relationship Between Yield and Baking Quality in Spelt Wheat. *Crop Science*. 2007. No. 47 (2). P. 534–539.
18. Phenological growth stages and BBCH-identification keys of cereals. Growth stages of Mono – and Dicotyledonous Plants: BBCH-Monograph / ed. U. Meier. Berlin; Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag, 1997. P. 12–16.

/ ed. U. Meier. Berlin; Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag, 1997. P. 12–16.

19. Protection of winter spelt against fungal diseases under organic production of phyto-products in the Ukrainian Polissia / M. M. Kliuchevych et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (1). P. 267–272.

20. Van Bruggen A. H., Gamliel A., Finckh M. R. Plant disease management in organic farming systems. *Pest Management Science*. 2016. No. 72. C. 30–44.

19. Protection of winter spelt against fungal diseases under organic production of phyto-products in the Ukrainian Polissia / M. M. Kliuchevych et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (1). P. 267–272.

20. Van Bruggen A. H., Gamliel A., Finckh M. R. Plant disease management in organic farming systems. *Pest Management Science*. 2016. No. 72. C. 30–44.

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-9

Оригінальна наукова стаття

УДК 582.663(292.485)

**ВМІСТ ЖИРНИХ КИСЛОТ В ОЛІЇ СОРТІВ АМАРАНТУ
ЗА ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ****М. Л. Тирусь¹, В. В. Лихочвор¹, Ю. М. Оліфір²**

¹Львівський національний
університет природокористування
вул. В. Великого, 1, м. Дубляни
Львівського р-ну Львівської обл.,
80381

²Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине
Львівського р-ну Львівської обл.,
81115

Про авторів:

Марія ТИРУСЬ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-9882-9540

Володимир ЛИХОЧВОР,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0003-0377-6157

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

Для листування:

Марія ТИРУСЬ
e-mail: tyrusmaria0408@gmail.com

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

7 жовтня 2024 р.

Погоджено до друку:

29 жовтня 2024 р.

Амарант є перспективною культурою для харчової, фармацевтичної та косметичної промисловості завдяки своєму унікальному хімічному складу. Його якісні показники залежать від виду, сорту та зони вирощування. У статті подано матеріали досліджень, які проведено у 2019–2022 рр. на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування на темно-сірому опідзоленому ґрунті. В умовах достатнього зволоження вивчали вміст жирних кислот у шести сортів амаранту: Студентський, Харківський 1, Лера, Ультра, Ацтек та Сем. Всі сорти амаранту мали майже однаковий склад за основними жирними кислотами. Найвищим у них був відсоток лінолевої кислоти (омега-6), залежно від сорту – 40,2–51,8 %, меншим – олеїнової (омега-9) – 25,6–37,1 % і найменшим – пальмітинової – 17,6–19,2 %. Вищий вміст лінолевої кислоти виявили у сортів Ацтек (51,8 %), Ультра (49,6 %) та Лера (47,1 %), що більше порівняно з іншими на 7–11 %. Найбільшою часткою цінної олеїнової кислоти характеризувалися сорти Харківський 1 (37,1 %), Студентський (36,7 %) та Сем (35,8 %), переважаючи інші на 9–11 %. Вміст пальмітинової кислоти був значно нижчий, ніж лінолевої та олеїнової, і мало залежав від сорту, коливаючись у невеликому діапазоні – 17,6–19,2 %. Відсоток ліноленової кислоти (омега-3) був низьким, у межах 0,4–1,3 %. Також виявлено невелику кількість арахідонової та ейкозенової кислот.

Ключові слова: амарант, сорти, вміст жирних кислот.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Тирусь М. Л., Лихочвор В. В., Оліфір Ю. М., 2024

The content of fatty acids in the oil of amaranth varieties grown in the conditions of the Western Forest-Steppe

¹Lviv National Environmental University
Volodymyra Velykoho street 1,
Dubliany, Lviv district, Lviv region,
80381

²Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5, Obroshyne
village, Lviv district, Lviv region,
81115

About authors:

Mariia TYRUS
ORCID: 0000-0002-9882-9540

Volodymyr LYKHOCHVOR
ORCID: 0000-0003-0377-6157

Yurii OLIFIR
ORCID: 0000-0002-7920-1854

For corresponding:

Mariia TYRUS
e-mail: tyrusmariia0408@gmail.com

Funding information:

Ministry of Education and Science
of Ukraine

Received:
October 7, 2024
Accepted:
October 29, 2024

Amaranth is a promising crop for the food, pharmaceutical and cosmetic industries due to its unique chemical composition. Its quality indicators depend on the species, variety of amaranth and the area of its cultivation. The article presents research materials conducted in 2019–2022 at the research field of the Department of Technologies in Plant Breeding of the Lviv National University of Nature Management on dark-gray podzolized soil. Under conditions of sufficient moisture, the content of fatty acids in six varieties of amaranth was studied: Studentskyi, Kharkivskyi 1, Liera, Ultra, Aztec, and Sem. All varieties of amaranth had almost the same composition in terms of main fatty acids. They had the highest content of linoleic acid (omega-6), depending on the variety – 40.2–51.8 %, lower content of oleic acid (omega-9) – 25.6–37.1 %, and the lowest content of palmitic acid – 17.6–19.2 %. Among the varieties, the highest content of linoleic acid was found in Aztec (51.8 %), Ultra (49.6 %) and Liera (47.1 %), which is 7–11 % higher than in other varieties. Kharkivskyi 1 (37.1 %), Studentskyi (36.7 %) and Sem (35.8 %) varieties were characterized by the highest content of valuable oleic acid, prevailing over other varieties by 9–11 %. The content of palmitic acid was much lower than that of linoleic and oleic acid, and the percentage of this acid depended little on the variety, varying in a small range – 17.6–19.2 %. The content of linolenic acid (omega-3) was low, in the range of 0.4–1.3 %. Small amounts of arachidonic and eicosenoic acids were also detected.

Keywords: amaranth, varieties, content of fatty acids.

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

Вступ. Серед культурних амарантів види *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus* і *Amaranthus hypochondriacus* мають найвищу харчову цінність. Вони перспективні для фармацевтичної промисловості і виробництва багатьох функціональних продуктів харчування завдяки унікальному хімічному складу. У зерні міститься 14 % білка, 7 % ліпідів, 65 % вуглеводів, 7 % харчових волокон, 3 % золи, 11 % води [25].

Дуже цінною є і олія амаранту. Унікальний склад робить її корисним інгредієнтом у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості [24]. Амарантова олія має багатий склад корисних речовин. Більшу частину (понад

70 %) становлять ненасичені жирні кислоти, як-от: лінолева, олеїнова, ліноленова, арахідонова та пальметолеїнова. Олія також містить значну кількість фосфоліпідів (більше ніж 9 %), серед яких переважає фосфатидилхолін. Крім того, в амарантовій олії присутній сквален (понад 8 %), вітамін Е (близько 2 %), фітостероли (більше ніж 2 %), а також каротиноїди, які є попередниками вітаміну А. До складу входять також вітамін D та жовчні кислоти. Олія багата на різноманітні мінерали, включаючи калій, залізо, фосфор, кальцій, магній та мідь, серед інших макро- і мікроелементів [6].

Склад жирних кислот у рослинних оліях є ключовим фактором, що визначає їх застосування в різних сферах. У харчуванні олії з високим вмістом ненасичених жирних кислот вважаються більш корисними для здоров'я людини, оскільки можуть сприяти зниженню рівня холестерину та ризику серцево-судинних захворювань. У фармакології певні жирні кислоти мають терапевтичні властивості, що робить їх цінними для виробництва ліків та харчових добавок. У промисловості різні типи жирних кислот надають оліям специфічні властивості, важливі для виробництва косметики, мастильних матеріалів, фарб тощо. Головна перевага рослинних олій полягає в наявності ненасичених жирних кислот, особливо поліненасичених, таких як омега-3 та омега-6. Ці кислоти є незамінними, тобто не синтезуються в організмі, і повинні надходити з їжею. Вони беруть участь у важливих метаболічних процесах, мають протизапальні властивості, сприяють здоров'ю серця, мозку та інших органів. Таким чином, склад жирних кислот не лише визначає сфери застосування олій, але й їх цінність для здоров'я людини [11].

Жири відіграють важливу роль у забезпеченні організму енергією, будучи одним із ключових харчових компонентів. Світ жирних кислот надзвичайно різноманітний – їх налічують понад 200 видів. Людське тіло має здатність самостійно виробляти багато жирних кислот. Однак існують винятки – поліненасичені жирні кислоти, зокрема лінолева (відома як омега-6) та альфа-ліноленова (омега-3). Ці кислоти організм не може синтезувати самостійно, тому вони мають надходити з їжею щодня.

Цікаво зазначити, що в сучасному раціоні наявний дисбаланс між цими двома важливими кислотами. Омега-6 зазвичай присутня в надлишку в багатьох продуктах, які ми споживаємо. Натомість омеги-3 часто бракує в раціоні більшості людей, що створює значний дефіцит цієї важливої кислоти. Це свідчить про потребу приділяти особливу увагу включенню

джерел омеги-3 у щоденне харчування для підтримки оптимального балансу жирних кислот в організмі [13].

Омега-3 включає три основні кислоти: альфа-ліноленову, докозагексаєнову та ейкозапентаєнову. Вони мають важливе значення для здоров'я людини, виконуючи три ключові функції. По-перше, діють як біорегулятори, створюючи основу для ейкозаноїдів – гормоноподібних речовин, які керують різними біохімічними процесами в організмі. По-друге, виконують структурну роль, будучи компонентами клітинних мембран, особливо в мозку, кровоносних судинах, серці та очах. Нарешті, омега-3 жирні кислоти слугують важливим джерелом енергії для організму, виконуючи енергетичну функцію [10].

Омега-3 жирні кислоти сприяють зниженню загального рівня холестерину, зменшуючи кількість "поганого" холестерину (ЛПНЩ) і збільшуючи "добрий" холестерин (ЛПВЩ). Поширені рослинні олії, такі як соняшникова та кукурудзяна, майже не містять омеги-3. Оливкова олія, яку часто вважають однією з найкорисніших, не містить омеги-3 і має низький вміст омеги-6. Найбагатшими джерелами омеги-3 серед рослинних олій є лляна та рижієва. Менший, але все ще значний вміст омеги-3 мають олії з конопель, ріпаку, сої та амаранту [10].

Омега-6 включає три основні жирні кислоти: лінолеву, арахідонову та гамма-ліноленову. Ця група має корисні лікувальні властивості, допомагаючи при артриті, атеросклерозі, розсіяному склерозі та шкірних захворюваннях. Омега-6 знижує рівень шкідливого холестерину та зменшує інтенсивність запалень. Вона також підтримує здорове функціонування мозку. Однак важливо зазначити, що позитивний вплив омеги-6 проявляється лише за умови балансу з омегою-3. Саме дотримання оптимального співвідношення між цими двома типами жирних кислот є ключовим у реалізації їх корисних властивостей для організму [10].

Олеїнова кислота належить до групи омега-9, є компонентом кожної клітини та виконує численні функції: знижує ризик цукрового діабету, регулює рівень холестерину, підвищуючи “добрий” холестерин (ЛПВЩ), підтримує здоров'я судин та імунної системи, запобігає ожирінню, нормалізує метаболізм і синтез гормонів. Вживання продуктів, багатих на омега-9, може слугувати профілактикою тромбозів, раку та діабету. Важливо відзначити, що людський організм здатний самостійно синтезувати омега-9, але для цього потрібна наявність достатньої кількості омега-3 та омега-6 жирних кислот [10, 28].

Пальмітинова кислота (C_{16:0}) відіграє ключову роль у харчуванні немовлят. У грудному молоці вона становить найбільшу частку серед усіх жирних кислот, приблизно 25 %, і є головним джерелом енергії. Через це важливе значення виробники дитячих молочних сумішей додають до них жирові компоненти, які перетворюються на пальмітинову кислоту. Мета – досягти такої ж її кількості, як у грудному молоці. Пальмітинова кислота міститься у різних природних продуктах, найбагатшим серед яких є пальмова олія, де її вміст сягає приблизно 45 %. Інші значні джерела включають жир коров'ячого молока, какао-олію, бавовняну олію, сало та тваринний жир, де частка пальмітинової кислоти становить близько 25–26 % [10, 30].

Вміст жиру в зерні амаранту варіюється і впливає на його якість та застосування. Зазвичай цей показник становить 4–5 %, а зерно з 6 % жиру вважають більш якісним. Сорти з вмістом жиру понад 7 % класифікують як високоолійні. Амарант з 9–10 % жиру трапляється рідко. Такі сорти зазвичай використовують не для звичайного споживання, а спеціально для виробництва олії та отримання сквалену. Це пов'язано з винятково високим вмістом жиру, що робить їх особливо цінними для цих конкретних цілей [8].

Є різні експериментальні дані щодо цього показника. Вміст олії в сортах амаранту коливався від 4,57 до 5,55 % [15]. Відсоток жиру становив 7,2 % [20]. За іншими даними, він залежав від виду амаранту: *A. cruentus* – 5,6–8,1 %, *A. hypochondriacus* – 6,1–7,3 %, *A. caudatus* – 5,8–10,9 % [19]. У деяких дослідженнях виявлено більші параметри, вміст олії був на рівні 8 % [32].

Завдяки наявності сквалену та токоферолів, які діють як антиоксиданти, амарантова олія має високу стійкість до окислення. У середньому в ній міститься 21,3 % пальмітинової кислоти, 28,2 % олеїнової та 46,5 % лінолевої [12].

У наших дослідженнях найвищий вміст олії був у сорту Ацтек – 8,2 %. Високі показники виявлено також в насінні сортів Студентський та Харківський 1, де вони становили відповідно 7,6 та 7,8 %. Найнижчий вміст олії був у сорту Ультра, лише 5,0 %, що менше на 3,2 % порівняно з сортом Ацтек. Завдяки високій врожайності вихід олії з 1 га був найвищий у сорту Харківський 1, незважаючи на те, що він поступався сорту Ацтек. Найнижчим вихід олії з 1 га був у сорту Ультра [27].

У науковій літературі можна знайти різні показники вмісту жирних кислот в амаранті. За даними дослідників [5], в олії амаранту переважають лінолева, олеїнова, пальмітинова жирні кислоти. Подібні результати одержано у дослідженнях [22], найбільший вміст в амаранті мали ті ж жирні кислоти: олеїнова, лінолева. Зазначено, що олії містять 70 % олеїнової та лінолевої кислоти, 2,0 % стеаринової, 1 % ліноленої [2]. Такі ж показники подано в інших дослідженнях: вміст лінолевої – 49,2 %, олеїнової – 14,6 %, пальмітинової – 6,2 %, стеаринової – 2,0 %, ліноленої кислоти – 1,6 % [3]. Основними жирними кислотами в усіх досліджених оліях амаранту були лінолева (36,7–55,9 %), олеїнова (18,7–38,9 %) та пальмітинова (19,1–23,4 %) [28]. Подібні дані наведено в іншому джерелі: частка лінолевої кислоти – 51,5–53,5 %, олеїнової – 14,8–18,4 %, ліноленої – 1,6–1,8 % [3].

пальмітинової – 15,7–17,1 %, стеаринової – 3,6–4,1 % [32]. У дослідженнях [14] вміст лінолевої кислоти становив 39,7 %, олеїнової – 30,65 %, пальмітинової – 12,03 %.

Вказано, що найбільше в олії амаранту міститься лінолевої кислоти (до 50 %), частка пальмітинової становить 20,0–27,0 %, олеїнової – 21,8–23,3 %, лінолевої – 44,1–51,2 % [7].

Про переважання в олії амаранту лінолевої та олеїнової кислот стверджують також в інших дослідженнях. За даними M. Szabóová et al., вміст жирних кислот був таким: лінолевої (C_{18:2}) – 39,7–46,0 %, олеїнової (C_{18:1}) – 26,3–33,1 %, пальмітинової (C_{16:0}) – 19,7–20,1 %, стеаринової (C_{18:0}) – 3,4–3,7 %, альфа-ліноленової (C_{18:3}) – 0,7–0,8 %, арахідонової – 0,5 %, ейкозенової – 0,3 % [15].

Такі ж дані одержано в дослідженнях [21]. Лінолева кислота становить понад 50 % від загальної кількості жирних кислот і тому є найпоширенішою серед них. Менший відсоток займають олеїнова (понад 25 %), пальмітинова (близько 20 %) і ліноленова (близько 1 %) [21].

У олії амаранту виду *A. cruentus* виявлено високий вміст незамінних жирних кислот n-6 (лінолевої) та n-9 (олеїнової). Частка лінолевої кислоти становила від 19 до 34 %, олеїнової – від 29 до 36 % і альфа-ліноленової – від 0,3 до 0,5 % [23].

За іншими даними, в олії всіх видів амаранту (*A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. hypochondriacus*, *A. hybridus*, *A. tricolor*, *A. dubius*) найбільше міститься лінолевої (C_{18:2}) кислоти – 34–56 %, олеїнової (C_{18:1}) – 15–39 %, пальмітинової (C_{16:0}) – 12–27 % [12].

Майже в усіх дослідженнях вказано, що найвищим є вміст лінолевої жирної кислоти (43,2–55,5 %). Рівень олеїнової становив 23,5–34,0 %, пальмітинової – 20,1 %, стеаринової – 2,1–2,3 %, ліноленової – 0,2–0,6 % [1]. Подібні результати одержали інші вчені. Так, вміст лінолевої знаходився в межах 39,4–49,1 %,

олеїнової – 22,8–31,5 %, пальмітинової – 21,4–23,8 % [26]. Частка лінолевої кислоти становила 38–62 %, олеїнової – 20–33 %, ліноленової – 1,1 % [29].

Вміст жирних кислот у сирому насінні виду *A. hypochondriacus* залежно від сорту становив: лінолевої (C_{18:2}) – 45,33–46,45 %, олеїнової (C_{18:1}) – 29,41–31,60 %, пальмітинової (C_{16:0}) – 15,45–18,61 %, стеаринової (C_{18:0}) – 1,8–11,9 %, ліноленової (C_{18:3}) – 1,14–1,56 %, арахідонової (C_{20:4}) – 0,51–1,19 % [16].

Дослідники виявили відмінності у хімічному складі рослин залежно від кліматичних умов їх вирощування. У південних широтах зерно характеризується більшим вмістом насичених жирних кислот. Це може бути пов'язано з адаптацією рослин до вищих температур та інтенсивнішого сонячного випромінювання. Натомість у північних регіонах спостерігається інша тенденція: у зерні переважають моно- та поліненасичені жирні кислоти. Така особливість може бути результатом пристосування рослин до холоднішого клімату. Ця відмінність у складі жирних кислот впливає на властивості та використання олій, отриманих у різних кліматичних зонах [6].

Підтвердженням цього є вивчення хімічного складу амаранту залежно від походження. В олії з Індії переважали олеїнова (38,7 %), пальмітинова (38,4 %) та лінолева (6,8 %) жирні кислоти. В олії з Туреччини містилося більше пальмітинової (33,1 %), олеїнової (31,7 %) та лінолевої (22,6 %) кислоти [9].

За іншими даними, склад жирних кислот в олії, отриманій з насіння амаранту, найбільшою мірою залежав від сортових ознак, а потім визначався погодними умовами в роки досліджень та рівнем внесення азотних добрив [31].

Вміст лінолевої кислоти у сорті червоного амаранту (46,39 %) був орієнтовно на 10 % вищий, ніж у білому (35,73 %) та коричневому (36,55 %). Підвищений рівень лінолевої кислоти в червоному амаранті компенсується

зниженням частки олеїнової кислоти на 10 % порівняно з іншими сортами. Вміст пальмітинової кислоти в амарантах знаходився в діапазоні 20,81–21,09 %, тобто без статистичної різниці між сортами [18].

В умовах Узбекистану в сортів Харківський 1, Лера і Геліос відсоток пальмітинової кислоти теж мало залежав від сорту і був майже однаковим – відповідно 23,19; 22,60 та 22,80 %. За кількістю олеїнової кислоти переважав сорт Харківський 1 – 31,31 %, тоді як у сорту Лера цей показник становив 24,67 %, а Геліос – 28,80 %. Найвищий рівень лінолевої кислоти (47,01 %) виявили у сорту Лера, у сорту Геліос він становив 42,83 % і Харківський 1 – 40,16 %. Вміст ліноленової кислоти коливався залежно від сорту в межах 1,17–1,65 % [13].

Частка жирних кислот залежала також від виду амаранту. В олії *A. cruentus* містилося 16–27 % пальмітинової кислоти, 20–39 % олеїнової та 34–47 % лінолевої. У *A. caudatus* вміст пальмітинової кислоти становив 12–20 %, олеїнової – 24–33 %, лінолевої – 36–50 %. У виду *A.*

hypochondriacus вміст жирних кислот був таким: пальмітинової – 18–24 %, олеїнової – 16–34 %, лінолевої – 39–52 %. В *A. hybridus* частка пальмітинової кислоти коливалася в межах 19–22 %, олеїнової – 19–26 % і лінолевої – 47–56 % [12].

За даними Н. Б. Гудковської, жирнокислотний склад зерна амаранту був таким. *Насичені* жирні кислоти представлені пальмітиновою (C_{16:0}) – до 21 %, стеариною (C_{18:0}) – 3,33–3,90 %, арахідоною (C_{20:0}) – до 0,82 %, бегеновою (C_{22:0}) – до 0,30 % та лауриною (C_{14:0}) – 0,10–0,18 %; *мононенасичені* – в основному олеїновою кислотою (C_{18:1}) – до 40 %, пальметолеїновою (C_{16:1}) – 0,47–0,69 %, ейкозеновою (C_{20:1}) – до 0,35 %. Більшість *поліненасичених* жирних кислот становить лінолева (C_{18:2}) – до 50 %, також входить ліноленова (C_{18:3}) – до 1,26 % [6]. Способи та строки сівби майже не впливали на жирнокислотний склад зерна амаранту.

У дослідженнях [2] біохімічний склад олії амаранту був таким (табл. 1). Найбільшу частку також займала лінолева кислота.

1. Біохімічний склад олії амаранту сорту Ультра (за даними Т. І. Гопцій та ін.)

Показник	Значення
Кислотне число, мг КОН	5,4
Перекисне число, ммоль/кг	9,56
Йодне число, мг I ₂	131,74
Сквален, %	11,25
Токофероли, %	0,28
Жирні кислоти, %	87,16
олеїнова	32,24
лінолева	39,12
ліноленова	0,27
пальмітинова	15,06

Матеріали і методи.

Експериментальну роботу проводили у 2019–2022 рр. Амарант вирощували на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського НУП. Ґрунт – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий, характеризується такими показниками: вміст гумусу (за методом Тюріна) – 2,10 %, рН – 6,08, легкогідролізного азоту – 110 мг/кг ґрунту,

рухомих форм фосфору (за методом Чирикова) – 128 мг/кг ґрунту, рухомих форм калію (за Чириковим) – 114 мг/кг ґрунту.

Вивчали шість сортів: Студентський, Харківський 1, Лера, Ультра, Ацтек та Сем.

Технологія вирощування. Попередник амаранту – пшениця озима. Після збирання попередника поле дискували і проводили зяблеву оранку. Восени під оранку внесли

фосфорні і калійні добрива – $P_{60}K_{120}$. Навесні, за першої можливості увійти в поле, було зроблено закриття вологи з наступними двома культиваціями. Передпосівний обробіток ґрунту проводили на глибину загортання насіння за допомогою комбінованого знаряддя «Компактор». Азотні добрива (N_{160}) внесли навесні під передпосівний обробіток ґрунту. Сіяли рядковим способом на глибину 2 см 25 квітня в усі три роки досліджень. Норма висіву становила 0,4 млн шт./га. Використовували сівалку «Хорш Пронто 4 ДС». Збирання амаранту проводили у два етапи: скошування – у фазі повної стиглості насіння в нижній і середній частинах волоті, після підсихання волоті обмолочували.

Відбір зразків насіння амаранту та підготовку їх до аналізування проводили згідно з ДСТУ ISO 542:2006, ДСТУ 4601:2006, ДСТУ ISO 664:2007, ДСТУ ISO 5509:2002.

Загальний вміст олії в насінні амаранту визначали за масою сухого знежиреного залишку з використанням стандартизованого еталонного методу в апараті Сокслета шляхом екстракції на водяній бані протягом 8–10 год. Як органічний розчинник застосовували петролейний ефір з температурою кипіння 40–65 °С (ДСТУ 7577:2014).

Визначення жирнокислотного складу олії амаранту проводили модифікованим методом Пейскера газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот на хроматографі «CHROM-5» (Чехія) з полум'яно-іонізаційним детектором в ізотермічному режимі. Умови хроматографування: скляні колонки розміром 3,5 м, внутрішнім діаметром 3 мм, заповнені сорбентом Chromosorb WAW 100–120 mesh із нанесеною сумішшю стаціонарних фаз SP-2300 2 %, SP-2310 3 %. Швидкість проходження газу 35 мл/хв, повітря – 300 мл/хв, газ-носії – азот. Температура колонки – 200 °С, випаровувача – 230 °С, полум'яно-іонізаційного детектора – 240 °С. Швидкість діаграмної стрічки – 200 мм/год,

чутливість шкали – 10-9А, об'єм проби, яку вносили, – 5 мкл. Ідентифікували жирні кислоти за піками на газовій хроматограмі, порівнюючи час їх утримання з часом утримання піків стандартних чистих речовин з відомим якісним та кількісним складом. Кількісну оцінку спектра жирних кислот проводили методом нормування площин піків етилованих похідних та визначали їхній склад у відсотках (ГОСТ 30418-96).

Статистичну обробку отриманих даних проводили за допомогою програм Microsoft Excel і «Statistica 6.0».

Результати та обговорення.

Завданням досліджень було встановити вміст жирних кислот в олії сортів амаранту за вирощування їх в умовах достатнього зволоження Західного Лісостепу України.

Аналіз частки жирних кислот в олії амаранту показав, що сорт має значний вплив на цей показник. Так, найбільший рівень важливої олеїнової кислоти (омега-9) був у сортів Харківський 1, Студентський та Сем – відповідно 37,1; 36,7; 35,8 % (табл. 2). Коефіцієнт кореляції засвідчив помірний негативний зв'язок – $r = -0,42$. Меншим вмістом (29,3 %) цієї кислоти характеризувався сорт Лера, і найменше її було у сортів Ультра (26,8 %) та Ацтек (25,6 %). Різниця за цим показником між сортами Харківський 1 та Ацтек становила 11,5 %.

За рівнем лінолевої кислоти (омега-6) спостерігали протилежну закономірність. У сортів Студентський, Харківський 1 та Сем відсоток лінолевої кислоти був нижчим – відповідно 40,8; 40,9; 41,2 %. Сорти Ацтек, Ультра та Лера мали підвищений вміст цієї кислоти – 51,8; 49,6; 47,1 %. Коефіцієнт кореляції засвідчив дуже слабкий вплив – $r = 0,02$.

Сорт майже не мав впливу на рівень пальмітинової кислоти. Він коливався у невеликому діапазоні – від 17,6 до 19,2 %. Коефіцієнт кореляції засвідчив помірний негативний зв'язок – $r = -0,42$. Така ж закономірність була характерна для вмісту лінолевої кислоти, який змінювався від 1,0 до 1,3 %. Лише у сорту Ацтек частка

лінолевої кислоти була удвічі меншою порівняно з іншими сортами. Коефіцієнт

кореляції засвідчив помірний вплив – $r = 0,41$.

2. Вміст жирних кислот в олії амаранту залежно від сорту, середнє за 2019–2021 рр., %

Сорт	Лінолева	Олеїнова	Пальмітинова	Ліноленова
Студентський	40,8	36,7	18,2	1,3
Харківський 1	40,9	37,1	17,6	1,3
Лера	47,1	29,3	19,2	1,1
Ультра	49,6	26,8	18,7	1,0
Ацтек	51,8	25,6	18,5	0,4
Сем	41,2	35,8	17,8	1,2

Для подальших досліджень у 2020–2022 рр. було вибрано сорт Харківський 1 з найкращою якістю олії. Визначали не тільки частку трьох основних жирних кислот, а також інших з меншим їх вмістом. Результати майже не відрізнялися від попередніх досліджень. У середньому за три роки найвищим був рівень лінолевої кислоти – 40,2 % (табл. 3). Вміст олеїнової кислоти становив 37,0 %, а пальмітинової –

17,2 %. Стеаринова жирна кислота містилася в олії амаранту в кількості 3,1 %, ліноленова – 1,2 %. Частка інших кислот була значно нижчою. Так, показник арахідонової кислоти становив лише 0,6 %, а ейкозенової – 0,2 %. Рівень жирних кислот майже не залежав від гідротермічних умов року, змінюючись у межах 1–3 %.

3. Вміст жирних кислот у олії амаранту сорту Харківський 1, %

Жирні кислоти	Роки			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Лінолева, C _{18:2} , омега-6	39,6	40,6	40,4	40,2
Олеїнова, C _{18:1} , омега-9	36,5	37,4	37,1	37,0
Пальмітинова, C _{16:0}	17,0	17,4	17,2	17,2
Стеаринова, C _{18:0}	3,0	3,2	3,1	3,1
Ліноленова, C _{18:3} , омега-3	1,2	1,2	1,2	1,2
Арахідонова, C _{20:4}	0,6	0,6	0,6	0,6
Ейкозенова, C _{20:1}	0,2	0,2	0,2	0,2
НІР ₀₅ , %	4,36	6,55	3,60	

Подібні результати одержано у дослідженнях Т. І. Гопцій та ін. [2]: вміст лінолевої кислоти становив 38,00 %, олеїнової – 35,70 %, пальмітинової – 21,57 %, стеаринової – 3,42 %, ліноленової – 1,02 %. Серед досліджуваних видів (*A. caudatus*, *A. mantegazzianus*, *A. hybridus*, *A. cruentus*, *A. hypochondriacus*) найкращу якість олії відзначено в *A. hypochondriacus*, де найвищий вміст олеїнової кислоти і найнижчий пальмітинової порівняно з іншими видами.

Жирнокислотний склад олії амаранту, вирощеного на Півдні України, подано також в іншій праці. Олія амаранту складається в основному з трьох кислот: пальмітинової, олеїнової та лінолевої. У сорту Харківський 1 вміст жирних кислот був таким: олеїнової – 40,16 %, лінолевої – 36,31 %, пальмітинової – 21,56 %, стеаринової – 1,48 %, ліноленової – 0,48 %, ейкозенової – 0,17 %. З усіх зразків Харківський 1 суттєво вирізняється в бік зменшення частки лінолевої кислоти (до 36,31 %). Усі інші містять 45–48 %

лінолевої кислоти в олії. Друга за кількістю – олеїнова кислота (27–40 %). Відповідно достовірно вирізняється високим вмістом (40,16 %) сорт Харківський 1. Рівень пальмітинової кислоти в олії амаранту становив 18,67–22,50 % [4].

У дослідженнях, проведених у Словаччині, ліолева, пальмітинова та олеїнова кислоти теж домінували в усіх зразках олії. Рівень лінолевої кислоти становив 33,3–38,7 % (*A. cruentus*) та 31,7–47,5 % (*A. hypochondriacus*) у 2010 р. та 34,6–39,9 % (*A. cruentus*) і 34,1–44,5 % (*A. hypochondriacus*) у 2011 р. Також спостерігали менший вміст стеаринової, α -ліноленової та арахідонової кислоти. Ейкозенова та бегенова кислоти були присутні у невеликих кількостях [17].

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: 10.47414/np.30.2022.268938.
2. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування : монографія / Т. І. Гопцій та ін. Харків : ХНАУ, 2018. 362 с.
3. Валентюк Н. О. Удосконалення технології післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.02. Одеса, 2019. 23 с.
4. Ведмедєва К. В., Махова Т. В., Левченко В. І. Перспективи використання амаранту *Amaranthus caudatus* як олійної культури на Півдні України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 31. С. 33–45. DOI: 10.36710/ioc-2021-31-04.
5. Высочина Г. И. Амарант (*Amaranthus*): химический состав и перспективы использования. *Химия растительного сырья*. 2013. № 2. С. 5–14.
6. Гудковська Н. Б. Жирнокислотний склад зерна амаранту, вирощеного в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2017. № 21. С. 76–84.
7. Резніченко В. П., Андрієнко О. О., Васильковська К. В. Нові виклики часу – пластичні культури для зони ризикованого землеробства. *Topical aspects of modern science and practice : abstracts of I International scientific and practical conference*, 21–24 September. Frankfurt am Main, 2020. С. 41–44. URL: <https://isg-konf.com/topical-aspects-of-modern-science-and-practice-en/> (last accessed: 10.06.2024).

Висновки. Всі сорти амаранту мали найвищий вміст лінолевої кислоти (40,2–51,8 %), олеїнової (25,6–37,1 %) та пальмітинової (17,6–19,2 %). Вищий відсоток лінолевої кислоти був у сортів Ацтек (51,8 %), Ультра (49,6 %) та Лера (47,1 %), що більше порівняно з іншими на 7–11 %. Найбільшим вмістом олеїнової кислоти характеризувалися сорти Харківський 1 (37,1 %), Студентський (36,7 %) та Сем (35,8 %), переважаючи інші на 9–11 %.

Частка пальмітинової кислоти була значно нижчою, ніж лінолевої та олеїнової, і мало залежала від сорту, коливаючись у невеликому діапазоні (17,6–19,2 %).

Рівень ліноленової кислоти був низьким, у межах 0,4–1,3 %. Також виявлено невелику кількість арахідонової та ейкозенової кислот.

References

1. Nitrogen-containing component and fatty acid composition of seeds of different varieties of amaranth / V. V. Liubych et al. *Naukovi pratsi Instytutu bioenergetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. 2022. No. 30. P. 112–118. DOI: 10.47414/np.30.2022.268938.
2. Amaranth: selection, genetics and growing prospects : a monograph / T. I. Hoptsiy et al. Kharkiv : KhNAU, 2018. 362 p.
3. Valentiuk N. O. Improving the technology of post-harvest processing and storage of amaranth grain : avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.18.02. Odesa, 2019. 23 p.
4. Vedmedieva K. V., Makhova T. V., Levchenko V. I. Prospects for the use of amaranth *Amaranthus caudatus* as an oil crop in the south of Ukraine. *Naukovo-tekhnichnyi biuletten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2021. No. 31. P. 33–45. DOI: 10.36710/ioc-2021-31-04.
5. Vysochina G. I. Amaranth (*Amaranthus*): chemical composition and prospects for use. *Himija rastitel'nogo syr'ja*. 2013. No. 2. P. 5–14.
6. Hudkovska N. B. Fatty acid composition of amaranth grain grown in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho aharnoho universytetu*. 2017. No. 21. P. 76–84.
7. Reznichenko V. P., Andriienko O. O., Vasylykivska K. V. New challenges of the time – plastic crops for the zone of risky agriculture. *Topical aspects of modern science and practice : abstracts of I International scientific and practical conference*, 21–24 September. Frankfurt am Main, 2020. P. 41–44.

8. Ронська Н. Високоолійні сорти амаранту. URL: <https://amaranth-association.com/високоолійні-сорти-амаранту/> (дата звернення: 03.08.2024).

9. A comparative study on chemical and lipid composition of amaranth seeds with different origin / Zh. Y. Petkova et al. *Bulg. Chem. Commun.* 2019. Vol. 51, Special Issue D. P. 262–267.

10. Agronomic, chemical, and antioxidant characterization of grain amaranths grown in a Mediterranean environment / F. Gresta et al. *Crop. Sci.* 2017. Vol. 57, issue 5. P. 2688–2698. DOI: 10.2135/cropsci2016.06.0531.

11. Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop. Washington, D. C. : National Academy Press, 1984. 96 p.

12. Amaranth Seed Oil Composition / P. Nasirpour-Tabrizi et al. *Nutritional Value of Amaranth* / Ed. by V. Y. Waisundara ; IntechOpen. London, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.91381.

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

14. Chemical composition and metabolomic analysis of *Amaranthus cruentus* grains harvested at different stages / T. G. Manyelo et al. *Molecules.* 2022. Vol. 27, issue 3. 623. DOI: 10.3390/molecules27030623.

15. Differences in Seed Weight, Amino Acid, Fatty Acid, Oil, and Squalene Content in γ -Irradiation-Developed and Commercial Amaranth Varieties (*Amaranthus* spp.) / M. Szabóová et al. *Plants.* 2020. Vol. 9, issue 11. 1412. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111412>.

16. Effects of germination and popping on the anti-nutritional compounds and the digestibility of *Amaranthus hypochondriacus* Seeds / C. Valadez-Vega et al. *Foods.* 2022. Vol. 11, issue 14. 2075. DOI: 10.3390/foods11142075.

17. Evaluation of fatty acid composition among selected amaranth grains grown in two consecutive years / A. Hlinková et al. *Biologia.* 2013. Vol. 68, no. 4. P. 641–650. DOI: 10.2478/s11756-013-0190-6.

18. Fatty Acid Profile, Lipid Quality and Squalene Content of Teff (*Eragrostis teff* (Zucc.) Trotter) and Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) Varieties from Ethiopia / E. Amare et al. *Applied Sciences.* 2021. Vol. 11, issue 8. 3590. DOI: 10.3390/app11083590.

19. From zero to hero: The past, present and future of grain amaranth breeding / D. C. Joshi et al. *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. P. 1807–1823. DOI: 10.1007/s00122-018-3138-y.

20. Iftikhar M., Khan M. Amaranth. *Bioactive Factors and Processing Technology for Cereal Foods.* 2019. P. 217–232. DOI: 10.1007/978-981-13-6167-8_13.

21. Pastor K., Acanski M. The chemistry behind amaranth grains. *J. Nutr. Health Food Eng.* 2018. Vol. 8, issue 5. P. 358–360. DOI: 10.15406/jnhfe.2018.08.00295.

URL: <https://isg-konf.com/topical-aspects-of-modern-science-and-practice-en/> (last accessed: 10.06.2024).

8. Ronska N. High-oil varieties of amaranth. URL: <https://amaranth-association.com/високоолійні-сорти-амаранту/> (last accessed: 03.08.2024).

9. A comparative study on chemical and lipid composition of amaranth seeds with different origin / Zh. Y. Petkova et al. *Bulg. Chem. Commun.* 2019. Vol. 51, Special Issue D. P. 262–267.

10. Agronomic, chemical, and antioxidant characterization of grain amaranths grown in a Mediterranean environment / F. Gresta et al. *Crop. Sci.* 2017. Vol. 57, issue 5. P. 2688–2698. DOI: 10.2135/cropsci2016.06.0531.

11. Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop. Washington, D. C. : National Academy Press, 1984. 96 p.

12. Amaranth Seed Oil Composition / P. Nasirpour-Tabrizi et al. *Nutritional Value of Amaranth* / Ed. by V. Y. Waisundara ; IntechOpen. London, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.91381.

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

14. Chemical composition and metabolomic analysis of *Amaranthus cruentus* grains harvested at different stages / T. G. Manyelo et al. *Molecules.* 2022. Vol. 27, issue 3. 623. DOI: 10.3390/molecules27030623.

15. Differences in Seed Weight, Amino Acid, Fatty Acid, Oil, and Squalene Content in γ -Irradiation-Developed and Commercial Amaranth Varieties (*Amaranthus* spp.) / M. Szabóová et al. *Plants.* 2020. Vol. 9, issue 11. 1412. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111412>.

16. Effects of germination and popping on the anti-nutritional compounds and the digestibility of *Amaranthus hypochondriacus* Seeds / C. Valadez-Vega et al. *Foods.* 2022. Vol. 11, issue 14. 2075. DOI: 10.3390/foods11142075.

17. Evaluation of fatty acid composition among selected amaranth grains grown in two consecutive years / A. Hlinková et al. *Biologia.* 2013. Vol. 68, no. 4. P. 641–650. DOI: 10.2478/s11756-013-0190-6.

18. Fatty Acid Profile, Lipid Quality and Squalene Content of Teff (*Eragrostis teff* (Zucc.) Trotter) and Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) Varieties from Ethiopia / E. Amare et al. *Applied Sciences.* 2021. Vol. 11, issue 8. 3590. DOI: 10.3390/app11083590.

19. From zero to hero: The past, present and future of grain amaranth breeding / D. C. Joshi et al. *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. P. 1807–1823. DOI: 10.1007/s00122-018-3138-y.

20. Iftikhar M., Khan M. Amaranth. *Bioactive Factors and Processing Technology for Cereal Foods.* 2019. P. 217–232. DOI: 10.1007/978-981-13-6167-8_13.

21. Pastor K., Acanski M. The chemistry behind amaranth grains. *J. Nutr. Health Food Eng.* 2018. Vol.

22. Procopet O., Oroian M. Amaranth Seed Polyphenol, Fatty Acid and Amino Acid Profile. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, issue 4. 2181. DOI: 10.3390/app12042181.
23. Productive and qualitative traits of *Amaranthus Cruentus* L.: an unconventional healthy ingredient in animal feed / F. Gresta et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, issue 8. P. 1428–1444. DOI: 10.3390/ani10081428.
24. Rastogi A., Shukla S. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Food Sci. Nutr.* 2013. Vol. 53, issue 2. P. 109–125. DOI: 10.1080/10408398.2010.517876.
25. Soriano-García M., Saraid Aguirre-Díaz I. Nutritional functional value and therapeutic utilization of amaranth. *Nutritional Value of Amaranth* / Ed. by V. Y. Waisundara ; IntechOpen. 2019. P. 1–28. DOI: 10.5772/intechopen.86897.
26. Tang Y., Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2017. 61 (7). DOI: 10.1021/acs.jafc.5b05414.
27. Tyrus M., Lykhochvor V., Hnativ P. Amaranth: a multi-purpose crop for war-torn land. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. Vol. 80, issue 2. P. 497–506. DOI: 10.1080/00207233.2023.2178207.
28. Venskutonis P. R., Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2013. Vol. 12, issue 4. P. 381–408. DOI: 10.1111/1541-4337.12021.
29. Wójcik-Stopczyńska B. Szarłat – pseudozboże o wielkich zaletach. *Panacea*. 2018. URL: <https://panacea.pl/szarlat-pseudozboze-o-wielkich-zaletach/> (last accessed: 10.06.2024).
30. Wolosik K., Markowska A. *Amaranthus Cruentus* Taxonomy, Botanical Description, and Review of its Seed Chemical Composition. *Natural Product Communications*. 2019. Vol. 14, issue 5. P. 1–10. DOI: 10.1177/1934578X19844141.
31. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na rozwój, plonowanie i skład chemiczny nasion amarantusa uprawnego / M. Kozak et al. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol.* 2011. XCVIII, 581. P. 79–94.
32. Zhang Z.-S., Kang Y.-J., Che L. Composition and thermal characteristics of seed oil obtained from Chinese Amaranth. *LWT Food Sci. Technol.* 2019. 111. P. 39–45.
- 8, issue 5. P. 358–360. DOI: 10.15406/jnhfe.2018.08.00295.
22. Procopet O., Oroian M. Amaranth Seed Polyphenol, Fatty Acid and Amino Acid Profile. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, issue 4. 2181. DOI: 10.3390/app12042181.
23. Productive and qualitative traits of *Amaranthus Cruentus* L.: an unconventional healthy ingredient in animal feed / F. Gresta et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, issue 8. P. 1428–1444. DOI: 10.3390/ani10081428.
24. Rastogi A., Shukla S. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Food Sci. Nutr.* 2013. Vol. 53, issue 2. P. 109–125. DOI: 10.1080/10408398.2010.517876.
25. Soriano-García M., Saraid Aguirre-Díaz I. Nutritional functional value and therapeutic utilization of amaranth. *Nutritional Value of Amaranth* / Ed. by V. Y. Waisundara ; IntechOpen. 2019. P. 1–28. DOI: 10.5772/intechopen.86897.
26. Tang Y., Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2017. 61 (7). DOI: 10.1021/acs.jafc.5b05414.
27. Tyrus M., Lykhochvor V., Hnativ P. Amaranth: a multi-purpose crop for war-torn land. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. Vol. 80, issue 2. P. 497–506. DOI: 10.1080/00207233.2023.2178207.
28. Venskutonis P. R., Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2013. Vol. 12, issue 4. P. 381–408. DOI: 10.1111/1541-4337.12021.
29. Wójcik-Stopczyńska B. Szarłat – pseudozboże o wielkich zaletach. *Panacea*. 2018. URL: <https://panacea.pl/szarlat-pseudozboze-o-wielkich-zaletach/> (last accessed: 10.06.2024).
30. Wolosik K., Markowska A. *Amaranthus Cruentus* Taxonomy, Botanical Description, and Review of its Seed Chemical Composition. *Natural Product Communications*. 2019. Vol. 14, issue 5. P. 1–10. DOI: 10.1177/1934578X19844141.
31. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na rozwój, plonowanie i skład chemiczny nasion amarantusa uprawnego / M. Kozak et al. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol.* 2011. XCVIII, 581. P. 79–94.
32. Zhang Z.-S., Kang Y.-J., Che L. Composition and thermal characteristics of seed oil obtained from Chinese Amaranth. *LWT Food Sci. Technol.* 2019. 111. P. 39–45.

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-10

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.527.22:633.2

**ПАРАМЕТРИ МОДЕЛІ СОРТУ ГРЯСТИЦІ ЗБІРНОЇ
(*DACTYLIS GLOMERATA* L.) В УМОВАХ ПЕРЕДКАРПАТТЯ****М. М. Хом'як, Л. З. Байструк-Глодан, Г. С. Коник**

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

Про авторів:

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

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

Григорій КОНИК,
доктор сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0003-2841-2982

Для листування:

Марія ХОМ'ЯК
e-mail: homyaktmariya@ukr.net

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:
24 вересня 2024 р.
Погоджено до друку:
25 жовтня 2024 р.

Сорт є ключовим резервом для збереження ресурсів та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур в Україні. Розробка моделі сорту відіграє важливу роль у селекційній роботі.

Дослідження проводили в зоні Передкарпаття у спеціальній селекційній сівозміні експериментальної бази Передкарпатського відділу наукових досліджень. Агротехніка вирощування грястиці збірної для корму і насіння є загальноприйнятою в регіоні. Зразки вивчалися в контрольному розсаднику та конкурсному сортовипробуванні.

Метою дослідження було продемонструвати та встановити параметри моделі сорту грястиці збірної, придатної для вирощування в умовах зони Передкарпаття.

Результати дворічних досліджень конкурсного сортовипробування свідчать про те, що при сінокісному використанні (два укоси) за врожаєм кормової маси та насіння селекційний зразок № 1842 істотно перевищив стандарт Бойківчанка і забезпечив врожай зеленої маси 58,4 т/га, сухої речовини 14,06 т/га і насіння 0,513 т/га, що відповідно на 10 т/га (при НІР_{0,5} 1,5–5,2 т/га), на 1,42 т/га (при НІР_{0,5} 0,48–1,18 т/га) і на 0,042 т/га (при НІР_{0,5} 0,033–0,038 т/га) більше. Даний селекційний номер також показав найвищий врожай зеленої маси (46,83 т/га) при пасовищному використанні (п'ять циклів), перевищивши стандарт на 1,64 т/га або на 3,6%. Дослідження з випробування сортів і селекційних номерів грястиці збірної дозволили створити модель перспективного сорту, яка підходить для умов регіону. Ця модель забезпечує врожай зеленої маси 58,0 т/га, сухої речовини – 12,1 т/га, насіння – 0,50 т/га та має потенціал підвищити врожайність в умовах Передкарпаття. Її оптимальні параметри сприятимуть підвищенню ефективності добору господарсько-цінних генотипів рослин грястиці збірної та цілеспрямованості селекційних процесів при створенні високопродуктивних сортів.

Ключові слова: модель сорту, грястиця збірна, сорт, урожайність, зразок, селекційний номер.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Хом'як М. М., Байструк-Глодан Л. З., Коник Г. С., 2024

Parameters of the model of orchardgrass variety (*Dactylis glomerata* L.) in the conditions of the Pre-Carpathian region

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

About authors:

Mariia KHOMIAK
ORCID: 0000-0002-7817-6116

Lesya BAYSTRUK-GLODAN
ORCID: 0000-0002-8446-5758

Hryhorii KONYK
ORCID: 0000-0003-2841-2982

For corresponding:

Mariia KHOMIAK
e-mail: homyakmariya@ukr.net

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:
September 24, 2024
Accepted:
October 25, 2024

The variety is a key reserve for conserving resources and increasing productivity of agricultural crops in Ukraine. The development of a variety model plays an important role in breeding work.

The research was conducted in the Pre-Carpathian region in a special selection crop rotation at the experimental base of the Pre-Carpathian Research Department. Agricultural technology of growing orchardgrass for fodder and seeds in this research was as generally accepted in the region. The samples were studied in a control nursery and in competitive variety testing.

The goal of the study was to demonstrate and establish the parameters of a variety model *Dactylis glomerata* L. suitable for cultivation in the conditions of the Pre-Carpathian region.

The results of two-year studies of competitive variety testing indicate that in haying (two harvests) by the yield of fodder mass and seeds the selection sample № 1842 significantly exceeded standard Boikivchanka and provided yield of green mass 58.4 t/ha, dry matter 14.06 t/ha and seeds 0.513 t/ha. That was respectively by 10 t/ha (at $LSD_{0,5}$ 1.5–5.2 t/ha), by 1.42 t/ha (at $LSD_{0,5}$ 0.48–1.18 t/ha) and by 0.042 t/ha (at $LSD_{0,5}$ 0.033–0.038 t/ha) higher. This selection sample provided also the highest yield of green mass (46.83 t/ha) at pasture use (five cycles), exceeding the standard by 1.64 t/ha or 3.6 %. Research on testing varieties and breeding numbers of *Dactylis glomerata* L. allowed us to create a model of a promising variety suitable for the conditions of the region. This model provides a yield of green mass 58.0 t/ha, dry matter – 12.1 t/ha, seeds – 0.50 t/ha and has the potential to increase yields in the conditions of the Pre-Carpathian region. Its optimal parameters will help to increase the efficiency of selection of economically valuable genotypes of *Dactylis glomerata* L. plants and targeted breeding processes in the creation of high-yielding varieties.

Keywords: variety model, *Dactylis glomerata* L., variety, yield, sample, breeding number.

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

Вступ. Розвиток тваринництва залежить від ефективного використання багаторічних та однорічних кормових культур, що дає змогу одержувати стабільну врожайність і якість продукції. Високу продуктивність кормових багаторічних трав можуть забезпечити тільки нові сорти з поліпшеними показниками складу корму, і зокрема високим рівнем білків, каротину, вітамінів. У сніні бобових трав у фазі цвітіння міститься 18,5 % протеїну. Майже таку саму кількість сирого протеїну в багаторічних злакових травах відзначено у фазу пасовищного використання [2].

При створенні повноцінної та збалансованої кормової бази лідирують багаторічні трави, вирощування яких дозволяє отримувати економічні та енергетично багаті корми для жуйних тварин. Тваринництво є важливою галуззю, яка відіграє значну роль у харчуванні людей і може значно підвищити якість їхнього життя. Від якості та кількості кормових трав безпосередньо залежить продуктивність продукції тваринництва. Нині багато країн, особливо розвинених, віддають пріоритет вирощуванню та дослідженню кормових трав через їх значний вплив на економіку та харчування. Було підраховано, що кормові трави

займають приблизно 26 % площі землі та 70 % сільськогосподарських угідь [17, 27].

Багаторічні трави відіграють вирішальну роль у виробництві польових кормів, гарантуючи наявність якісних кормів за доступною ціною. Ця група забезпечує до 40 % від загальної кількості кормових одиниць, зібраних у процесі виробництва. Однією з високопоживних ранніх культур є грястиця збірна (*Dactylis glomerata* L.), яка широко використовується як зелений корм у сільському господарстві. Вид відомий своєю адаптивністю та широким діапазоном екологічних і географічних варіацій, що робить його стійким до різноманітних стресових факторів [26, 28]. Грястиця збірна відома своєю здатністю витримувати тінь, низькі температури та суворі зими, що робить її чудовим вибором для відновлення пасовищ та догляду за тваринами. Зміна клімату може становити загрозу генетичному різноманіттю рослин грястиці збірної, яка відіграє ключову роль у виробництві м'ясних та молочних продуктів, що ґрунтуються на кормах, які використовуються в помірних регіонах [21, 20, 22]. Ця рослина є одним із чотирьох найважливіших видів кормів, що вирощуються по всьому світу [24, 23, 31]. Вона відзначається швидким зростанням, значною біомасою, підвищеним вмістом цукру, високою стійкістю до затемнення та здатністю адаптуватися до різних умов [29, 25, 30]. За даними Реєстру сортів рослин, придатних для вирощування в Україні станом на 1 травня 2024 р., нараховується 16 сортів грястиці збірної, з яких дев'ять (56 %) – вітчизняної селекції, а решта сім – іноземної, переважно з Німеччини (п'ять сортів, 31 %). Серед вітчизняних сортів найбільша кількість сортів (по три сорти) створена в Інституті сільського господарства Карпатського регіону та Інституті зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук [4]. Для успішного розвитку високопродуктивного лукопасовищного господарства потрібні нові сорти грястиці збірної комплексного використання, які

відрізняються стійкістю до основних біотичних факторів, з підвищеною продуктивністю та витривалістю при багаторазовому використанні [2].

Селекція рослин має особливе значення для стабілізації та збільшення виробництва сільськогосподарських культур і є одним з найефективніших та екологічно чистих факторів збільшення виробництва сільськогосподарської продукції. Вона відіграє особливо важливу роль у той час, коли витрати енергії на одиницю продукції зростають, а загроза забруднення навколишнього середовища стає проблемою [7]. У сучасних умовах одним з основних критеріїв виробничої цінності нових сортів сільськогосподарських культур є їхня адаптивність. Одним із першочергових завдань селекції рослин є створення і впровадження нових сортів з високим генетичним потенціалом продуктивності та адаптивності у виробництво. За науковими даними відомо, що коли в сприятливих умовах, висока врожайність є результатом високої продуктивності, то такий сорт вважається гіршим від того, який володіє кращою адаптацією до несприятливих умов [15]. Науково доведено, що при рівній врожайності перевагу необхідно віддавати тому сорту, який володіє максимальною екологічною пристосованістю. Зробити відбір та впровадити у виробництво специфічні адаптивні генотипи можливо лише в умовах, які дуже подібні до тих, в яких буде вирощуватись сорт. Для того, щоб одержати високі прибутки врожаю від впровадження при інтенсивних технологіях потрібні адаптивні сорти [1]. Багато науковців вважає, що спеціалізований сорт із потенційно високою, але не стабільною врожайністю менш цінний ніж сорт із середньою, але стабільною врожайністю [15].

Одним зі шляхів забезпечення екологічної спрямованості селекції є створення моделей, які включають не лише набір господарсько-цінних ознак рослин, а й комплекс ознак, фізіолого-біохімічних основ для забезпечення високої та

стабільної продуктивності з погляду генетичного потенціалу. Для кожного селекціонера створення високопродуктивних сортів, які мають стійкість до негативного впливу абіотичних і біотичних факторів, залишається одним з основних пріоритетів. Однак часто виникає питання: чому певні сорти не досягають свого повного генетичного потенціалу і не забезпечують очікуваного збільшення врожайності. Саме це є об'єктом подальших досліджень та роботи над вдосконаленням селекційних процесів, адже розуміння цих аспектів може виявитися критичним для подальшого успіху селекції та збільшення виробничої продуктивності. З погляду вчених, основною проблемою є недостатня здатність сучасних сортів рослин забезпечувати стабільно високу продуктивність у різних умовах навколишнього середовища та проявляти достатню адаптивність до змін. Це завдає значних труднощів сільськогосподарському виробництву та є однією з ключових проблем в галузі сільського господарства. Якщо сорт не проявляє необхідної реакції, тобто генетично не адаптований до широкого спектра ґрунтових та кліматичних умов, то він не в змозі протистояти впливу різних біотичних та абіотичних стресів [16]. До цього часу не існує жодного виду в природі, сорту, який був би стійким до дії будь-якого негативного фактора. Модель встановлює необхідні характеристики сорту та його рослини, щоб забезпечити відповідність вимогам проведення вирощування в конкретних умовах. Її основу становлять наукові дослідження та аналіз, спрямовані на передбачення розвитку сортів. Висока й стабільна врожайність, разом із високою якістю продукції, є ключовими критеріями для моделі. Науковці переконані, що розробка таких моделей є ефективним засобом досягнення екологічної спрямованості в селекції рослин [6].

При проектуванні майбутнього сорту необхідно враховувати такі вимоги: забезпечення заданого рівня врожайності,

пластичність, стійкість до хвороб та шкідників, а також високу якість продукції. Для досягнення цієї мети потрібно, щоб низка перерахованих вимог була комплексно поєднана в одному генотипі. Однак створення сорту, що відповідає усім цим вимогам, майже неможливе [5].

Таким чином, для того, щоб у майбутньому врожай був більш стійким до хвороб, шкідників та інших факторів, що негативно впливають на урожайність, дуже важливо мати в моделі сільськогосподарських культур передбачення їх можливої стійкості до цих чинників. Узагальнюючи дані літератури та багаторічний досвід нашої роботи, можна зробити висновок, що модель сорту повинна охоплювати широке коло ознак фенотипу та генотипу з урахуванням агроекологічних умов, для яких створюється сорт.

Матеріали і методи. У період з 2019 по 2023 рр. проводилося дослідження в спеціальній селекційній сівозміні експериментальної бази Передкарпатського відділу наукових досліджень на дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних перезволожених кислих ґрунтах. Технологія вирощування грястиці збірної на корм та насіння широко застосовується в даному регіоні. Зразки були досліджені у контрольному розсаднику та конкурсному сортовипробуванні. Під час проведення досліджень використовувалися методи: візуальний, ваговий та математично-статистичний. Оцінка вихідного матеріалу та опис морфологічних ознак, їх класифікація за господарськими та біологічними особливостями були проведені згідно із загальноприйнятими методиками [8, 9–13].

Обчислення гідротермічного коефіцієнта (ГТК) проводили за формулою:

$$\text{ГТК} = \sum r / 0,1 \sum t \text{ } ^\circ\text{C},$$

де $\sum r$ представляє суму опадів протягом вегетаційного періоду у мм, а $\sum t \text{ } ^\circ\text{C}$ – сума температур, яка вище $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ протягом того ж періоду; 0,1 є постійним коефіцієнтом [14].

Обробку результатів експериментальних досліджень здійснювали із використанням програмного комплексу TIBCO Statistica 13.5.0.17.

Результати та обговорення. Є ряд методичних підходів до створення моделей: селекційний, екологічний, математичний та інші, кожен з яких має свої особливості. Попри різноманітність методів, модель сорту, яка відіграє важливу роль у селекційному процесі, переважно формується на основі практичних досліджень та результатів, а також заснована на знаннях та вміннях селекціонерів [15]. Найпершим етапом у створенні нового сорту є розробка його моделі. Раніше моделювання ґрунтувалося на інтуїтивному та творчому підході. У сучасний період важливість розробки моделі сортів в галузі селекції та інших біологічних наук, спрямованих на створення нових сортів, зростає завдяки використанню теоретичних та експериментальних даних. Принцип

зональності використовується як основа для створення моделей сортів, придатних для конкретних ґрунтово-кліматичних зон, що робить їх більш адаптованими та ефективними. Продуктивність кожного виду обмежується факторами, властивими певній зоні вирощування, тобто їх адаптивним потенціалом. Рослина вважається екологічно пристосованою, коли вона може витримувати посушливі умови, низькі температури, засоленість ґрунту та інші фактори. Стійкість сортів до цих умов залежить від розвитку кореневої системи, будови тканин, здатності рослин формувати фотосинтетичний потенціал, інтенсивності фотосинтезу тощо [3].

За період вегетації 2021 та 2022 р. показник ГТК становив 1,5 та 1,2 що відповідає достатньо вологому періоду. У 2019, 2020 та 2023 р. рівень вологозабезпеченості ГТК становив відповідно 2,2, 2,8 та 3,4, що вказує на надмірний рівень забезпечення вологою протягом періоду вегетації (табл. 1).

1. Гідротермічний показник вегетаційного періоду за середньомісячними даними

Показник	Період				
	квітень	травень	червень	липень	за весь період
1	2	3	4	5	6
2019					
Середня температура повітря ($t_{\text{сер}}$), °C	9,8	13,2	20,7	18,8	15,6
Сума опадів, мм	45,1	150,5	32,7	129,6	357,5
Сума активних температур ($t_{\text{акт}} > 10$), °C	–	409,2	621,0	582,8	1613,0
ГТК Селянінова	–	3,7	0,5	2,2	2,2
2020					
Середня температура повітря ($t_{\text{сер}}$), °C	8,9	11,2	18,4	19,0	14,4
Сума опадів, мм	22,5	169,0	131,5	87,4	410,5
Сума активних температур ($t_{\text{акт}} > 10$), °C	–	347,2	552,0	589,0	1488,2
ГТК Селянінова	–	4,9	2,4	1,5	2,8
2021					
Середня температура повітря ($t_{\text{сер}}$), °C	6,6	13,4	18,2	21,5	14,9
Сума опадів, мм	39,8	52,7	80,2	64,4	237,1
Сума активних температур ($t_{\text{акт}} > 10$), °C	–	415,4	546,0	666,5	1627,9
ГТК Селянінова	–	1,3	1,5	1,0	1,5
2022					
Середня температура повітря ($t_{\text{сер}}$), °C	7,3	15,1	19,5	20,3	15,6
Сума опадів, мм	53,6	25,8	36,9	85,9	202,2

1	2	3	4	5	6
Сума активних температур ($t_{\text{акт}} > 10$), °C	–	468,1	585,0	629,3	1682,4
ГТК Селянінова	–	0,6	0,6	1,4	1,2
2023					
Середня температура повітря ($t_{\text{сеп}}$), °C	7,9	13,5	17,1	20,1	14,7
Сума опадів, мм	71,4	46,1	187,9	217,3	522,7
Сума активних температур ($t_{\text{акт}} > 10$), °C	–	418,5	513,0	623,1	1554,6
ГТК Селянінова	–	1,1	3,7	3,5	3,4

Значення ГТК розподіляються на кілька зон, які відображають рівень вологості ґрунту. Наприклад, значення менше ніж 0,4 свідчить про дуже сильну посуху, в той час, як від 0,4 до 0,5 вказує на сильну посуху. Інші зони містять від 0,6 до 0,7 для середньої посухи, від 0,8 до 0,9 для слабкої посухи, від 1,0 до 1,5 для достатньої вологості та значення більше як 1,5, що свідчить про надмірну вологість.

Отже, за результатами розрахунків гідротермічного коефіцієнта за середньомісячними даними можна зробити висновок, що весь досліджуваний період був надмірно вологим від 2,2 до 4,9, при цьому у червні 2019 р. спостерігалась сильна посуха, а у травні-червні 2022 р. – середня посуха. Такі погодні умови спричинили швидке формування кормової маси та дозрівання насіння.

Розвиток математичного моделювання в селекції за допомогою персональних комп'ютерів відкриває нові можливості для створення ширшого розроблення моделі сорту. До цього часу відсутній єдиний метод розробки моделей, тож селекціонери зазвичай розробляють їх самостійно, враховуючи власний досвід, знання й інтуїцію. При створенні моделей сортів важливо аналізувати ґрунтово-

кліматичні умови, детально описувати господарсько-цінні ознаки, а також враховувати стійкість проти різних чинників [3].

Протягом п'ятирічного періоду було проведено дослідження 16 зразків грятости збірної, які виявили різноманітність у вираженні свого генетичного потенціалу продуктивності. Аналізуючи цей селекційний матеріал, була зібрана інформація щодо реакції генотипів на зміну екологічних умов протягом різних років. Результати аналізу врожайності зразків грятости збірної свідчать про те, що найвища урожайність зеленої маси спостерігалася у 2019 р. (38,9 т/га), в межах від 46,5 т/га для селекційного номера № 1835 до 30,0 т/га для № 1832. Своєю чергою, найнижчий середній урожай за час дослідження (27,0 т/га) був зафіксований у 2021 р. з варіацією від 22,0 т/га для № 1841 до 32,6 т/га для № 1842. Виявлено, що найвищої середньої урожайності протягом п'ятирічного періоду досягли такі селекційні номери грятости збірної: № 1842, № 1835, № 2105, № 1839 і № 1836, з перевищенням урожаю зеленої маси над стандартом Бойківчанка в діапазоні від 1,7 до 5,4 т/га (табл. 2).

2. Екологічна стабільність і пластичність селекційних зразків грятости збірної за урожайністю зеленої маси

№ п/п	Селекційні номери	Урожайність, т/га						b_i	S_i^2
		2019	2020	2021	2022	2023	середня, X_i		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Бойківчанка – St	40,6	30,0	26,3	29,8	29,7	31,3	1,20	2,32
2	№ 1835	46,5	34,1	27,7	29,6	30,1	33,6	1,66	5,29
3	№ 1842	46,2	37,5	32,6	33,1	34,3	36,7	1,26	3,30
4	№ 1843	42,7	28,8	26,6	28,7	30,2	31,4	1,39	5,43

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	№ 1834	41,9	29,4	25,4	27,2	29,6	30,7	1,44	2,66
6	№ 2244	30,1	31,5	27,7	30,1	33,2	30,5	0,14	4,36
7	№ 2377	32,4	29,8	26,2	29,6	32,3	30,1	0,46	3,15
8	№ 1838	36,2	33,8	29,4	32,3	33,9	33,1	0,53	0,96
9	№ 2099	36,0	36,6	26,0	28,7	30,4	31,5	0,85	9,68
10	№ 2008	42,3	31,5	25,0	27,4	30,0	31,2	1,50	0,89
11	№ 2105	40,2	34,3	28,4	31,6	32,8	33,5	0,98	0,19
12	№ 1836	35,1	34,2	29,5	32,8	33,6	33,0	0,42	1,64
13	№ 1832	30,0	31,6	28,2	31,4	32,2	30,7	0,07	3,30
14	№ 1839	45,4	37,6	25,4	27,6	29,4	33,1	1,78	9,99
15	№ 2252	40,3	28,8	25,0	29,2	34,3	31,5	1,25	6,62
16	№ 1841	37,1	26,2	22,0	27,3	30,1	28,5	1,20	4,36
Середня, X_j		38,9	32,2	27,0	29,8	31,6	31,9		
Індекс умов, I_j		7	0,3	-4,9	-2,1	-0,3			

Після проведення дисперсійного аналізу врожайних даних у результаті наших досліджень було виявлено взаємодію між генотипом і середовищем. На цій підставі ми здійснили комплексну оцінку екологічної пластичності та стабільності різних зразків грятти збірної, що дозволило отримати більш детальне уявлення про їх потенціал у різних умовах середовища. У літературних джерелах можна знайти різні методи стосовно оптимальних сортів з огляду на поєднання екологічних параметрів, таких як стабільність і пластичність. Генотипи, які взаємодіють з середовищем мінімально, вважаються найбільш адаптованими [14, 15, 18]. На думку багатьох вчених, кращими є стабільні або гомеостатичні сорти [14]. Ці сорти мають високі та середні показники якості з мінімальними змінами в різних умовах їх вирощування. Рослини з середньою, але стабільною врожайністю являють собою більш економічний потенціал, ніж ті, що потенційно дають великий врожай, але з суттєвими коливаннями у врожайності.

Показники регресії зразків грятти збірної коливаються від 1,39 до 1,78, що свідчить про їх високу екологічну адаптивність. Серед них особливо виділяються номери: № 1835 (1,66), № 1843 (1,39), № 1834 (1,44), № 2008 (1,50) та № 1839 (1,78). Зразки під номерами: № 2244

(0,14), № 2377 (0,46), № 1838 (0,53), № 1836 (0,42) та № 1832 (0,07) показують коефіцієнти регресії від 0,07 до 0,53, що свідчить про їхню низьку адаптивність до змін природного середовища.

Зразки за врожайністю зеленої маси показали високу стабільність, яка виражалася у значеннях S_{i2} від 0,19 до 0,96 для № 2105 (0,19), № 2008 (0,89) і № 1838 (0,96). Для інших селекційних номерів була середня стабільність урожайності, яка становила від 1,64 до 4,36. Зразки з високим значенням S_{i2} (від 5,29 у № 1835 до 9,99 у № 1839) були віднесені до третьої умовної групи, що включала також селекційні номери № 1843, № 2099 і № 2252 з відповідними параметрами стабільності: 5,43; 9,68 і 6,62.

Щоб отримати більш об'єктивну оцінку впливу погодних умов на врожайність грятти збірної було проведено розподіл за рангами коефіцієнта регресії й варіанси стабільності, під час якого враховувалися різні варіанти умов вегетаційного періоду. Кожен параметр був віднесений до трьох рівнів згідно з такими принципами. Коефіцієнт регресії (b_i) мав наступні значення: 1 рівень – від 1,39 до 1,78; 2 рівень – від 0,98 до 1,26; 3 рівень – від 0,07 до 0,85, а варіанса стабільності (S_{i2}) була розділена на такі рівні: 1 рівень – від 0,19 до 0,96; 2 рівень – від 1,64 до 4,36; 3 рівень – від 5,29 до 9,99.

При такому розподілі ранг 1 відображає оптимальне значення цієї величини, а сума рангів слугує індикатором екологічної адаптивності генотипів гряттиці збірної в контексті врожайності зеленої маси. Чим нижчий ранг сорту, який проходить тестування, у порівнянні з сортом, що внесено до реєстру сортів, тим більшу господарську цінність він має. Найвищої селекційної цінності досягли два зразки з сумарною кількістю рангів 2 і 3, які були виділені в різні роки досліджень: № 1834 (3), № 2008 (2). Ряд селекційних номерів мають сумарну кількість рангів 4. Серед них заслуговують на увагу стандарт Бойківчанка та два селекційні номери № 1842, № 1841, які за показниками пластичності та стабільності одержали 2 ранг.

Сорт реагує на зовнішні фактори як генетична система. При вирощуванні сільськогосподарських культур важливо ретельно підходити до вибору сортів. Це

пов'язано з тим, що кожен сорт має свої унікальні характеристики, які визначають його придатність для певного регіону. Одним з важливих показників є стресостійкість, яка впливає на адаптивність сорту. Цей показник обчислюється як різниця між максимальною та мінімальною врожайністю ($Y_2 - Y_1$) і має негативне значення: чим менше значення, тим сорт стійкіший.

Відповідно до проведених досліджень було встановлено, що селекційні номери, зокрема № 1832 (-4,0), № 1836 (-5,6), № 2244 (-5,5), № 2377 (-6,2) та № 1838 (-6,8), проявляють найвищий рівень стійкості до стресу. Водночас середня стресостійкість спостерігається у № 2099 (-10,0) та № 2105 (-11,8). Дослідження вказують на визначену різницю у рівнях стресостійкості між різними селекційними номерами гряттиці збірної (табл. 3).

3. Адаптивність зразків гряттиці збірної за врожайністю зеленої маси (2019–2023 рр., середнє)

№ п/п	Селекційні номери	Параметри адаптивності			
		$Y_2 - Y_1$	$(Y_1 + Y_2) / 2$	V, %	Ном
1	Бойківчанка – St	-14,3	33,5	17,4	13,3
2	№ 1835	-18,8	37,1	22,6	18,7
3	№ 1842	-13,6	39,4	16,7	21,4
4	№ 1843	-16,1	34,7	20,5	21,3
5	№ 1834	-16,5	33,7	21,1	20,5
6	№ 2244	-5,5	30,5	6,7	97,3
7	№ 2377	-6,2	29,3	8,4	73,8
8	№ 1838	-6,8	32,8	7,6	61,6
9	№ 2099	-10,0	31,0	14,7	37,3
10	№ 2008	-17,3	33,7	21,3	23,6
11	№ 2105	-11,8	34,3	13,0	33,0
12	№ 1836	-5,6	32,3	6,5	64,5
13	№ 1832	-4,0	30,2	5,2	101,8
14	№ 1839	-20,0	35,4	25,1	16,9
15	№ 2252	-15,3	32,7	18,8	24,9
16	№ 1841	-15,1	29,6	19,6	30,5

Генетичну гнучкість зразків у контрастних умовах ($Y_1 + Y_2$) / 2 характеризує середня врожайність [18]. Високе значення цього показника свідчить

про високий ступінь узгодженості генотипу сорту з факторами зовнішнього середовища. Відібрано зразки з найвищою кореляцією між генотипом і факторами

навколишнього природного середовища в умовах Передкарпаття. Це такі селекційні номери, як № 1842 (39,4), № 1835 (37,1), № 1839 (35,4), № 1843 (34,7), № 2105 (34,3), № 1834 і № 2008 (33,7), Бойківчанка (33,5 т/га).

Важливим показником є гомеостаз, який визначає стійкість рослин до негативного впливу середовища. Це універсальна властивість, що визначає взаємодію генотипу і навколишнього середовища, яка дозволяє генотипу зменшити наслідки негативних умов. Одним з критеріїв гомеостатичності сортів є їхня здатність зберігати стабільність продуктивних ознак. Отже, взаємозв'язок між гомеостазом (Ном) та пластичністю селекційної ознаки (V) встановлює її стійкість в умовах середовища.

Для оцінки цінності генотипу сорту грятиці збірної визначали гомеостатичність (Ном) зразків. Цей показник допомагає встановити стабільність та рівновагу внутрішнього середовища рослин, надаючи більше інформації про їхню адаптивність до змін у навколишньому середовищі. Щоб сорт був придатним для вирощування, важливо, щоб показник Ном був найвищим. Такі селекційні номери, як № 1832 (Ном = 101,8), № 2244 (Ном = 97,3), № 2377 (Ном = 73,8), № 1836 (Ном = 64,5) і № 1838 (Ном = 61,6) мали найвище значення. Безумовно, ці дані свідчать про переваги вищезгаданих зразків у контексті їх потенційного використання для вирощування.

Значне коливання врожайності відзначається у селекційних номерів: № 1839 (V = 25,1 %), № 1835 (V = 22,6 %), № 1834 (V = 21,1 %), № 2008 (V = 21,3 %) і № 1843 (V = 20,5 %). Найменшу мінливість врожайності мали номери грятиці збірної: № 1832 (V = 5,2 %), № 1836 (V = 6,5 %), № 2244 (V = 6,7 %), № 1838 (V = 7,6 %) і № 2377 (V = 8,4 %). Значення середньої арифметичної може вказувати на пластичність сорту. Якщо він становить менше ніж 10 %, це означає низький рівень

мінливості, від 10 до 20 % – середній, а понад 20 % – високий рівень мінливості.

У наших дослідженнях найстабільнішим виявився селекційний номер № 1832, який має високу гомеостатичність (101,8) та найменше значення коефіцієнта варіації (5,2 %). У стандарті Бойківчанка відзначається висока варіабельність (V = 17,4 %) і низька гомеостатичність (Ном = 13,3), що свідчить про нестабільність сорту та його низьку адаптивність до умов зони Передкарпаття. Найкращим варіантом буде сорт, який проявляє високу адаптивність, забезпечує максимальний врожай за сприятливих умов і демонструє стабільність навіть в умовах, які не є ідеальними.

Дослідники S. A. Eberhart і W. A. Russell вважають, що найбільш ефективними є середньопластичні сорти з високим середнім значенням характеристики й високою стабільністю в різних умовах вирощування [18].

Селекційні зразки, які за комплексними ознаками перевищували стандарт Бойківчанка і були закладені в конкурсному сортовипробуванні.

Результати дворічних досліджень конкурсного сортовипробування свідчать про те, що при використанні на сіно (два укуси) селекційний номер № 1842 перевищив стандарт сорт Бойківчанка. Зокрема, врожай кормової маси та насіння селекційного номера № 1842 становив відповідно 58,4 т/га, 14,06 т/га і 0,513 т/га, що на 10 т/га (при НР_{0,5} 1,5–5,2 т/га), на 1,42 т/га (при НР_{0,5} 0,48–1,18 т/га) і на 0,042 т/га (при НР_{0,5} 0,033–0,038 т/га) більше, ніж у стандарту. Також варто відзначити, що цей зразок показав найвищий врожай зеленої маси й при пасовищному використанні (чотири укуси) – 46,83 т/га, перевищивши стандарт на 1,64 т/га або на 3,6 %. Проте при пасовищному використанні за врожаєм сухої речовини стандарт перевищив селекційний номер № 2105 на 1,6 % (табл. 4).

4. Продуктивність грятіці збірної в конкурсному сортовипробуванні (середнє за 2022–2023 рр.)

Зміст варіантів	Зелена маса			Суха речовина			Насіння		
	т/га	% до St	± до St	т/га	% до St	± до St	т/га	% до St	± до St
Сінокісний спосіб використання									
Бойківчанка – St	48,4	100	–	12,64	100	–	0,471	100	–
№ 1842	58,4	120,7	+10	14,06	111,2	+1,42	0,513	108,9	+0,042
№ 1835	54,3	112,2	+5,9	12,28	97,2	-0,36	0,465	98,7	-0,006
№ 1839	44,3	91,5	-4,1	9,12	72,2	-3,52	0,274	58,2	-0,197
№ 2105	45,9	94,8	-2,5	11,35	89,8	-1,29	0,494	104,9	+0,023
НІР _{0,5}	2022	2,3-1,5		0,48-0,66			0,033		
	2023	2,9-5,2		0,56-1,18			0,038		
Пасовищний спосіб використання									
Бойківчанка – St	45,19	100	–	11,78	100	–	–	–	–
№ 1842	46,83	103,6	+1,64	10,77	91,4	-1,01	–	–	–
№ 1835	45,04	99,7	-0,15	11,18	94,9	-0,6	–	–	–
№ 1839	31,17	68,9	-14,02	6,47	54,9	-5,31	–	–	–
№ 2105	47,17	104,4	-1,98	11,97	101,6	+0,19	–	–	–
НІР _{0,5}	2022	0,3-1,1		0,04-0,39					
	2023	0,5-1,4		0,14-0,26					

Під час проведення досліджень були встановлені ключові параметри майбутнього сорту грятіці збірної з використанням математичних показників. Кількість параметрів, необхідних для визначення морфотипу рослин, може варіювати залежно від конкретного виду

культури. Проаналізувавши результати досліджень, була розроблена модель сорту грятіці збірної, яка поєднує оптимальні параметри для умов регіону Передкарпаття. Вона базується на аналізі даних, отриманих під час досліджень зразків грятіці збірної (табл. 5).

5. Порівняльна характеристика моделі сорту грятіці збірної

Параметри моделі	Значення параметра	
	існуюче	пропоноване
1	2	3
Урожайність насіння (за стандартної вологості 14 %), т/га	0,49	0,55
Урожайність зеленої маси, т/га	48,8	58,0
Урожайність (збір) сухої речовини, т/га	11,1	12,1
Вміст білка, %	9,2	12,1
Вміст клітковини, %	28,5	27,2
Період від сівби (відновлення весняної вегетації) до збиральної стиглості, діб	127	112
Зимостійкість, балів (1–9)	8	9
Маса 1000 насінин, г	1,14	1,18
Посухостійкість, балів (1–9)	7	8
Стійкість до вилягання, балів (1–9)	8	9
Стійкість до обсіпання, балів (1–9)	8	9
Стійкість до хвороб, балів (1–9): сажка	8	9
Стійкість до хвороб, балів (1–9): антракноз	8	9
Стійкість до хвороб, балів (1–9): аскохітоз	8	9

1	2	3
Стійкість до хвороб, балів (1–9): борошниста роса	8	9
Стійкість до хвороб, балів (1–9): іржа	8	9
Стійкість до хвороб, балів (1–9): снігова пліснява	8	9
Облиствленість, %	62	69

Висновки. В ґрунтово-кліматичних умовах Передкарпаття західного регіону України проведено комплексну оцінку зразків грятости збірної. В результаті проведених досліджень з використанням ретельно підібраного селекційного

матеріалу була розроблена модель для нового ранньостиглого сорту грятости збірної, яка забезпечує врожай зеленої маси на рівні 58,0 т/га, сухої речовини 12,1 т/га і 0,55 т/га насіння.

Список використаної літератури

1. Агросфера як провідний фактор сталого розвитку України / О. О. Созінов та ін. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 1. С. 5–13.
2. Бабич А. О., Бугайов В. Д. Стан та перспективи селекції і насінництва кормових культур в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2001. Вип. 47. С. 19–20.
3. Васильківський С. П., Кочмарський С. В. Селекція і насінництво польових культур : підручник. ПрАТ «Миронівська друкарня», 2016. 376 с.
4. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. *Міністерство аграрної політики та продовольства України*. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin> (дата звернення: 17.05.2024).
5. Креєм Н. А. Модель сорту пшениці озимої для умов Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 2. С. 98–100.
6. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Івашук П. В. *Зерновиробництво : навч. посіб.* Львів : Українські технології, 2008. 624 с.
7. Мазур О. В., Мазур О. В., Лозінський М. В. Селекція та насінництво польових культур : навч. посіб. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 348 с.
8. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. / В. Г. Дідора та ін. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 264 с.
9. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство) / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Грін Д. С., 2014. 448 с.
10. Методика проведення експертизи сортів на відмітність, однорідність та стабільність (ВОС) (кормові культури) / Український інститут експертизи сортів рослин. Київ : [б. в.], 2014. 967 с.
11. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Український інститут експертизи сортів рослин ; укл. Ткачик С. О., Лещук Н. В., Присяжнюк О. І. Вінниця, 2016. 120 с.
12. Методологія селекції багаторічних бобових і злакових трав у Передкарпатті : метод. рек. / Г. С. Коник та ін. Оброшино, 2015. 156 с.

References

1. Agricultural sector as a leading factor of sustainable development of Ukraine. O. O. Sozinov et al. *Bulletin of Agrarian Science*. 2004. № 1. P. 5–13.
2. Babych A. O., Buhaiov V. D. State and prospects of selection and seed production of fodder crops in Ukraine. *Fodder and fodder production*. 2001. Issue 47. P. 19–20.
3. Vasylykivskiy S. P., Kochmarskyi S. V. Selection and seed production of field crops: a textbook. PrAt «Myronivska drukarnia», 2016. 376 p.
4. State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine. *Ministerstvo ahrarnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy*. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin> (accessed 17.05.2024).
5. Kreem N. A. Model of winter wheat variety for the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2009. № 2. P. 98–100.
6. Lykhochvor V. V., Petrychenko V. F., Ivashchuk P. V. Grain production : a textbook. Lviv : , Ukrainski tekhnolohii, 2008. 624 p
7. Mazur O. V., Mazur O. V., Lozinskyi M. V. Breeding and seed production of field crops : a textbook. Vinnytsia : TVORY, 2020. 348 p.
8. Methods of scientific research in agronomy : a textbook / V. G. Didora et al. Kyiv : Tsentr uchbovoi literatury, 2013. 264 p.
9. Methods of field experiment (Irrigated agriculture) / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Hrin D. S., 2014. 448 p.
10. Methods of examination of varieties for distinctiveness, uniformity and stability (VOS) (fodder crops) / Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn. Kyiv : [b. v.], 2014. 967 p.
11. Methodology of qualification examination of plant varieties for their suitability for distribution in Ukraine. General part. Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn ; ukl. Tkachyk S. O., Leshchuk N. V., Prysiazhniuk O. I. Vinnytsia, 2016. 120 p.
12. Methodology of selection of perennial legumes and cereals in the Carpathian region : methodical recommendations / H. S. Konyk et al. Obroshyno, 2015.

13. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В. О. Єщенко та ін. ; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
14. Солонечний П. М. Гомеостатичність та селекційна цінність сучасних сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 36–41.
15. Створення сортів пшениці різного типу розвитку, адаптованих для різних умов вирощування. Фактори експериментальної еволюції організмів / В. В. Базалій та ін. 2018. Т. 23. С. 14–19.
16. Ceccarelli S. Breeding for yield stability in unpredictable environments single traits interactions between traits and architecture of genotypes. *Eupbutica*. 1991. 56 (2). P. 169–185. DOI 10.1007/BF00042061.
17. Conant R. T. Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems: a technical report on grassland management and climate change mitigation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010. 59 p.
18. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. V. 6, № 1. P. 36–40.
19. Genetic analysis of seed related traits in Orchardgrass (*Dactylis glomerata*) under normal and drought stress conditions / M. M. Majidi et al. *Euphytica*. 2014. 203 (2). P. 409–420. DOI 10.1007/s10681-014-1299-6.
20. Genetic diversity and variation in North American orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) cultivars and breeding lines / W. Xie et al. *Grassland Science*. 2014. 60 (3). P. 185–193. DOI 10.1111/grs.12058.
21. Genome assembly provides insights into the genome evolution and flowering regulation of orchardgrass / L. Huang et al. *Plant Biotechnology Journal* 2020.18 (2). P. 373–388. DOI 10.1111/pbi.13205.
22. Hirata M., Yuyama N., Cai H. Isolation and characterization of simple sequence repeat markers for the tetraploid forage grass *Dactylis glomerata*: Simple sequence repeat markers for *Dactylis*. *Plant Breed.* 2011. 130 (4). P. 503–506. DOI 10.1111/j.1439-0523.2010.01831.x.
23. Identification and distribution of NBS-encoding resistance genes of *Dactylis glomerata* L. and its expression under abiotic and biotic stress / S. Ren et al. *Biochemical Genetics* . 2020. 58 (6). P. 824–847. DOI 10.1007/s10528-020-09977-8.
24. Kole, C. (Ed.) *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Millets and Grasses*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2011. P. 217–246. DOI 10.1007/978-3-642-20450-0_10.
25. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures / S. I. Zandalinas et al. *Physiologia Plantarum*. 2018. 162 (1). P. 2–12. DOI 10.1111/ppl.12540.
26. Stewart A. V., Ellison N. W. *Dactylis*. In: Kole C. (Ed.). *Wild crop relatives: Genomic and breeding resources. Millets and grasses. Heidelberg: Springer:* 2011. P. 73–87. DOI 10.1007/978-3-642-14255-0_5.
- 156 p.
13. Fundamentals of scientific research in agronomy: a textbook / V. O. Yeshchenko et al. ; za red. V. O. Yeshchenka. Vinnytsia : PP «TD «Edelweis i K», 2014. 332 p.
14. Solonechnyi P. M. Homeostasis and breeding value of modern spring barley varieties. 2013. Issue 103. *Seleksiia i nasinnystvo*. P. 36–41.
15. Creation of wheat varieties of different types of development adapted to different growing conditions. Factors of experimental evolution of organisms / V. V. Bazalij et al. 2018. 23. P. 14–19.
16. Ceccarelli S. Breeding for yield stability in unpredictable environments single traits interactions between traits and architecture of genotypes. *Eupbutica*. 1991. 56 (2). P. 169–185. DOI 10.1007/BF00042061.
17. Conant R. T. Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems: a technical report on grassland management and climate change mitigation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010. 59 p.
18. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. V. 6, № 1. P. 36–40.
19. Genetic analysis of seed related traits in Orchardgrass (*Dactylis glomerata*) under normal and drought stress conditions / M. M. Majidi et al. *Euphytica*. 2014. 203 (2). P. 409–420. DOI 10.1007/s10681-014-1299-6.
20. Genetic diversity and variation in North American orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) cultivars and breeding lines / W. Xie et al. *Grassland Science*. 2014. 60 (3). P. 185–193. DOI 10.1111/grs.12058.
21. Genome assembly provides insights into the genome evolution and flowering regulation of orchardgrass / L. Huang et al. *Plant Biotechnology Journal* 2020.18 (2). P. 373–388. DOI 10.1111/pbi.13205.
22. Hirata M., Yuyama N., Cai H. Isolation and characterization of simple sequence repeat markers for the tetraploid forage grass *Dactylis glomerata*: Simple sequence repeat markers for *Dactylis*. *Plant Breed.* 2011. 130 (4). P. 503–506. DOI 10.1111/j.1439-0523.2010.01831.x.
23. Identification and distribution of NBS-encoding resistance genes of *Dactylis glomerata* L. and its expression under abiotic and biotic stress / S. Ren et al. *Biochemical Genetics* . 2020. 58(6). P. 824–847. DOI 10.1007/s10528-020-09977-8.
24. Kole, C. (Ed.) *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Millets and Grasses*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2011. P. 217–246. DOI 10.1007/978-3-642-20450-0_10.
25. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures / S. I. Zandalinas et al. *Physiologia Plantarum*. 2018. 162 (1). P. 2–12. DOI 10.1111/ppl.12540.
26. Stewart A. V., Ellison N. W. *Dactylis*. In: Kole C. (Ed.). *Wild crop relatives: Genomic and breeding resources. Millets and grasses. Heidelberg: Springer:* 2011. P. 73–87. DOI 10.1007/978-3-642-14255-0_5.

27. Summer Dormancy and Drought Survival of Moroccan Ecotypes of Orchardgrass / N. Shaimi et al. *Crop Sci.* 2009. 49 (4). P. 1416–1424. DOI 10.2135/cropsci2008.09.0545.

28. The whole-genome and expression profile analysis of WRKY and RGAs in *Dactylis glomerata* showed that DG6C02319.1 and DgWRKYs may cooperate in the immunity against rust / J. Ren et al. *PeerJ.* 2021.194. 9:e11919 DOI 10.7717/peerj.11919.

29. Tronsmo, A. M. Resistance to Winter Stress Factors in Half-Sib Families of *Dactylis glomerata*, Tested in a Controlled Environment. *Acta Agric. Scand. Sect. B-Soil Plant Sci.* 1993. 43. P. 89–96.

30. Volaire F. Seedling survival under drought differs between an annual (*Hordeum vulgare*) and a perennial grass (*Dactylis glomerata*). *New Phytol.* 2003. 160 (3). P. 501–510. DOI: 10.1046/j.1469-8137.2003.00906.x.

31. Wilkins P. W., Humphreys M. O. Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. *J. Agric. Sci.* 2003. 140 (02). P. 129–150. DOI:10.1017/S0021859603003058.

resources. Millets and grasses. *Heidelberg: Springer:* 2011. P. 73–87. DOI 10.1007/978-3-642-14255-0_5.

27. Summer Dormancy and Drought Survival of Moroccan Ecotypes of Orchardgrass / N. Shaimi et al. *Crop Sci.* 2009. 49 (4). P. 1416–1424. DOI 10.2135/cropsci2008.09.0545.

28. The whole-genome and expression profile analysis of WRKY and RGAs in *Dactylis glomerata* showed that DG6C02319.1 and DgWRKYs may cooperate in the immunity against rust / J. Ren et al. *PeerJ.* 2021.194. 9:e11919 DOI 10.7717/peerj.11919.

29. Tronsmo, A. M. Resistance to Winter Stress Factors in Half-Sib Families of *Dactylis glomerata*, Tested in a Controlled Environment. *Acta Agric. Scand. Sect. B-Soil Plant Sci.* 1993. 43. P. 89–96.

30. Volaire F. Seedling survival under drought differs between an annual (*Hordeum vulgare*) and a perennial grass (*Dactylis glomerata*). *New Phytol.* 2003. 160 (3). P. 501–510. DOI: 10.1046/j.1469-8137.2003.00906.x.

31. Wilkins P. W., Humphreys M. O. Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. *J. Agric. Sci.* 2003. 140 (02). P. 129–150. DOI:10.1017/S0021859603003058.

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-11

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.8:633.1

ІННОВАЦІЇ ЗАСТОСУВАННЯ АЗОТНИХ ДОБРИВ В АГРОЦЕНОЗАХ**А. М. Шувар¹, І. І.Сеник¹, С. С. Мазур², В. Я. Брич¹, Л. Л. Беген³, О. В. Борисяк¹**¹Західноукраїнський національний університет

вул. Львівська, 11, м. Тернопіль, 46009

²Уманський національний університет садівництва

вул. Інститутська, 1, м. Умань, 20300

³Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл., 81115**Про авторів:**Антін ШУВАР,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-6016-0896Іван СЕНИК,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0003-4756-7824Сергій МАЗУР,
аспірант
ORCID: 0009-0001-9419-1703Василь БРИЧ,
доктор економічних наук
ORCID: 0000-0002-4277-5213Любов БЕГЕН,
науковий співробітник
ORCID: 0000-0002-1271-1841Олена БОРИСЯК,
кандидат економічних наук
ORCID: 0000-0003-4818-8068**Для листування:**Антін ШУВАР
e-mail: antin@ukr.net**Інформація про фінансування:**

Міністерство освіти і науки України

Отримано:

1 листопада 2024 р.

Погоджено до друку:

12 грудня 2024 р.

Наведено матеріали стосовно інноваційної технології застосування азотних добрив при вирощуванні озимих зернових культур, які є найбільш дієвим способом підвищення їх урожайності. Диференційоване внесення мінерального нітрогену відповідно до вегетаційного індексу NDVI та обсягів поглинання даного елемента живлення, дозволить агроценозам сільськогосподарських культур ефективніше використати поживні речовини, сприятиме підвищенню урожайності, зменшенню антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище, покращить екологічність вирощеної продукції. В середньому за роки проведення досліджень (2023–2024), на контролі при рівномірному розподілі азотних добрив урожайність зерна пшениці озимої становила 8,67 т/га, а при диференційованому внесенні азотних добрив за допомогою приладу Yara N-Sensor – 9,32 т/га. Приріст урожаю становив 0,65 т/га або 6,5 %.

Станом на жовтень 2024 р. закупівельна ціна зерна пшениці становила 206 \$/т, враховуючи приріст урожаю 0,65 т/га, додаткові грошові надходження з одиниці посіву становили 133,9 \$. Для окупності приладу Yara N-Sensor, вартість якого становить 40000 \$, потрібно щоб господарство його використовувало на площі 299 га в рік.

Ключові слова: індекс NDVI, удобрення, агроценоз, озимі культури.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Шувар А. М., Сеник І. І., Мазур С. С., Брич В. Я., Беген Л. Л., Борисяк О. В., 2024

Innovations in the application of nitrogen fertilizers in agrocenoses

¹Western Ukrainian National University

*Lvivska street, 11,
Ternopil city, 46009*

²Uman National University of Horticulture

Instytutska street, 1, Uman city, 20300

³Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS
Hrushevskoho street, 5, Obroshyne village, Lviv district, Lviv region, 81115

About authors:

Antin SHUVAR

ORCID: 0000-0002-6016-0896

Ivan SENYK

ORCID: 0000-0003-4756-7824

Serhii MAZUR

ORCID: 0009-0001-9419-1703

Vasyl BRYCH

ORCID: 0000-0002-4277-5213

Lubov BEGEN

ORCID: 0000-0002-1271-1841

Olena BORYSIAK

ORCID: 0000-0003-4818-8068

For corresponding:

Antin SHUVAR

e-mail: antin@ukr.net

Funding information:

Ministry of Education and Science of Ukraine

Received:

November 1, 2024

Accepted:

December 12, 2024

The article presents materials on the innovative technology of nitrogen fertilizers application in the cultivation of winter grain crops, which is the most effective way to increase the yield. Differentiated application of mineral nitrogen in accordance with the vegetation index NDVI and the amount of absorption of this nutrient will allow crop agrocenoses to use nutrients more efficiently, increase yields, reduce the anthropogenic load on the environment, and improve the environmental friendliness of the grown products. On average, over the years of research (2023–2024), the control with a uniform distribution of nitrogen fertilizers yielded 8.67 t/ha of winter wheat, and with differentiated nitrogen fertilization application using the Yara N-Sensor device – 9.32 t/ha. The yield increase was 0.65 t/ha or 6.5 %.

As of October 2024, the purchase price of wheat grain was \$ 206 per ton, and given the yield increase of 0.65 t/ha, the additional cash flow per unit of sowing was \$ 133.9. To pay off the Yara N-Sensor device, which costs \$ 40,000, the farm needs to use it on an area of 299 hectares per year.

Keywords: NDVI index, fertilizers, agrocenosis, winter crops.

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

Вступ. Однією із ключових проблем кінця XX початку XXI століття є глобальна продовольча криза, з якою стикнулося людство і яка полягає у недостатній забезпеченості населення нашої продуктами харчування [12, 13].

Як зазначають фахівці Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН

(ФАО), на сьогодні понад 935 млн або 9,2 % населення Землі відчувають дефіцит їжі, а 25000 людей щоденно помирають від голоду [11, 21].

Нестача харчових продуктів пов'язана в основному зі стрімким зростанням чисельності населення загальнопланетарного масштабу, яке

станом на 2024 р. складає більше 8 млрд осіб [16, 24].

Єдиним і незамінним шляхом розв'язання питання продовольчої безпеки планетарного масштабу є підвищення урожайності сільськогосподарських культур, які забезпечують населення харчовими продуктами [3, 8, 14, 16]. Серед них ключова роль належить зерновим культурам – пшениці, кукурудзі, рису, ячменю, житу, вівсу [2, 7, 20].

Вирішальним фактором зростання урожайності сільськогосподарських культур в Україні та світі є внесення добрив, зокрема мінеральних. Першочергове значення при цьому належить азоту. Сучасні технології вирощування зернових культур передбачають внесення нітрогену в декілька етапів задля створення оптимальних умов для росту, розвитку та максимальної реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів та гібридів зернових культур [1, 14, 18, 20].

Проте, виробництво і застосування мінеральних добрив, особливо азотних, становить серйозну небезпеку для навколишнього середовища [4, 5].

Одним зі шляхів розв'язання цієї проблеми є диференційоване внесення азотних добрив на основі даних про коефіцієнт NDVI, який можна отримати за результатами супутникового моніторингу стану посівів [10, 17, 19, 23] або в режимі реального часу з використанням приладу Yara N-Sensor [15].

У аграрному виробництві показник NDVI широко використовується для визначення стану посівів сільськогосподарських культур, зокрема і для оцінки забезпечення рослин поживними речовинами, перш за все азотом, оскільки азот відповідає за інтенсивність зеленого забарвлення рослин [9].

Приладу Yara N-Sensor вимірює коефіцієнт відбиття світла у певних діапазонах хвиль, пов'язаних із вмістом хлорофілу в культурі та біомасі. Він обчислює фактичні N-поглинання врожаю.

Весь процес визначення потреби культури в азоті та внесення необхідної кількості азотних добрив на ту чи іншу частину поля відбувається миттєво, завдяки чому рослини забезпечуються даним елементом живлення в необхідній кількості [22].

Це сприяє максимальному розкриттю генетичного потенціалу сучасних сортів та гібридів зернових культур та дозволяє зменшити забруднення навколишнього середовища [2, 15].

Матеріали і методи. Основним методом досліджень був виробничий польовий дослід, в якому на прикладі озимої пшениці вивчалось диференційоване внесення азотних добрив, що може бути використане також і для жита, ячменю та інших зернових культур.

Дослідження проводилися і з сортом РЖТ Реформ в умовах Тернопільської області. Азотні добрива вносили у формі аміачної селітри у фазі кінець кушення-початок виходу в трубку (ВВСН 30-31). Запланована норма внесення мінерального добрива 135 кг/га.

Площа облікової ділянки у виробничому досліді 10 га, повторність в досліді триразова.

Попередником для озимої пшениці в роки досліджень був соняшник. Після його збирання проводилося дискування рослинних решток та глибоке розпушення ґрунту на глибину 18–20 см. Сівба пшениці проводилася посівним комплексом Pöttinger TerrasemV 6000Z CLASSIC. Норма висіву насіння 4,5 млн/га схожих насінин. При посіві вносилося комплексне добриво Yara Mila 8-24-24 в нормі 150 кг/га.

Результати та обговорення. Норма внесення мінерального азоту для проведення підживлення в нашому досліді визначалася на основі показників приладу Yara N-Tester (рис. 1).

Пристрій вимірює вміст хлорофілу в рослині й таким чином показує кількість азоту, яка міститься в рослині та розраховує потребу в мінеральному нітрогені для отримання запланованої урожайності.



Рис. 1. Визначення потреби в мінеральному азоті за допомогою приладу Yara N-Tester для проведення підживлення озимої пшениці

Встановлено, що для отримання планової урожайності пшениці озимої, у фазі кінець кушення-початок виходу в трубку (ВВСН 30-31) потрібно внести 135 кг/га аміачної селітри або 46 кг/га д.р. азоту.

Зазначена кількість добрив по різному розподіляється по полю на варіантах досліду. Так, на контрольному варіанті внесення аміачної селітри здійснюється шляхом рівномірного його розподілу по полю.

Нашими дослідженнями встановлено, що попри відсутність видимої візуальної різниці в рості й розвитку рослин пшениці озимої, приладом Yara N-Sensor виявлено відмінності у споживанні азоту посівами озимої пшениці. Технологічно, розв'язання даного питання здійснюється шляхом навішування на трактор спеціального приладу Yara N-Sensor або за допомогою програми Yara At-farm, яка також має функцію N-Sensor (рис. 2).

За допомогою зазначеного обладнання, відбувається сканування посіву озимих та ярих зернових культур та визначаються зони неоднорідності поля із більшою чи меншою кількістю біомаси та відповідною кількістю поглинутого нітрогену.

Це дозволяє агроному оцінити реальний стан посіву вирощуваної культури та виявити проблемні місця на полі, а уже на основі даного сканування та запланованої норми внесення мінерального нітрогену прилад управляє розкидачем чи обприскувачем (у випадку застосування КАСу) змінюючи кількість внесених азотних добрив відповідно до стану посіву.

На основі просканованого приладом Yara N-Sensor агрофітоценозу пшениці озимої виявлено значні відмінності у рості й розвитку рослин, внаслідок чого на одному і тому ж полі зафіксовано зони неоднорідності. Обсяги поглинання азоту відповідно до карти поля знаходяться в межах від 37,5 до 67,5 кг/га (рис. 2).

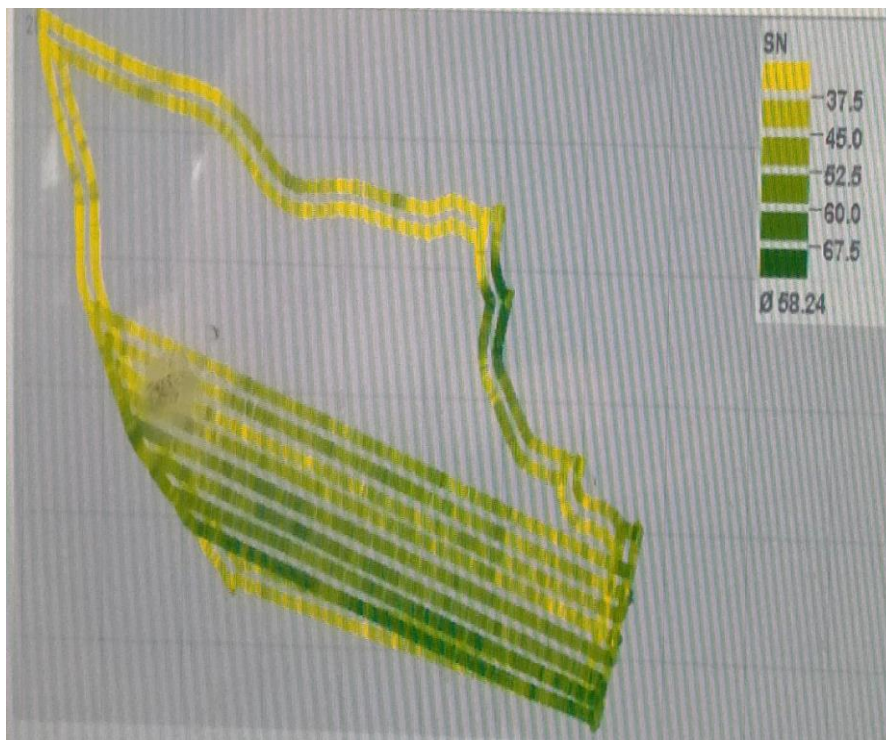


Рис. 2. Карта споживання азоту посівами озимої пшениці визначена за допомогою приладу Yara N-Sensor

Здебільшого диференційоване внесення добрив відбувається за принципом: «менша біомаса і менше поглинання азоту – більша кількість внесених азотних добрив, більша біомаса і більше поглинання рослинами нітрогену –

менша кількість внесених азотних добрив». Перед внесенням добрив розкидач було запрограмовано таким чином, що мінімальна кількість внесеної аміачної селітри становила 120 кг/га, максимальна – 150 кг/га (рис. 3).

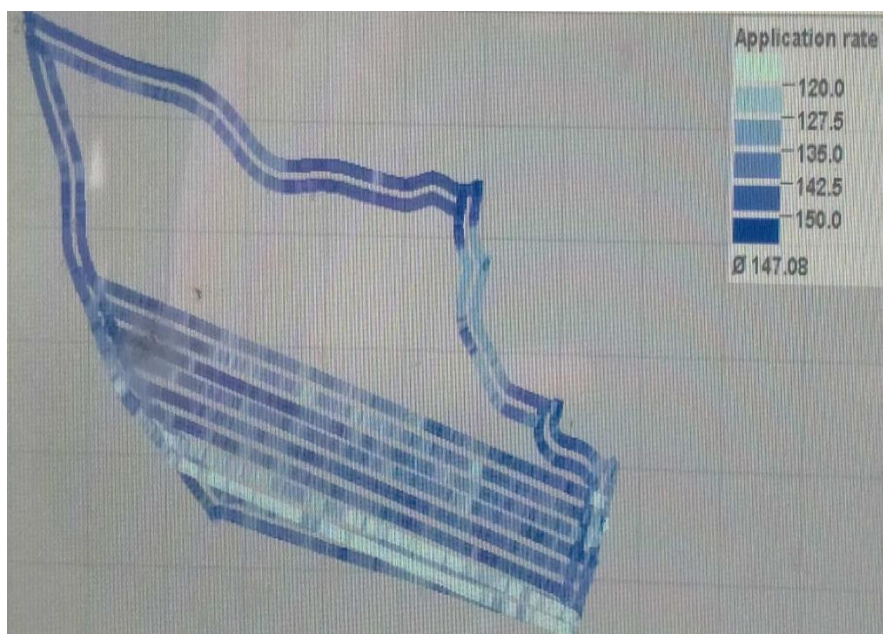


Рис. 3. Карта внесення аміачної селітри зі змінною нормою при підживленні озимої пшениці

Збирання урожаю пшениці озимої в польовому досліді засвідчило доцільність

диференційованого внесення мінерального нітрогену на її посівах (табл. 1).

1. Урожайність пшениці озимої залежно від способу розподілу мінерального азоту, т/га

Варіант досліді	Роки			Приріст до контролю			Окупність приладу, га (ціна Yara N-Sensor становить 40000\$)
	2023	2024	Середнє за 2023–2024 рр.	т/га	%	\$/га	
Контроль (традиційне рівномірне внесення азотних добрив)	7,82	9,51	8,67	–	–	–	–
Диференційоване внесення азотних добрив за допомогою приладу Yara N-Sensor	8,33	10,3	9,32	0,65	106,5	133,9	298,7
НІР ₀₅ , т/га	0,25	0,31					

Так, у 2023 р., який за комплексом метеорологічних факторів був мало сприятливим для росту, розвитку та формування урожайності досліджуваної культури, збір зерна з одного гектара становив 7,82 т/га на контролі та 8,33 т/га на дослідному варіанті із диференційованим внесенням азотних добрив за допомогою приладу Yara N-Sensor. Приріст урожаю становить 0,51 т/га, що є статистично вірогідним показником.

Сприятливі погодні умови 2024 р. забезпечили вищу урожайність пшениці на всіх варіантах досліді. На контролі вона становила 9,51 т/га, а на дослідному варіанті – 10,3 т/га. Приріст урожаю становив 0,79 т/га, що є статистично вірогідним показником, оскільки значення НІР становить 0,31 т/га.

В середньому за роки проведення досліджень (2023–2024), на контролі при рівномірному розподілі азотних добрив урожайність зерна пшениці озимої становила 8,67 т/га, а при диференційованому внесенні азотних добрив за допомогою приладу Yara N-Sensor – 9,32 т/га. Приріст урожаю становить 0,65 т/га або 6,5 %.

Станом на жовтень 2024 р. закупівельна ціна зерна пшениці становить 206 \$/т, враховуючи приріст урожаю 0,65 т/га, додаткові грошові надходження з одиниці посіву становлять 133,9 \$. Для окупності приладу Yara N-Sensor, вартість якого становить 40000 \$, потрібно щоб господарство його використовувало на площі 299 га в рік.

2. Якісні показники зерна пшениці озимої залежно від способу розподілу мінерального азоту, т (середнє за 2023–2024 рр.)

Варіант досліді	Показники якості зерна		
	вміст білка в перерахунку на суху речовину, %	вміст клейковини в перерахунку на суху речовину, %	клас якості
Контроль (традиційне рівномірне внесення азотних добрив)	10,8	18,1	4
Диференційоване внесення азотних добрив за допомогою приладу Yara N-Sensor	11,3	19,5	3

Нашими дослідженнями встановлено, що використання диференційованого внесення азотних добрив при підживленні озимої пшениці, крім підвищення урожайності позитивно позначилося на якісних показниках вирощеного урожаю (табл. 2).

Так, в середньому за 2023–2024 рр. на контрольному варіанті досліді отримано урожай зерна пшениці четвертого (фуражного) класу, а на дослідному варіанті із диференційованим внесенням

азоту за допомогою приладу Yara N-Sensor – третього (продовольчого).

Висновки. Завдяки такому розподілу азотних добрив зменшуються ризики накопичення нітратів у вирощеній продукції та потрапляння діючої речовини у ґрунтові води на відкриті водойми, відбувається вирівнювання стану посіву сільськогосподарських культур, підвищується їх урожайність та якість вирощеної продукції.

Список використаної літератури

1. Рудавська Н., Шувар А., Беген Л. Особливості формування елементів структури сумішок зернових і зернобобових культур. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69 (2). С. 108-122. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-2-7.
2. Baffes J., Koh W. C. Fertilizer Prices Expected to Stay High Over the Remainder of 2021. *World Bank Blogs*. 2021. URL: <https://blogs.worldbank.org/opendata/fertilizer-prices-expected-stay-high-over-remainder-2021> (last accessed: 25.09.2024).
3. Enhancing Essential Grains Yield for Sustainable Food Security and Bio-Safe Agriculture through Latest Innovative Approaches / G. Albahri et al. *Agronomy*. 2023, 13 (7), 1709. DOI: 10.3390/agronomy13071709.
4. Estimation of Nitrogen Content in Winter Wheat Based on Multi-Source Data Fusion and Machine Learning / Fan Ding et al. *Agriculture*. 12. (2022). 1752. DOI: 10.3390/agriculture12111752.
5. European Commission. Nitrogen pollution and the European environment: implications for air quality policy. 2013. URL: ec.europa.eu/environment/integration/research/newsaler/t/pdf/IR6_en.pdf (last accessed: 25.09.2024).
6. Evaluating nitrogen fertilization strategies to optimize yield and grain nitrogen content in top winter wheat varieties across Switzerland / A. Burton et al. *Field Crops Research*. Vol. 307. 2024. 109251. DOI: 10.1016/j.fcr.2024.109251.
7. FAO. 2022. FAOSTAT. URL: faostat.fao.org/faostat/en/#home (last accessed: 25.09.2024).
8. Formation of productivity of binary and single-species cenosis in the conditions of the western forest-steppe / N. M. Rudavska et al. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 72 (2). С. 47–63.
9. Genin V. The NDVI index: how it makes the agronomist's life easier. 2021. URL: <https://www.agronom.com.ua/indeks-ndvi-yak-vin-robyt-zhyttya-agronoma-prostishym> (last accessed: 25.09.2024).

References

1. Rudavska N., Shuvar A., Behen L. Peculiarities of the formation of elements of the structure of mixtures of grain and leguminous crops. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2021. Vol. 69 (2). P. 108-122. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-2-7.
2. Baffes J., Koh W. C. Fertilizer Prices Expected to Stay High Over the Remainder of 2021. *World Bank Blogs*. 2021. URL: <https://blogs.worldbank.org/opendata/fertilizer-prices-expected-stay-high-over-remainder-2021> (last accessed: 25.09.2024).
3. Enhancing Essential Grains Yield for Sustainable Food Security and Bio-Safe Agriculture through Latest Innovative Approaches / G. Albahri et al. *Agronomy*. 2023, 13 (7), 1709. DOI: 10.3390/agronomy13071709.
4. Estimation of Nitrogen Content in Winter Wheat Based on Multi-Source Data Fusion and Machine Learning / Fan Ding et al. *Agriculture*. 12. (2022). 1752. DOI: 10.3390/agriculture12111752.
5. European Commission. Nitrogen pollution and the European environment: implications for air quality policy. 2013. URL: ec.europa.eu/environment/integration/research/newsaler/t/pdf/IR6_en.pdf (last accessed: 25.09.2024).
6. Evaluating nitrogen fertilization strategies to optimize yield and grain nitrogen content in top winter wheat varieties across Switzerland / A. Burton et al. *Field Crops Research*. Vol. 307. 2024. 109251. DOI: 10.1016/j.fcr.2024.109251.
7. FAO. 2022. FAOSTAT. URL: faostat.fao.org/faostat/en/#home (last accessed: 25.09.2024).
8. Formation of productivity of binary and single-species cenosis in the conditions of the western forest-steppe / N. M. Rudavska et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2022. Vol. 72 (2). P. 47–63.
9. Genin V. The NDVI index: how it makes the agronomist's life easier. 2021. URL: <https://www.agronom.com.ua/indeks-ndvi-yak-vin-robyt-zhyttya-agronoma-prostishym> (last accessed: 25.09.2024).

10. Kogan F. N. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data. *Bull. Amer. Met. Soc.* 1995. Vol. 76, No. 5. P. 655-668.
11. Losing 25,000 to Hunger Every Day. United Nations. URL: un.org/en/chronicle/article/losing-25000-hunger-every-day (last accessed: 25.09.2024).
12. Maryna A. S., Yankovska Y. R. Research on the state of global food security. *Economic space*. 2023. No. 184. P. 26–30. DOI: 10.32782/2224-6282/184-4.
13. Mocherny S. V. Economic encyclopedic dictionary : In 2 volumes. 2006. Vol. 2. Lviv : Svit. 568 p.
14. Nitrogen fertilizer management for improved grain quality and yield in winter wheat in Oklahoma / Y. A. Mohammed et al. *J. Plant Nutr.* 2013. 36 (5), P. 749–761. DOI: 10.1080/01904167.2012.754039.
15. Optical Sensor-Based Algorithm for Crop Nitrogen Fertilization / W. R. Raun et al. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2005. 36. P. 2759–2781. DOI: 10.1080/00103620500303988.
16. Poluneev Yu. V. World food crisis: global hunger or a competitive advantage for Ukraine?! 2011. URL: agrosvit.info/pdf/16_2011/2.pdf (last accessed: 25.09.2024).
17. Semenova I. G. The use of vegetation indices to monitor droughts in Ukraine. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 2014. No. 14. P. 43–52.
18. Simplified N fertilization strategies for winter wheat. Part 1: plants: compensation capacity of modern wheat varieties / T. Makary et al. *Arch. Agron. Soil Sci.* 2020. 66 (6). P. 847–857. DOI: 10.1080/03650340.2019.1641697.
19. Singh R. P., Roy S., Kogan F. Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. *Int. J. Remote Sensing*. 2003. Vol. 24. No. 22. P. 4393–4402.
20. The role of wheat in global food security / M. Acevedo et al. *Agricultural Development and Sustainable Intensification: Technology and Policy Challenges in the Face of Climate Change*. 2018. P. 81–110. DOI: 10.4324/9780203733301-4.
21. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome, Italy. 2023. 316 p. DOI: 10.4060/cc3017en.
22. The Yara N-Sensor. 2021. URL: yara.co.uk/siteassets/crop-nutrition/media/uk/uk-tools-and-services/yara-n-sensor-als-2021.pdf (last accessed: 25.09.2024).
23. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations / A. Karnieli et al. *Climate*. 2010. Vol. 23. P. 618–633.
24. World Population by Country 2024. URL: worldpopulationreview.com (last accessed: 25.09.2024).
10. Kogan F. N. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data. *Bull. Amer. Met. Soc.* 1995. Vol. 76, No. 5. P. 655-668.
11. Losing 25,000 to Hunger Every Day. United Nations. URL: un.org/en/chronicle/article/losing-25000-hunger-every-day (last accessed: 25.09.2024).
12. Maryna A. S., Yankovska Y. R. Research on the state of global food security. *Economic space*. 2023. No. 184. P. 26–30. DOI: 10.32782/2224-6282/184-4.
13. Mocherny S. V. Economic encyclopedic dictionary : In 2 volumes. 2006. Vol. 2. Lviv : Svit. 568 p.
14. Nitrogen fertilizer management for improved grain quality and yield in winter wheat in Oklahoma / Y. A. Mohammed et al. *J. Plant Nutr.* 2013. 36 (5), P. 749–761. DOI: 10.1080/01904167.2012.754039.
15. Optical Sensor-Based Algorithm for Crop Nitrogen Fertilization / W. R. Raun et al. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2005. 36. P. 2759–2781. DOI: 10.1080/00103620500303988.
16. Poluneev Yu. V. World food crisis: global hunger or a competitive advantage for Ukraine?! 2011. URL: agrosvit.info/pdf/16_2011/2.pdf (last accessed: 25.09.2024).
17. Semenova I. G. The use of vegetation indices to monitor droughts in Ukraine. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 2014. No. 14. P. 43–52.
18. Simplified N fertilization strategies for winter wheat. Part 1: plants: compensation capacity of modern wheat varieties / T. Makary et al. *Arch. Agron. Soil Sci.* 2020. 66 (6). P. 847–857. DOI: 10.1080/03650340.2019.1641697.
19. Singh R. P., Roy S., Kogan F. Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. *Int. J. Remote Sensing*. 2003. Vol. 24. No. 22. P. 4393–4402.
20. The role of wheat in global food security / M. Acevedo et al. *Agricultural Development and Sustainable Intensification: Technology and Policy Challenges in the Face of Climate Change*. 2018. P. 81–110. DOI: 10.4324/9780203733301-4.
21. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome, Italy. 2023. 316 p. DOI: 10.4060/cc3017en.
22. The Yara N-Sensor. 2021. URL: yara.co.uk/siteassets/crop-nutrition/media/uk/uk-tools-and-services/yara-n-sensor-als-2021.pdf (last accessed: 25.09.2024).
23. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations / A. Karnieli et al. *Climate*. 2010. Vol. 23. P. 618–633.
24. World Population by Country 2024. URL: worldpopulationreview.com (last accessed: 25.09.2024).

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-12

Оригінальна наукова стаття

УДК 636.32/.38:663.127:636.084

**ЯКІСНІ І КІЛЬКІСНІ ЗМІНИ МІКРОБІОТИ РУБЦЯ,
ЇЇ ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ У ЛАКТУЮЧИХ ВІВЦЕМАТОК
ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТУ ПІДСИСНИХ ЯГНЯТ
ЗА АЛІМЕНТАРНОЇ ДІЇ ДРІЖДЖОВИХ БІОДОБАВОК****С. О. Вовк, Г. М. Седіло, М. А. Петришин, І. В. Польовий**

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

Про авторів:

Стах ВОВК,
доктор біологічних наук
ORCID: 0000-0002-1439-5483

Григорій СЕДІЛО,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-3314-337X

Мирон ПЕТРИШИН,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-6610-5804

Іван ПОЛЬОВИЙ,
доктор філософії
ORCID: 0000-0001-6643-7158

Для листування:

Стах ВОВК
e-mail: vovkstah@gmail.com

Інформація про фінансування:
Національна академія аграрних
наук України

Отримано:
4 листопада 2024 р.
Погоджено до друку:
11 грудня 2024 р.

Наведено результати досліджень щодо метаболічної і продуктивної дії про- і пребіотичних препаратів вітчизняного виробництва, виготовлених на основі хлібопекарських дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, за використання їхніх добавок у раціонах годілі лактуючих вівцематок.

Дослідження проведено в умовах вівцеферми Державного підприємства «Дослідне господарство (ДПДГ) “Грусятичі”» (зона Прикарпаття) та відділу дрібного тваринництва Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН на 7 групах лактуючих вівцематок асканійської м'ясо-вовнової породи з кросбредною вовною, по 5 голів у кожній, підібраних за принципом аналогів упродовж 2-місячного зимово-весняного стійлового періоду (лютий – березень). Основний добовий раціон годівлі вівцематок контрольної групи складався із лучного злаково-різнотравного сіна (1,5 кг) та стандартного комбікорму К 83-19-89 (0,7 кг), що забезпечувало їхню потребу у поживних речовинах, макро- і мікроелементах згідно з вітчизняними нормами годівлі. Тварини мали вільний доступ до питної води.

По завершенні експериментального періоду після ранкової годівлі від 3 вівцематок кожної із піддослідних груп за допомогою рото-стравохідного зонда відбирали рубцеву рідину, в якій визначали кількісний склад мікробів, інфузорій і мікроскопічних грибків та амілолітичну, протеолітичну і целюлозолітичну ферментативну активність мікробіоти. Оцінку продуктивних якостей народжених вівцематками ягнят проводили шляхом визначення середньодобових приростів їхньої живої маси за період від народження до відлучення.

Проведеними дослідженнями встановлено, що пребіотичний препарат Ензимактив (ЕА), введений у кількостях 0,4; 0,8 і 1,2 %, та пребіотичний препарат Інактивовані сухі глютаціонові дріжджі (ІСГД), доданий у дозах 1,0; 1,4 і 1,8 % від маси комбікорму, стимулюють розмноження і життєдіяльність рубцевої мікробіоти, її ферментативну активність та підвищують інтенсивність росту підсисних ягнят. Найбільш виражений стимулюючий вплив на якісний і кількісний склад мікробіоти рубця, її метаболічну активність у лактуючих вівцематок та ріст і розвиток отриманих від них ягнят виявляє 0,8 % пребіотику ЕА і 1,4 % пребіотику ІСГД від маси комбікорму.

Ключові слова: лактуючі вівцематки, підсисні ягнята, хлібопекарські дріжджі, пребіотики, пребіотики, мікробіота рубця, продуктивність тварин.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Вовк С. О., Седіло Г. М., Петришин М. А., Польовий І. В., 2024

Qualitative and quantitative changes in the rumen microbiota of lactating ewes and the growth intensity of suckling lambs under the nutrition effect of yeast bioadditives

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

About authors:

Stakh VOVK
ORCID: 0000-0002-1439-5483

Hryhorii SEILO
ORCID: 0000-0002-3314-337X

Myron PETRYSHYN
ORCID: 0000-0002-6610-5804

Ivan POLOVYI
ORCID: 0000-0001-6643-7158

For corresponding:

Stakh VOVK
e-mail: vovkstah@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:
November 4, 2024
Accepted:
December 11, 2024

The article presents the results of research of the metabolic and productive effects of domestically produced pro- and prebiotic preparations, made on the basis of *Saccharomyces cerevisiae* baker's yeast by using them as additives in the feed rations of lactating ewes.

The research was carried out in the conditions of the sheep farm of the State Research Farm "Grusyatchi" (Carpathian foothills zone) and the department of small animal husbandry of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Sciences of Ukraine on 7 groups of lactating ewes of the Askanian meat-wool breed with crossbred wool, 5 heads in each group, selected according to the principle of analogues in the 2-month winter-spring stall period (February – March). The main daily feeding ration of the ewes of control group consisted of meadow grass hay (1.5 kg) and standard compound feed K 83-19-89 (0.7 kg), which provided the animals' need for nutrients, macro- and microelements in accordance with domestic feeding standards. Animals had free access to drinking water. At the end of the experimental period, after the morning feeding, from 3 ewes of each of the experimental groups, with the help of an oroesophageal probe, rumen fluid was collected, in which the numerical composition of microbes, ciliates and microscopic fungi and the amylolytic, proteolytic and cellulolytic enzymatic activity of the microbiota were determined. Evaluation of the productive qualities of lambs born by ewes was carried out by determining the average growth of their live weight during the period from birth to weaning.

The conducted studies established that the probiotic preparation Enzymactiv (EA), introduced in quantities of 0.4; 0.8 and 1.2 % and the prebiotic preparation Inactivated dry glutathione yeast (IDGY), added in doses of 1.0; 1.4 and 1.8 % of the mass of compound feed stimulates the reproduction and vital activity of ruminal microbiota, their enzymatic activity and increases the intensity of growth of suckling lambs. The most pronounced stimulating effect on the qualitative and quantitative composition of the rumen microbiota, its metabolic activity in lactating ewes and the growth and development of lambs obtained from them is revealed by 0.8 % EA probiotic and IDGY prebiotic in quantity of 1.4 % respectively from weight of combined fodder.

Keywords: lactating ewes, suckling lambs, baker's yeast, probiotics, prebiotics, rumen microbiota, animal productivity.

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

Вступ. Широкомаштабне використання у тваринництві різних видів антибіотиків у період до 2000 р. для профілактики інфекційних захворювань та інтенсифікації росту тварин стало причиною виникнення у них антибіотикорезистентності [19, 20, 29, 31, 33]. Оскільки подальше використання антибіотиків загрожувало не лише здоров'ю тварин, але і людей, у 2006 р. Європейський Союз ухвалив рішення про

заборону їхнього застосування у тваринництві як засобів для профілактики захворювань та стимуляції росту [33]. Виходячи з цього, вчені низки країн розпочали активний пошук ефективних альтернативних замінників антибіотиків для потреб тваринництва. Слід наголосити на тому, що саме різні штами дріжджових грибків та біодобавок, виготовлених на їхній основі, найбільш широко використовують у годівельній практиці

жуйних тварин в останнє десятиліття [3, 4, 7–10, 11–16, 22, 24, 25, 27, 30, 33].

До дріжджових грибків належить близько 100 родів і 2000 різних видів, які відрізняються специфікою морфологічної будови клітин та впливом на метаболізм різних субстратів [4, 33]. Серед усіх видів грибків та кормових біодобавок, виготовлених на їхній основі, як стимулятори обміну речовин в організмі та інтенсивності росту жуйних тварин найбільш широко використовують хлібопекарські дріжджові грибки *Saccharomyces cerevisiae* [4, 7, 9, 10, 11–16, 23]. Вони характеризуються високим вмістом протеїну, полісахаридів, амінокислот, нуклеотидів, вітамінів, макро- і мікроелементів та низкою невідомих на сьогодні біологічно активних інгредієнтів [7, 23, 26, 33].

Дослідженнями, проведеними в останні роки, встановлено, що використання про- і пребіотичних добавок у раціонах жуйних тварин активує метаболічні процеси у симбіотичній мікрофлорі передшлунків, зокрема рубця [5–8, 17, 18, 26, 28, 32]. Вказані біодобавки сприяють засвоєнню мінеральних речовин, поліпшують гомеостаз білків, ліпідів і глюкози в організмі, стимулюють імунний захист у тварин [10, 15, 17, 11–14, 26]. Враховуючи те, що дослідження такого плану в основному виконували на великій рогатій худобі [4–6, 8, 10, 11–16, 21, 25, 30, 32], а у науковій літературі надто обмежена інформація щодо метаболічної дії про- і пребіотичних препаратів за використання їх у раціонах різних вікових груп овець [9, 17], метою нашої роботи було дослідження впливу різних кількостей про- і пребіотичних препаратів, виготовлених на основі дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, у раціонах годівлі на якісний кількісний склад мікробіоти вмісту рубця, її ферментативну активність у лактуючих вівцематок та інтенсивність росту народжених ягнят.

Матеріали і методи. Дослідження проведено на базі вівцеферми ДПДГ “Грусятичі” (природно-кліматична зона Прикарпаття) та відділу дрібного тваринництва Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН на лактуючих вівцематках та підсисних ягнятах асканійської м’ясо-вовнової породи з кросбредною вовною у зимово-весняний 2-місячний період (лютий – березень). З цією метою відібрано 7 груп тварин, по 5 голів у кожній. Основний раціон годівлі лактуючих вівцематок у стійловий період складався із злаково-різнотравного лучного сіна (1,3 кг г/гол./добу) і стандартного комбікорму К 80-6-89 (700 г/гол./добу) і був збалансований за основними поживними речовинами (перетравним протеїном, мікро- та макроелементами, каротином) згідно з вітчизняними чинними нормами відповідно до їх фізіологічного стану.

До складу комбікорму вівцематок I, II і III дослідних груп вводили пробіотик Ензимактив (ЕА), а до IV, V і VI груп – пребіотик Інактивовні сухі глютаціонові дріжджі (ІСГД) у кількостях, наведених у табл. 1.

По завершенні періоду досліду від вівцематок кожної групи було відібрано вміст рубця після ранкової годівлі за допомогою рото-стравохідного зонда для проведення біохімічних та мікробіологічних досліджень.

У рубцевій рідині піддослідних тварин визначали загальну кількість мікробів, інфузорій та грибків, а також амілолітичну, протеолітичну та целюлозолітичну ферментативну активність мікробіоти за методиками, описаними у довіднику В. В. Влізла та ін. [1].

Загальну кількість мікробів, інфузорій та мікроскопічних грибків у рубцевій рідині вівцематок визначали згідно з методиками, наведеними у ДСТУ (10444.12-88; 29184-91; ISO 6887-1:2003; ISO 4833:2006).

1. Схема проведення досліджень

Групи	Кількість тварин у групі (гол.)	Склад добового раціону
Контрольна	5	Основний раціон (ОР) без добавок
I дослідна	5	ОР + 0,4 % ЕА від маси комбікорму
II дослідна	5	ОР + 0,8 % ЕА від маси комбікорму
III дослідна	5	ОР + 1,2 % ЕА від маси комбікорму
IV дослідна	5	ОР + 1,0 % ІСГД від маси комбікорму
V дослідна	5	ОР + 1,4 % ІСГД від маси комбікорму
VI дослідна	5	ОР + 1,8 % ІСГД від маси комбікорму

Для оцінки інтенсивності росту підсисних ягнят визначали середньодобові прирости їхньої живої маси за період від народження до відлучення від вівцематок у 3-місячному віці.

Отримані цифрові дані опрацьовували статистично з використанням стандартної комп'ютерної програми Microsoft Excel [2].

Результати та обговорення. Результати досліджень щодо дозозалежної метаболічної і продуктивної дії аліментарного використання дріжджових біодобавок вітчизняного виробництва у лактуючих вівцематок наведено у табл. 2–4.

Дані табл. 2 свідчать про те, що як пробіотик ЕА, так і пребіотик ІСГД за їхнього аліментарного використання у лактуючих вівцематок виявляють суттєвий дозозалежний вплив на якісний і кількісний склад мікробіоти рубця. За підвищення

рівня ЕА у комбікормі із 0,4 до до 1,2 % від його маси загальна чисельність мікробів у рубцевому середовищі вівцематок зростає на 13,4–35,3 %, інфузорій – на 1,8–4,9 %, мікроскопічних грибків – на 57,7–93,4 % ($P < 0,05–0,001$). Ці результати вказують на те, що пробіотик ЕА є біологічно активною кормовою добавкою, яка, попадаючи у рубцеве середовище, стимулює розмноження мікробіоти у цьому відділі травного тракту овець. Щодо пребіотика ІСГД (табл. 2), то ця дріжджова кормова добавка до раціону вівцематок здійснює специфічну дію на якісні і кількісні зміни мікрофлори рубця. Зокрема, використання пребіотика ІСГД у дозах 1,0–1,8 % у складі комбікорму лактуючих вівцематок від його маси збільшує чисельність мікробів у рубцевому середовищі на 35,2–74,1 %, мікроскопічних грибків – на 74,4–100,1 % ($P < 0,01–0,001$) і практично не виявляє впливу на кількість рубцевих інфузорій.

2. Якісний і кількісний склад мікробіоти рубцевої рідини піддослідних лактуючих вівцематок ($M \pm m, n = 5$)

Показники	Групи тварин						
	контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна	IV дослідна	V дослідна	VI дослідна
Загальна кількість мікроорганізмів, МТ/см ³	$(3,20 \pm 0,15) \times 10^{12}$	$(3,63 \pm 0,09) \times 10^{12}$	$(3,67 \pm 0,07) \times 10^{12}$	$(4,33 \pm 0,18) \times 10^{12}$	$(4,30 \pm 0,06) \times 10^{12}$	$(4,40 \pm 0,06) \times 10^{12}$	$(5,57 \pm 0,12) \times 10^{12}$
Кількість інфузорій, клітин/см ³	$(5,67 \pm 0,09) \times 10^5$	$(5,90 \pm 0,17) \times 10^5$	$(5,77 \pm 0,19) \times 10^5$	$(5,93 \pm 0,21) \times 10^5$	$(5,63 \pm 0,20) \times 10^5$	$(5,73 \pm 0,18) \times 10^5$	$(5,67 \pm 0,23) \times 10^5$
Кількість мікроскопічних грибків, КУО/см ³	$(3,17 \pm 0,19) \times 10^4$	$(5,00 \pm 0,26) \times 10^4$	$(5,33 \pm 0,23) \times 10^4$	$(6,13 \pm 0,30) \times 10^4$	$(5,53 \pm 0,18) \times 10^4$	$(6,27 \pm 0,23) \times 10^4$	$(6,37 \pm 0,29) \times 10^4$

Примітка. У цій і наступних таблицях зірочками позначено статистичну вірогідність даних щодо тварин контрольної групи: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. МТ – мікробні тіла, КУО – колонієутворювальні одиниці.

Поряд із суттєвою стимуляцією розмноження рубцевої мікробіоти аліментарне застосування про- і пребіотичних дріжджових добавок у лактуючих вівцематок активує ензиматичну активність мікроорганізмів рубця (табл. 3). Як видно із даних цієї таблиці, використання пребіотика ЕА і пребіотика ІСГД у комбікормі тварин у досліджуваних дозах підвищує амілолітичну активність мікробіоти рубця

відповідно в 1,1–1,2 та 1,3–1,6 рази, а целюлозолітичну активність – в 1,1–1,2 та 1,2–1,3 рази ($P < 0,05$). Також слід зауважити (табл. 3), що добавка пребіотика ЕА до комбікорму тварин в означених дозах дещо стимулює протеолітичну активність мікробіоти рубця, тоді як включення пребіотика ІСГД не виявляє впливу на вказану ферментативну активність мікрофлори.

3. Ферментативна активність мікробіоти рубцевої рідини у лактуючих вівцематок ($M \pm m, n = 5$)

Показники	Контрольна група	Дослідні групи					
		I	II	III	IV	V	VI
Амілолітична активність, ум. од.	0,82±0,01	0,87±0,02	0,85±0,03	0,95±0,03*	1,19±0,08*	1,1±0,05*	1,33±0,15*
Протеолітична активність, мікроекв. тирозину, 100 мг/хв	2,87±0,18	2,97±0,23	3,40±0,17	3,50±0,15*	2,63±0,12	2,06±0,29	2,70±0,21
Целюлозолітична активність, %	18,00±1,00	19,33±0,88	20,11±0,58	16,71±0,67	20,37±2,52	22,23±1,15	22,15±1,00*

Проведеними дослідженнями встановлено також, що вітчизняні дріжджові біодобавки пребіотик ЕА і пребіотик ІСГД, додані до комбікорму лактуючих вівцематок в означених дозах, поряд із активацією розмноження рубцевих мікроорганізмів та їхньої ферментативної активності підвищують інтенсивність росту народжених матками ягнят (табл. 4). Хоч ми не встановили за експериментальний період статистично вірогідних різниць у

середьодобових приростах живої маси ягнят, народжених піддослідними вівцематками, проте у ягнят II дослідної групи (тварини отримували у складі комбікорму 0,8 % пребіотика ЕА) і IV дослідної групи (матки отримували у складі комбікорму 1,4 % пребіотика ІСГД) вони були відповідно на 9,5 і 9,4 % вищими, ніж у ягнят, отриманих від вівцематок контрольної групи.

4. Показники інтенсивності росту ягнят, народжених піддослідними вівцематками ($M \pm m, n = 5$)

Групи тварин	Жива маса ягнят, кг		
	при народженні	при відлученні	середньодобовий приріст
Контрольна	4,36 ± 0,10	20,80 ± 0,37	0,202 ± 0,005
I дослідна	4,24 ± 0,09	20,80 ± 0,86	0,204 ± 0,009
II дослідна	4,52 ± 0,05	22,60 ± 0,93	0,221 ± 0,007
III дослідна	4,44 ± 0,09	21,60 ± 0,60	0,209 ± 0,005
IV дослідна	4,26 ± 0,06	21,20 ± 0,49	0,210 ± 0,005
V дослідна	4,28 ± 0,12	21,80 ± 0,66	0,220 ± 0,008
VI дослідна	4,26 ± 0,07	21,20 ± 0,80	0,210 ± 0,006

Підводячи підсумок отриманих результатів, слід зазначити, що вітчизняний

пребіотичний препарат Ензимактив і пребіотичний препарат Інактивовані сухі

глютатіонові дріжджі, виготовлені на основі хлібопекарських дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, введені до складу раціонів лактуючих вівцематок у досліджуваних кількостях, стимулюють розмноження рубцевої мікрофлори, її ферментативну активність та підвищують інтенсивність росту народжених ягнят.

Висновки. Введення добавок пробіотику Ензимактив (ЕА) до комбікому лактуючих вівцематок у дозах 0,4; 0,8 і 1,2 % та пребіотику Інактивовані сухі

глютатіонові дріжджі (ІСГД) у дозах 1,0; 1,4 і 1,8 % від його маси стимулює розмноження мікробіоти рубця і її ензиматичну активність та підвищує інтенсивність росту підсисних ягнят. Найбільш виражений стимулюючий вплив на життєдіяльність мікробіоти рубцевого середовища, її ферментативну активність та прирости живої маси підсисних ягнят виявляє 0,8 % пробіотику ЕА та 1,4 % пребіотику ІСГД у складі комбікорму годівлі лактуючих вівцематок.

Список використаної літератури

1. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / за ред. В. В. Влізла. Львів : СПОЛОМ, 2012. 762 с.
2. Петровська І. Р., Салига Ю. Т., Вудмаска І. В. Статистичні методи у біологічних дослідженнях : навч.-метод. посіб. Київ : Аграрна наука, 2022. 172 с.
3. Application of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* in food processing: A review / M. A. Lazo-Velez et al. *J. Appl. Microbiol.* 2018. 125. P. 943–951.
4. A review on effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as feed additives in ruminants performance / F. Sundus et al. *Journal of Entomology and Zoology Studies.* 2018. 6 (2). P. 629–635. DOI: 10.13140/RG.2.2.10675.37926.
5. Arowolo M. A., He J. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review. *Anim. Nutr.* 2018. Vol. 4, issue 3. P. 241–249.
6. Burdick Sanchez N. C., Broadway P. R., Carroll J. A. Influence of Yeast Products on Modulating Metabolism and Immunity in Cattle and Swine. *Animals.* 2021. Vol. 11, issue 2. P. 371–379. DOI: 10.3390/ani11020371.
7. Del Valle J. C., Bonadero M. C., Fernández-Gimenez A. V. *Saccharomyces cerevisiae* as probiotic, prebiotic, synbiotic, postbiotics and parabiotics in aquaculture: An overview. *Aquaculture.* 2023. 15. P. 569–577.
8. Dietary supplementation of yeast cell wall improves the gastrointestinal development of weaned calves / J. Ma et al. *Anim. Nutr.* 2020. Vol. 6, issue 4. P. 507–512. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.06.003.
9. Effect of cell wall of *Saccharomyces cerevisiae* on the expression of SBD-1 in cultured ruminal epithelial cells of sheep / Q. Z. Tian et al. *Acta Vet. et Zootech. Sin.* 2018. 49. P. 927–934.
10. Effect of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on rumen fermentation and metabolic profile of dairy cows in early lactation / D. Kumprechtova et al. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2019. Vol. 103, issue 2. P. 447–455. DOI: 10.1111/jpn.13048.

References

1. Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine : dovidnyk / za red. V. V. Vlizla. Lviv : SPOLOM, 2012. 762 p.
2. Petrovska I. R., Salyha Yu. T., Vudmaska I. V. Statistical methods in biological research : navch.-metod. posib. Kyiv : Ahrarna nauka, 2022. 172 p.
3. Application of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* in food processing: A review / M. A. Lazo-Velez et al. *J. Appl. Microbiol.* 2018. 125. P. 943–951.
4. A review on effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as feed additives in ruminants performance / F. Sundus et al. *Journal of Entomology and Zoology Studies.* 2018. 6 (2). P. 629–635. DOI: 10.13140/RG.2.2.10675.37926.
5. Arowolo M. A., He J. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review. *Anim. Nutr.* 2018. Vol. 4, issue 3. P. 241–249.
6. Burdick Sanchez N. C., Broadway P. R., Carroll J. A. Influence of Yeast Products on Modulating Metabolism and Immunity in Cattle and Swine. *Animals.* 2021. Vol. 11, issue 2. P. 371–379. DOI: 10.3390/ani11020371.
7. Del Valle J. C., Bonadero M. C., Fernández-Gimenez A. V. *Saccharomyces cerevisiae* as probiotic, prebiotic, synbiotic, postbiotics and parabiotics in aquaculture: An overview. *Aquaculture.* 2023. 15. P. 569–577.
8. Dietary supplementation of yeast cell wall improves the gastrointestinal development of weaned calves / J. Ma et al. *Anim. Nutr.* 2020. Vol. 6, issue 4. P. 507–512. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.06.003.
9. Effect of cell wall of *Saccharomyces cerevisiae* on the expression of SBD-1 in cultured ruminal epithelial cells of sheep / Q. Z. Tian et al. *Acta Vet. et Zootech. Sin.* 2018. 49. P. 927–934.
10. Effect of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on rumen fermentation and metabolic profile of dairy cows in early lactation / D. Kumprechtova et al. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2019. Vol. 103, issue 2. P. 447–455. DOI: 10.1111/jpn.13048.

11. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on nutrient digestibility, rumen fermentation and plasma biochemical parameters of Xiangzhong Black beef / L. Chen et al. *J. Anim. Nutr.* 2017. 29. P. 3359–3365.

12. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on performance, nutrient apparent digestibility and serum indices of lactating dairy cows / D. N. Zhou et al. *Chin. J. Anim. Nutr.* 2018. 30. P. 2741–2748.

13. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on performance and rumen fermentation and microbiota in dairy cows fed a diet containing low quality forage / W. Zhu et al. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2017. 8. P. 36–49. DOI: 10.1186/s40104-017-0167-3.

14. Effects of *Saccharomyces Cerevisiae* Fermentation Products on the Microbial Community throughout the Gastrointestinal Tract of Calves / J. X. Xiao et al. *Animals.* 2019. Vol. 9, issue 1. P. 4–15. DOI: 10.3390/ani9010004.

15. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on growth performance, plasma metabolites and hormones, and rumen fermentation in Holstein calves during pre- and post-weaning periods / K. Takemura et al. *Anim. Sci. J.* 2020. Vol. 91, issue 1. e13402-13412. DOI: 10.1111/asj.13402.

16. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on milk production, insulin sensitivity and immune response in transition dairy cows during hot season / A. H. Nasiri et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2019. 251. P. 112–123. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.03.00.

17. Effects of yeast mannan oligosaccharides on Growth performance, serum immune and inflammatory indices and Antioxidant indices of Mongolian sheep / M. X. Xie et al. *Chin. J. Anim. Nutr.* 2018. 30. P. 219–226.

18. Isolation and Characterization of Yeasts from Rumen Fluids for Potential Use as Additives in Ruminant Feeding / C. Suntura et al. *Vet. Sci.* 2021. Vol. 8, issue 3. P. 52–59. DOI: 10.3390/vetsci8030052.

19. Markowiak P., Śliżewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathog.* 2018. 10 (1). P. 21–35.

20. Prebiotics and Probiotics in Feed and Animal Htalth / A. Anadon et al. *Nutraceuticals in Veterinary Medicine.* Springer, Cham, 2019. P. 261–285. DOI: 10.1007/978-3-030-04624-8-19.

21. Productive and Reproductive Performances of Primi-parous Friesian Cows Treated with Yeast Culture / W. Wafa et al. *J. Anim. Poult. Prod.* 2020. 11. P. 331–337. DOI: 10.21608/jappmu.2020.118216.

22. Prospect of yeast probiotic inclusion enhances livestock feeds utilization and performance: An overview / M. M. Elghandour et al. *Biomass. Convers. Bior.* 2022. P. 1–13.

23. Research progress on application of *Saccharomyces cerevisiae* in animal production / D. Bin et al. *Feed Res.* 2019. 7. P. 114–116.

24. *Saccharomyces cerevisiae* and *Hanseniaspora osmophila* strains as yeast active cultures for potential probiotic applications / P. Fernandes-Pacheco et al. *Food Funct.* 2019. 10. P. 4924–4931.

11. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on nutrient digestibility, rumen fermentation and plasma biochemical parameters of Xiangzhong Black beef / L. Chen et al. *J. Anim. Nutr.* 2017. 29. P. 3359–3365.

12. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on performance, nutrient apparent digestibility and serum indices of lactating dairy cows / D. N. Zhou et al. *Chin. J. Anim. Nutr.* 2018. 30. P. 2741–2748.

13. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on performance and rumen fermentation and microbiota in dairy cows fed a diet containing low quality forage / W. Zhu et al. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2017. 8. P. 36–49. DOI: 10.1186/s40104-017-0167-3.

14. Effects of *Saccharomyces Cerevisiae* Fermentation Products on the Microbial Community throughout the Gastrointestinal Tract of Calves / J. X. Xiao et al. *Animals.* 2019. Vol. 9, issue 1. P. 4–15. DOI: 10.3390/ani9010004.

15. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on growth performance, plasma metabolites and hormones, and rumen fermentation in Holstein calves during pre- and post-weaning periods / K. Takemura et al. *Anim. Sci. J.* 2020. Vol. 91, issue 1. e13402-13412. DOI: 10.1111/asj.13402.

16. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on milk production, insulin sensitivity and immune response in transition dairy cows during hot season / A. H. Nasiri et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2019. 251. P. 112–123. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.03.00.

17. Effects of yeast mannan oligosaccharides on Growth performance, serum immune and inflammatory indices and Antioxidant indices of Mongolian sheep / M. X. Xie et al. *Chin. J. Anim. Nutr.* 2018. 30. P. 219–226.

18. Isolation and Characterization of Yeasts from Rumen Fluids for Potential Use as Additives in Ruminant Feeding / C. Suntura et al. *Vet. Sci.* 2021. Vol. 8, issue 3. P. 52–59. DOI: 10.3390/vetsci8030052.

19. Markowiak P., Śliżewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathog.* 2018. 10 (1). P. 21–35.

20. Prebiotics and Probiotics in Feed and Animal Htalth / A. Anadon et al. *Nutraceuticals in Veterinary Medicine.* Springer, Cham, 2019. P. 261–285. DOI: 10.1007/978-3-030-04624-8-19.

21. Productive and Reproductive Performances of Primi-parous Friesian Cows Treated with Yeast Culture / W. Wafa et al. *J. Anim. Poult. Prod.* 2020. 11. P. 331–337. DOI: 10.21608/jappmu.2020.118216.

22. Prospect of yeast probiotic inclusion enhances livestock feeds utilization and performance: An overview / M. M. Elghandour et al. *Biomass. Convers. Bior.* 2022. P. 1–13.

23. Research progress on application of *Saccharomyces cerevisiae* in animal production / D. Bin et al. *Feed Res.* 2019. 7. P. 114–116.

24. *Saccharomyces cerevisiae* and *Hanseniaspora osmophila* strains as yeast active cultures for potential

25. *Saccharomyces cerevisiae* boulardii CNCM I-1079 affects health, growth, and fecal microbiota in milk-fed veal calves / C. Villot et al. *J. Dairy Sci.* 2019. 102. P. 7011–7025. DOI: 10.3168/jds.2018-16149.
26. Scientific and practical aspects of the use of pro-, pre- and synbiotics in the feeding of ruminants against the background of research conducted in Ukraine / S. Vovk et al. *Acta Sci. Pol. Zootechnica.* 2022. (21) 4. P. 5–16. DOI: 10.21005/asp.2022.21.4.01.
27. Shurson G. C. Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2018. Vol. 235. P. 60–76.
28. Singhal B., Chaudhary N. Metabiotics as functional metabolites of probiotics: An emerging concept and its potential application in food and health. *Biotechnical Processing in the Food Industry.* Apple Academic Press, 2021. P. 207–236.
29. Staniszewski A., Kordowska-Wiater M. Probiotic and Potentially Probiotic Yeasts – Characteristics and Food Application. *Foods.* 2021. Vol. 10, issue 6. P. 1306–1315. DOI: 10.3390/foods10061306.
30. Supplementing a yeast probiotic to pre-weaning Holstein calves: Feed intake, growth and fecal biomarkers of gut health / Z. X. He et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2017. 226. P. 81–87. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2017.02.010.
31. The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics / M. J. Mbarga et al. *Vet. World.* 2021. 14 (2). P. 319–328.
32. Yeast cell wall supplementation alters the performance and health of beef heifers during the receiving period / T. R. Young et al. *Prof. Anim. Sci.* 2017. Vol. 33, issue 2. P. 166–175. DOI: 10.15232/pas.2016-01511.
33. Yeast Probiotic and Yeast Products in Enhancing Livestock Feeds Utilization and Performance: An Overview / Y. Pang et al. *J. Fungi.* 2022. Vol. 8, issue 11. P. 1191–1203. DOI: 10.3390/jof8111191.
- probiotic applications / P. Fernandes-Pacheco et al. *Food Funct.* 2019. 10. P. 4924–4931.
25. *Saccharomyces cerevisiae* boulardii CNCM I-1079 affects health, growth, and fecal microbiota in milk-fed veal calves / C. Villot et al. *J. Dairy Sci.* 2019. 102. P. 7011–7025. DOI: 10.3168/jds.2018-16149.
26. Scientific and practical aspects of the use of pro-, pre- and synbiotics in the feeding of ruminants against the background of research conducted in Ukraine / S. Vovk et al. *Acta Sci. Pol. Zootechnica.* 2022. (21) 4. P. 5–16. DOI: 10.21005/asp.2022.21.4.01.
27. Shurson G. C. Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2018. Vol. 235. P. 60–76.
28. Singhal B., Chaudhary N. Metabiotics as functional metabolites of probiotics: An emerging concept and its potential application in food and health. *Biotechnical Processing in the Food Industry.* Apple Academic Press, 2021. P. 207–236.
29. Staniszewski A., Kordowska-Wiater M. Probiotic and Potentially Probiotic Yeasts – Characteristics and Food Application. *Foods.* 2021. Vol. 10, issue 6. P. 1306–1315. DOI: 10.3390/foods10061306.
30. Supplementing a yeast probiotic to pre-weaning Holstein calves: Feed intake, growth and fecal biomarkers of gut health / Z. X. He et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2017. 226. P. 81–87. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2017.02.010.
31. The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics / M. J. Mbarga et al. *Vet. World.* 2021. 14 (2). P. 319–328.
32. Yeast cell wall supplementation alters the performance and health of beef heifers during the receiving period / T. R. Young et al. *Prof. Anim. Sci.* 2017. Vol. 33, issue 2. P. 166–175. DOI: 10.15232/pas.2016-01511.
33. Yeast Probiotic and Yeast Products in Enhancing Livestock Feeds Utilization and Performance: An Overview / Y. Pang et al. *J. Fungi.* 2022. Vol. 8, issue 11. P. 1191–1203. DOI: 10.3390/jof8111191.

Оригінальна наукова стаття

УДК 631:636.4:631.862:504.05

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПЛИВУ РІЗНИХ ДОЗ БІОПРЕПАРАТІВ
НА ЕМІСІЮ ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ З ГНОЮ СВИНЕЙ****М. І. Воробель**

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

Про авторів:

Марія ВОРОБЕЛЬ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0003-4387-4173

Для листування:

Марія ВОРОБЕЛЬ
e-mail: vorobelmariia@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:

9 жовтня 2024 р.

Погоджено до друку:

4 листопада 2024 р.

Антропогенний вплив сільського господарства на атмосферу здійснюється внаслідок нагромадження побічної продукції тваринництва, що слугує джерелом емісії забруднювальних речовин, включаючи й шкідливі гази – аміак (NH_3), сірководень (H_2S), оксид (NO) та закис азоту (N_2O), метан (CH_4), діоксид вуглецю (CO_2). Галузь тваринництва, зокрема свинарство, займає одну з провідних ланок щодо забезпечення харчової безпеки держави та одночасно є продуцентом значного обсягу відходів, накопичення яких призводить до негативного впливу на довкілля. Основою запланованих досліджень було встановлення ефективності застосування біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост у різних дозах на рівень емісії шкідливих газів – NH_3 , H_2S , NO , CH_4 , CO_2 з відходів свиней *in vitro*. Аналіз одержаних результатів свідчить про зменшення викидів досліджуваних газів з гною свиней за використання різних доз біопрепаратів – АгроМар D і Редуклін-Компост, однак найкращі результати спостерігаються у дозі – 40 мл/м³. При порівняльній оцінці впливу вищевказаних біопрепаратів на емісію шкідливих газів з відходів свиней слід зазначити, що рівень виділення NH_3 знижується за внесення біопрепаратів – АгроМар D й Редуклін-Компост, відповідно до 10,2 % та 15,7 %, H_2S – до 12,2 % і 20,8 %, NO – до 11,5 % й 13,3 %, CH_4 – до 6,9 % та 10,3 %, CO_2 – до 13,1 % і 14,4 %. Одночасно зі зменшенням викидів газів додавання біопрепаратів забезпечує і нижчий рівень показника рН гною. Таким чином, одержані дані вказують на доцільність використання досліджуваних біопрепаратів, зокрема Редуклін-Компосту для зниження рівня емісії шкідливих газів за зберігання гною, так і безпосередньо у приміщеннях для утримання свиней, що забезпечить зменшення негативних наслідків діяльності галузі свинарства на стан довкілля, тим самим, запобігаючи порушенню екологічної рівноваги у природному середовищі.

Ключові слова: свинарство, забруднення, відходи, шкідливі гази, біопрепарати.

Effectiveness of the influence of different doses of biopreparations on the emission of harmful gases from pig manure

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

About authors:

Mariia VOROBEL
ORCID: 0000-0003-4387-4173

For corresponding:

Mariia VOROBEL
e-mail: vorobelmariia@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

October 9, 2024

Accepted:

November 4, 2024

The anthropogenic influence of agriculture on the atmosphere is carried out due to the accumulation of by-products of animal husbandry, which serves as a source of emission of pollutants, including harmful gases – ammonia (NH₃), hydrogen sulfide (H₂S), nitric oxide (NO), nitrous oxide (N₂O), methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂). The livestock industry, in particular pig farming, occupies one of the leading links in ensuring the food security of the state and at the same time is a producer of a significant amount of waste, the accumulation of which leads to a negative impact on the environment. The basis of the planned research was the establishment of the effectiveness of the use of biopreparations – AgroMar D and Reduklin-Compost in different doses on the level of emission of harmful gases – NH₃, H₂S, NO, CH₄, CO₂ from pig waste *in vitro*. The analysis of the obtained results indicates a reduction in emission of the studied gases from pig manure when using different doses of biopreparations – AgroMar D and Reduklin-Compost, but the best results were observed at a dose of 40 ml/m³. In a comparative assessment of the influence of the above biopreparations on the emission of harmful gases from pig waste, it should be noted that the level of NH₃ release decreases with the introduction of biopreparations AgroMar D and Reduklin-Compost, respectively, to 10.2 % and 15.7 %, H₂S – to 12.2 % and 20.8 %, NO – to 11.5 % and 13.3 %, CH₄ – to 6.9 % and 10.3 %, CO₂ – to 13.1 % and 14.4 %. Simultaneously with the reduction of release of gases, the addition of biopreparations ensures a lower level of the manure pH indicator. Thus, the obtained data indicate the expediency of using the studied biopreparations, in particular, Reduklin-Compost to decrease the level of harmful gases release during manure storage. It can be used as well directly in premises for keeping pigs, which will ensure a reduction of the negative effects of pig farming on the environment, thereby preventing violation of the ecological balance in the natural environment.

Keywords: pig farming, pollution, waste, harmful gases, biopreparations.

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

Вступ. Тваринництво є стратегічною галуззю сільського господарства і національної економіки, оскільки насичує продовольством не лише внутрішній ринок нашої держави, але є істотним резервом для експортного потенціалу країни, а також забезпечує промисловість – сировиною, а рослинницьку галузь, зокрема землеробство – органічними добривами [8, 13, 17, 21, 24]. Однією із продуктивних галузей тваринництва є свинарство, що відіграє ключову роль у забезпеченні населення продукцією за відносно короткий період і характеризується швидкою її окупністю [21]. У структурі

світового балансу м'яса перше місце займає свинина (близько 37,6 %), друге місце – м'ясо птиці (35 %), третє – яловичина (22,8 %) [13]. У нашій державі за виробництвом продукції тваринництва дана галузь займає друге місце після птахівництва [15], а частці свинини із загального фонду споживання м'яса належить в середньому 37 %. Теперішній рівень споживання м'яса в нашій державі дещо вище мінімальної норми (52 кг) і становить за 2023 р. – 54,7 кг на одну людину на рік, однак є нижчим від раціональної норми, рекомендованої МОЗ України – 83 кг, тобто на 28,3 кг або на

34,1 % [5]. Сільськогосподарське виробництво безпосередньо пов'язане з умовами зовнішнього природного середовища, наявністю й можливістю використання природних ресурсів, а саме: землі, води, лісів, рослин й тварин [12]. При веденні галузі тваринництва, в тому числі й свинарства, внаслідок функціонування сільськогосподарських підприємств, одночасно з основною продукцією спостерігається нагромадження в значно більшій кількості побічних продуктів тваринного походження, зокрема відходів, а останні сприяють зростанню антропогенного навантаження на довкілля [15, 18, 23, 25, 36]. Найбільша кількість гною утворюється у скотарстві – 44 %, свинарстві – 39 %, а птахівництво відповідає за накопичення 17 % відходів [18]. Так, за виробництва 1 л молока (за продуктивності 5 тис. л на рік) утворюється 4 кг екскрементів, 1 кг свинини (за приростів живої маси 600 г на день) – 11 кг, 1 кг яловичини – 30 кг (за приростів 1 кг на день), а одержання 1 кг м'яса птиці продукує 4,6 кг відходів і це без врахування води та підстилки, що потрапляє у гній [3]. Відходи тваринництва слугують не лише органічним добривом у сільському господарстві, а і є джерелом надходження у довкілля надмірної кількості газоподібних аерополітантів, в тому числі шкідливих газів – метану, діоксиду вуглецю, оксиду азоту, аміаку, сірководню тощо [18, 23, 29, 32, 37]. Таким чином, сільськогосподарські підприємства виступають потужними забруднювачами повітряного середовища, водних джерел, ґрунту, що тим самим сприяє зменшенню їх рентабельності та конкурентоспроможності.

У доповіді Міжурядової групи експертів зі зміни клімату зазначається про вплив на глобальне потепління сільського господарства, якому відводиться 10–12 % світових обсягів викидів парникових газів [6, 20, 32, 34]. За даними Food and Agriculture Organization of the United Nations емісія парникових газів в секторі сільського, лісового й рибного господарства впродовж останніх 50 років

підвищилася вдвічі та прогнозується зростання до 2050 р. ще на 30 % [26]. Згідно з оцінками закордонних вчених, тваринництво відповідає за 44 % викидів антропогенного метану, 53 % – закису азоту і 5 % – діоксиду вуглецю, які обумовлюють глобальне потепління [41]. Кліматичні зміни виникають внаслідок поглинання парниковими газами тепла і затримання теплового випромінювання та проявляються підвищенням температурного режиму, зростанням частоти й потужності природних катастроф і катаклізмів, виникненням кислотних дощів, утворенням атмосферного аерозолі й зменшенням запасів питної води тощо [1, 11, 16, 24, 28]. Аналіз літературних джерел свідчить, що потенціал глобального потепління такого парникового газу, як метан, вищий у 21–34 рази, ніж діоксиду вуглецю і він накопичується в атмосфері до 12 років [26, 30, 32, 36]. Водночас із цим, роль та вплив на зміну клімату N_2O згідно з даними багатьох авторів, ще більший й перевищує аналогічні показники CO_2 у 265–310 раз [1, 12, 32, 34, 36]. Останній викликає деструкцію стратосферного озонового шару, що захищає живі організми від шкідливого ультрафіолетового випромінювання сонця [1, 36]. Непрямим джерелом N_2O є аміак, який осідає в поверхневих водах і може спричинити евтрофікацію водойм, сприяє виникненню кислотних дощів, підкисленню ґрунтів та пов'язаний з утворенням аерозолів [9, 31]. Також виникненню кислотних дощів, а відтак і зміні клімату сприяє сірководень, який серед побічних продуктів розкладання гною вважається найтоксичнішим газом з неприємним запахом [31]. Боротьба зі зміною клімату є глобальним викликом, а розв'язання цієї проблеми висвітлено у ряді укладених міжнародних угод: 1992 р. – Рамкова конвенція ООН про зміну клімату, 1997 р. – Кіотський протокол, 2016 р. – Паризька угода. Україна у Паризькій угоді зобов'язалася обмежити викиди парникових газів на рівні, який до 2030 р. не перевищуватиме 60 % від рівня 1990 р. [12, 22].

У структурі тваринництва, свинарство займає друге місце після скотарства за рівнем викидів парникових газів (метану і закису азоту), а за виділенням їх із гною – перше [15]. Викиди метану від розкладання гною свиней є вищими (3,19 кг/голову/рік), у порівнянні з викидами від кишкової ферментації (1,5 кг/голову/рік) [4]. Відповідно до Національного кадастру антропогенних викидів парникових газів за обсягами їх утворення в Україні друге місце належить екскрементам тварин, а на свинарство – з усіх галузей тваринництва припадає 46 %, тоді як скотарство займає 30 %, птахівництво – 20 %, а інші види тварин – 4 %. Аналіз джерел літератури свідчить, що забруднення довкілля від комплексу при утриманні 100 тис. голів свиней аналогічне промислового центру з населенням 400–500 тис. осіб [8, 10]. Дослідженнями інших вчених встановлено, що від підприємства з вирощування 108 тис. свиней відбувається розповсюдження специфічного запаху на відстань до 5 км [7]. У сучасних умовах одним із найважливіших питань є охорона довкілля, а ефективне ведення галузі тваринництва неможливе без цілеспрямованого, науково обґрунтованого підходу в цій сфері [23, 26, 32]. Таким чином, актуальності набуває питання не лише забезпечення продовольчої безпеки населення нашої держави, але й мінімізація негативного впливу на довкілля одержаної побічної продукції, забезпечення добробуту тварин і одночасного підвищення прибутковості та рентабельності галузі.

Перспективним завданням сьогодення є пошук ефективних засобів та способів для зменшення забруднення навколишнього природного середовища шкідливими газами від продуктів життєдіяльності свиней і тому даному питанню присвячується дослідженням низки вчених. Аналіз літературних джерел свідчить, що для зниження емісії окремого газу, переважно аміаку чи сірководню, з органічних відходів галузі свинарства широко застосовуються органічні речовини –

солома, торф [27] природні сорбенти [2, 33], рослинні олії [38] або кислоти, а останні є небезпечні й шкідливі у використанні [35, 39]. Меншого поширення у свинарстві набули препарати на основі ефективних мікроорганізмів, і це в основному для нейтралізації запаху аміаку, а рідше метану [14, 40]. Таким чином, актуальним залишається завдання зменшення впливу на довкілля викидів комплексу газів з гною свиней.

Тому, метою досліджень було з'ясування впливу різних доз біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост на рівень емісії шкідливих газів – NH_3 , H_2S , NO , CH_4 , CO_2 з гною свиней за анаеробного бродіння (*in vitro*).

Матеріали і методи.

Експериментальні дослідження щодо встановлення ефективності впливу біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост у різних дозах – 20 мл/м^3 ; 40 та 60 мл/м^3 на рівень емісії шкідливих газів – NH_3 , H_2S , NO , CH_4 , CO_2 з гною свиней проведено *in vitro* згідно з методикою О. Г. Скляра та ін. [19]. Зразки гною свиней відібрано у ДП «ДГ «Радехівське» Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. У процесі проведення даного експерименту в лабораторних умовах використано електрохімічні, математично-статистичні та аналітичні методи. Впродовж дослідження температура підтримувалася в межах психрофільного режиму. Для забезпечення анаеробних умов у експерименті використано герметично закриті місткості. З метою дотримання стабільності процесу біоферментації вологість субстрату становила 92 %.

Для зменшення емісії шкідливих газів – NH_3 , H_2S , NO , CH_4 , CO_2 після проходження етапів гідролізу, окислення та ацетогенезу на 11 добу в зброжений гній свиней (*in vitro*) додавали біопрепарати АгроМар D та Редуклін-Компост у різних дозах – 20 мл/м^3 ; 40 та 60 мл/м^3 , представлені у таких варіантах: I варіант – контроль (без внесення речовин); II – АгроМар D, 20 мл/м^3 ; III – АгроМар D, 40 мл/м^3 ; VI –

АгроМар D, 60 мл/м³; V – Редуклін-Компост, 20 мл/м³; VI – Редуклін-Компост, 40 мл/м³; VII варіант – Редуклін-Компост, 60 мл/м³. Кожен варіант досліджу мав трикратну повторність. Умови перебігу процесу біоферментації були аналогічні, як у контрольному варіанті, де анаеробне зброджування субстрату відбувалося шляхом природної мікрофлори гною, так і у дослідних аналогах із внесенням різних доз – 20–60 мл/м³ досліджуваних біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост.

Визначення рівня виділення шкідливих газів – NH₃, H₂S, NO, CH₄, CO₂ при анаеробній ферментації гною свиней (*in vitro*) здійснювали за допомогою сигналізатора-аналізатора газів Дозор С-М-5 (свідоцтво про перевірку законодавчо регульованого засобу вимірювальної техніки № 84709/92 і сертифікат відповідності № UA.TR.002.CB.1234-19). У контролі й дослідних варіантах проводили вимірювання зазначених вище газів кожні три доби після внесення біопрепаратів впродовж місяця. У експерименті на початку та по його завершенні визначали кислотність (pH) приладом рН-метр Тур N5170.

Математично-статистичний аналіз одержаних результатів досліджень проводили методами варіаційної статистики за допомогою стандартного пакета прикладних програм *Microsoft Excel* та *AtteStat* з використанням *t*-критерію Стьюдента. Розраховували середні арифметичні величини (M) та похибки середніх арифметичних ($\pm m$). Різниця між середніми арифметичними значеннями вважали вірогідними за: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001.

Результати та обговорення. Аналіз експериментальних даних, одержаних при виконанні дослідження, свідчить, що найефективніша дія на зменшення рівня емісії шкідливих газів – NH₃, H₂S, NO, CH₄, CO₂ з гною свиней (*in vitro*) за використання різних доз (20 мл/м³; 40 і 60 мл/м³) біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост спостерігається на сьому добу. Водночас із цим, пролонгованість позитивного впливу на зниження виділення досліджуваних газів зі зброженого субстрату свиней за внесення біопрепаратів у різних дозах поступово зменшувалася до 31 доби експерименту.

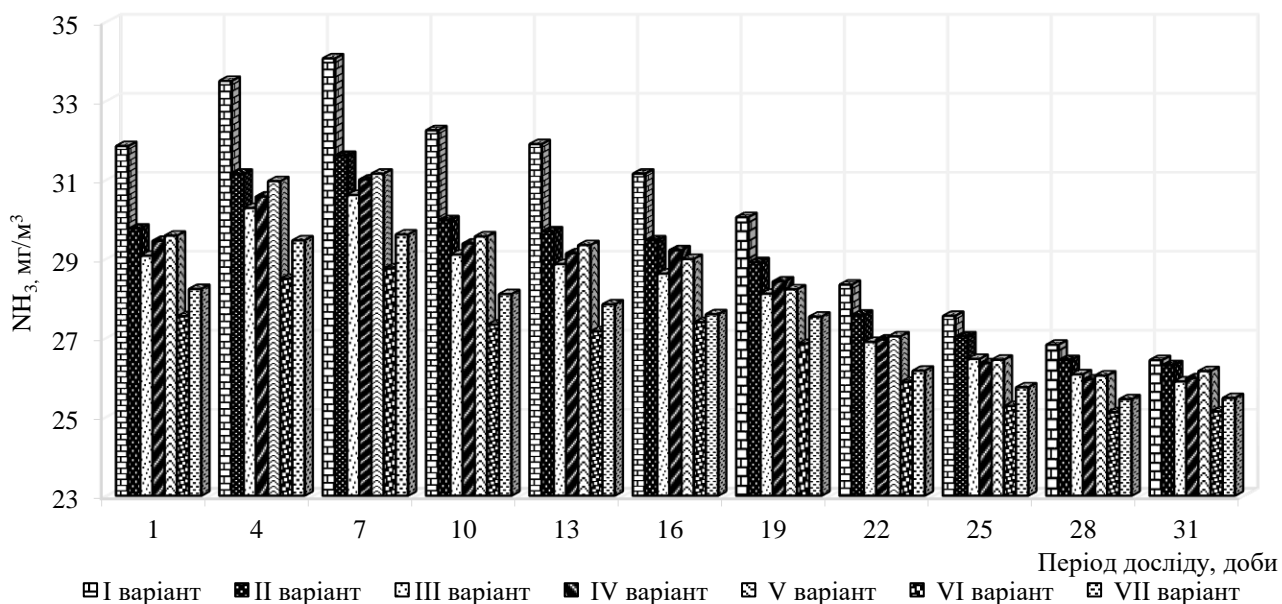


Рис. 1. Рівень емісії NH₃ з гною свиней у варіантах із застосуванням різних доз біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост

У результаті використання біопрепарату АгроМар D у різних дозах – 20 мл/м³; 40 та 60 мл/м³ відбувається зменшення емісії аміаку (рис. 1) з гною свиней (*in vitro*), щодо контролю, залежно від доби експерименту, відповідно, на 6,6 %, 8,7 (P<0,05) і 7,5 % (P<0,05) – 1 доба, на 7,3 % 10,2 та 9,1 % – 7 доба, на 0,5 %; 2,0 й 1,7 % – 31 доба. Додавання до органічних відходів свиней біопрепарату Редуклін-Компост в аналогічних кількостях (20–60 мл/м³) сприяє нижчому рівню виділення NH₃, у порівнянні з контрольним варіантом, а саме: 1 доба – на 7,1 %; 13,5 (P<0,01) і 11,4 %, з підвищенням ефективності дії на 7 добу, відповідно до – 8,7 %; 15,7 (P<0,001) та 13,2 % (P<0,01), а в останню добу досліджень – на 1,1 %; 4,9 й 3,7 %.

У процесі проведення дослідження встановлено, що при внесенні у

досліджуваний субстрат гною свиней біопрепарату АгроМар D (рис. 2) у різних дозах – 20 мл/м³; 40 та 60 мл/м³ спостерігається зменшення емісії H₂S (*in vitro*), залежно від доби, відповідно, на 7,1 % (P<0,01); 10,9 (P<0,01) і 9,9 % (P<0,01) – 1 доба, на 8,3 % (P<0,01); 12,2 (P<0,01) та 11,4 % (P<0,01) – 7 доба, на 1,1 %; 2,3 й 1,6 % – 31 доба, проти контролю. Використання Редуклін-Компосту у вище зазначених кількостях (20–60 мл/м³) обумовлює зниження рівня викидів сірководню з органічних відходів свиней, відповідно 1 доба – на 13,7 % (P<0,001); 18,8 (P<0,001) і 16,1 % (P<0,001), 7 доба – на 14,5 % (P<0,001); 20,8 (P<0,001) та 18,3 % (P<0,001), 31 доба експерименту – на 3,2 %; 5,9 (P<0,05) й 4,7 %, відносно контрольного аналога.

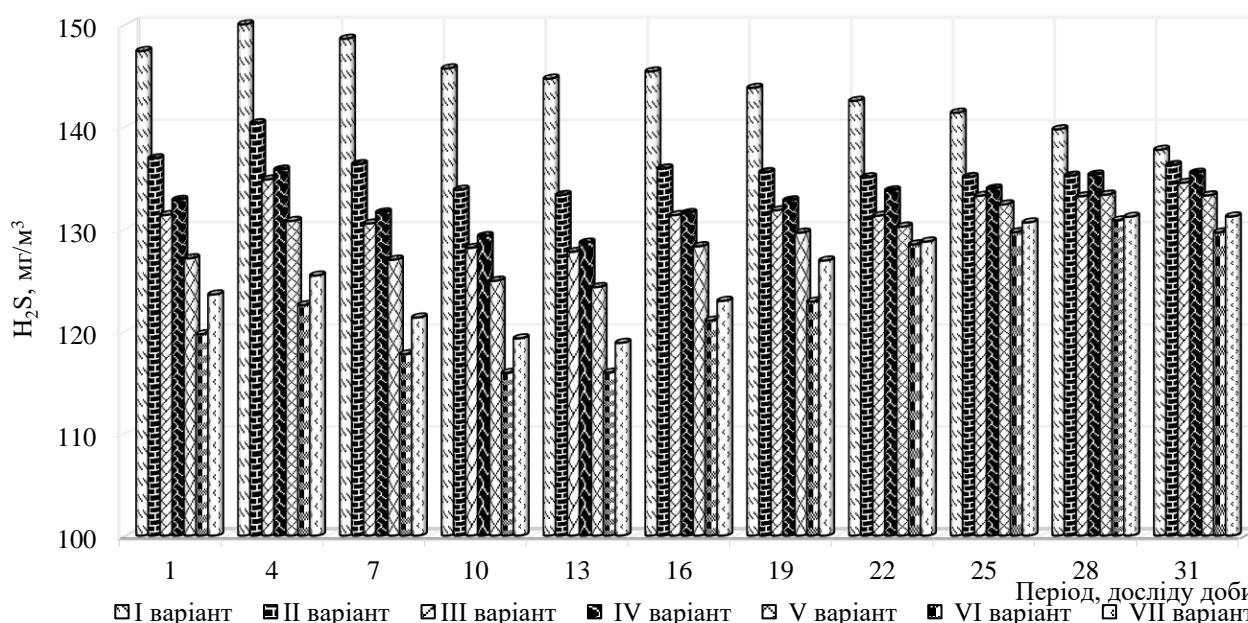


Рис. 2. Рівень емісії H₂S з гною свиней у варіантах із застосуванням різних доз біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост

На підставі проведених досліджень слід відзначити зменшення емісії NO (рис. 3) з продуктів життєдіяльності свиней при додаванні біопрепарату АгроМар D. Зокрема, при додаванні різних доз – 20 мл/м³; 40 і 60 мл/м³ досліджуваного препарату, рівень викидів цього парникового газу з гною (*in vitro*), залежно

від доби, нижчий, відповідно на 7,5 %; 10,8 і 9,6 % – 1 доба, на 8,1 %; 11,5 та 10,4 % – 7 доба, на 1,0 %; 1,2 й 1,1 % – 31 доба, порівняно з контрольним варіантом. Внаслідок внесення в органічні відходи свиней біопрепарату Редуклін-Компост в аналогічних кількостях (20–60 мл/м³) спостерігається зменшення виходу оксиду

азоту, відносно контролю, а саме: 1 доба – на 7,0 %; 12,7 і 9,9 %, 7 доба – на 7,9 %; 13,3 та

11,3 %, 31 доба дослідження – на 0,8 %; 2,0 й 1,1 %.

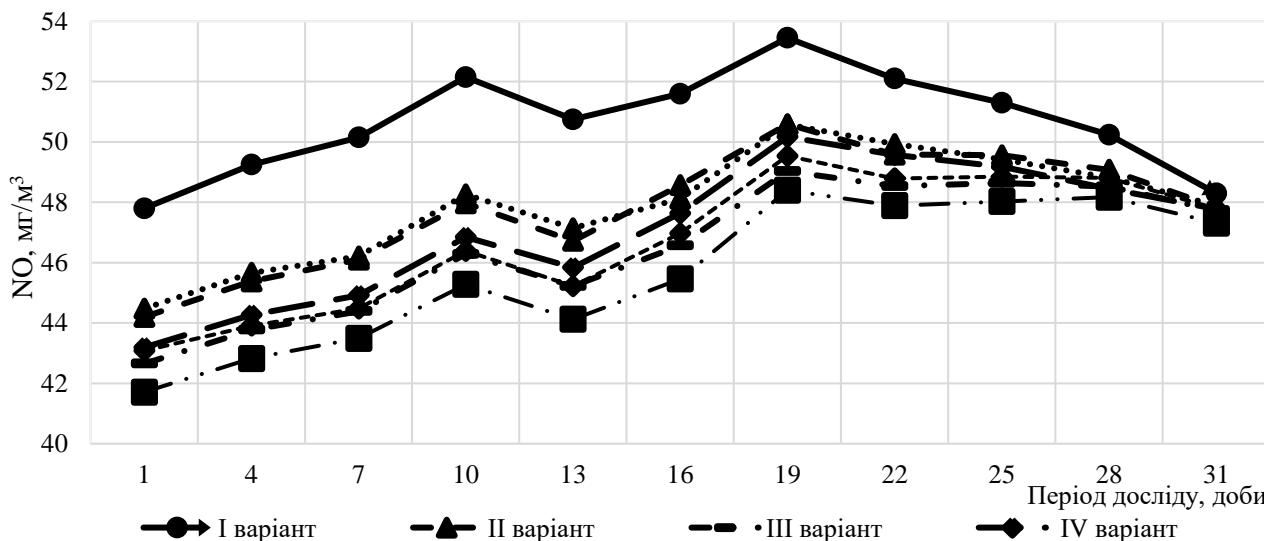


Рис. 3. Рівень емісії NO з гною свиней у варіантах із застосуванням різних доз біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост

За результатами проведених досліджень встановлено, що використання біопрепарату АгроМар D у різних дозах – 20 мл/м³; 40 і 60 мл/м³ призводить до нижчої емісії, такого парникового газу, як метан (табл.) з гною свиней (*in vitro*), залежно від доби, а саме: на 3,9 %; 6,0 та 5,7 % – 1 доба, на 4,2 %; 6,9 й 6,6 % (P<0,05) – 7 доба, на 0,4 %; 0,9 й 0,7 % – 31

доба, порівняно з контрольним аналогом. При внесенні у продукти життєдіяльності свиней біопрепарату Редуклін-Компост у зазначених вище кількостях (20–60 мл/м³), відбувається зменшення викидів СН₄, щодо контрольного варіанту, відповідно, 1 доба – на 6,1 %; 9,9 та 7,9 %, 7 доба – на 6,2 %; 10,3 (P<0,05) і 8,2 % (P<0,05), 31 доба – на 0,7 %; 3,7 й 1,5 %.

Рівень емісії СН₄ та СО₂ з гною свиней у варіантах із застосуванням різних доз біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост, М±m, n=3

Період досліджу, доби	Показники рівня емісії парникових газів з гною свиней, л/м ³					
	Контроль	СН ₄		Контроль	СО ₂	
		АгроМар D	Редуклін-Компост		АгроМар D	Редуклін-Компост
		20 мл/м ³	20 мл/м ³		20 мл/м ³	20 мл/м ³
		40 мл/м ³	40 мл/м ³		40 мл/м ³	40 мл/м ³
		60 мл/м ³	60 мл/м ³		60 мл/м ³	60 мл/м ³
1	2	3	4	5	6	7
1	3,4±0,02	3,27±0,28	3,19±0,30	12,7±0,73	11,95±0,54	11,63±0,70
		3,20±0,15	3,06±0,13		11,34±0,66	11,09±0,66
		3,21±0,48	3,13±0,23		11,60±0,38	11,34±0,71
4	4,6±0,05	4,41±0,47	4,32±0,35	11,54±0,52	10,82±0,54	10,49±0,76
		4,29±0,31	4,14±0,65		10,17±0,35	10,00±0,55
		4,30±0,36	4,23±0,30		10,45±0,75	10,23±0,88
7	5,5±0,03	5,27±0,37	5,16±0,27	10,68±0,60	9,95±0,14	9,66±0,41
		5,12±0,19	4,94±0,18*		9,28±0,33	9,15±0,38
		5,14±0,11*	5,05±0,10*		9,55±0,22	9,33±0,64

1	2	3	4	5	6	7
10	7,30±0,05	7,00±0,26	6,86±0,35	8,65±0,48	8,08±0,68	7,84±0,63
		6,81±0,26	6,56±0,36		7,52±0,33	7,42±0,27
		6,82±0,39	6,70±0,18*		7,75±0,33	7,57±0,33
13	6,80±0,04	6,53±0,41	6,39±0,61	9,25±0,38	8,68±0,91	8,40±0,60
		6,36±0,31	6,12±0,61		8,08±0,62	7,95±0,17*
		6,36±0,33	6,25±0,22		8,32±0,62	8,13±0,28
16	5,65±0,06	5,44±0,44	5,33±0,31	10,35±0,48	9,79±0,52	9,47±0,34
		5,34±0,21	5,11±0,23		9,30±0,61	9,00±0,29
		5,36±0,26	5,22±0,32		9,40±0,27	9,26±0,31
19	5,15±0,04	4,97±0,23	4,89±0,39	10,95±0,48	10,46±0,4	10,17±0,21
		4,88±0,29	4,68±0,25		9,99±0,24	9,66±0,23
		4,91±0,37	4,78±0,36		10,02±0,13	9,93±0,32
22	4,95±0,04	4,79±0,40	4,71±0,22	11,48±0,67	11,00±0,45	10,69±0,30
		4,71±0,12	4,56±0,39		10,72±0,77	10,38±0,25
		4,73±0,52	4,64±0,24		10,75±0,80	10,52±0,43
25	4,84±0,05	4,71±0,32	4,63±0,29	12,75±0,18	12,25±0,48	11,96±0,79
		4,66±0,24	4,51±0,28		12,04±0,29	11,65±0,25*
		4,69±0,25	4,58±0,39		12,06±0,35	11,84±0,50
28	4,67±0,05	4,57±0,31	4,52±0,26	13,25±0,63	12,78±0,78	12,69±0,45
		4,55±0,17	4,42±0,25		12,67±0,97	12,44±0,63
		4,56±0,21	4,45±0,42		12,74±0,25	12,58±0,74
31	4,5±0,02	4,48±0,33	4,47±0,31	14,1±0,85	13,94±0,73	13,67±0,54
		4,46±0,40	4,33±0,26		13,54±0,73	13,60±0,24
		4,47±0,36	4,43±0,35		13,85±0,30	13,57±0,73

Примітка. Різниця вірогідна щодо контролю – * $P < 0,05$.

Рівень емісії діоксиду вуглецю за анаеробної ферментації гною свиней (*in vitro*) при додаванні різних кількостей – 20 мл/м³; 40 і 60 мл/м³ біопрепарату АгроМар D є нижчим, залежно від доби експерименту, а саме: на 5,9 %; 10,7 та 8,7 % – 1 доба, на 6,9 %; 13,1 і 10,6 % – 7 доба, на 1,2 %; 4,0 й 1,8 % – 31 доба, відносно контролю. Водночас із цим, у варіантах із використанням біопрепарату Редуклін-Компостом в аналогічних кількостях (20–60 мл/м³), спостерігається зменшення виділення CO₂ з органічних відходів свиней, відповідно, 1 доба – на 8,5 %; 12,7 та 10,7 %, 7 доба – на 9,5 %; 14,4 і 12,6 %, 31 доба – на 3,1 %; 3,6 й 3,8 %, щодо контролю.

Підсумовуючи одержані експериментальні дані у процесі проведення дослідження слід зазначити, що за зниження рівня емісії досліджуваних шкідливих газів – NH₃, H₂S, NO, CH₄, CO₂ з

гною свиней при анаеробній ферментації (*in vitro*) внаслідок застосування біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост відбувається пригнічення ферментативних процесів, підтвердженням чьому є рівень показника кислотності, який є ключовим фактором, що визначає спрямованість бродіння (рис. 4). Зокрема, рН гною свиней (*in vitro*) у всіх варіантах до внесення досліджуваних препаратів на початку експерименту, а в контролі й після його завершення, знаходилося в межах – 6,2–6,5. Однак, внесення використаних біопрепаратів обумовлює зменшення водневого показника, а саме: у варіантах із біопрепаратом АгроМар D – до 6,07, а з біопрепаратом Редуклін-Компост – до 5,72, що свідчить про пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів за рахунок зростання концентрації іонів H⁺. Таким чином, необхідно зазначити, що досліджувані препарати – АгроМар D та

Редуклін-Компост у дозі, що в найбільшій мірі зменшувала рівень емісії шкідливих газів – NH_3 , H_2S , NO , CH_4 , CO_2 з гною

свиней (*in vitro*) одночасно забезпечувала і найнижчий показник рН.

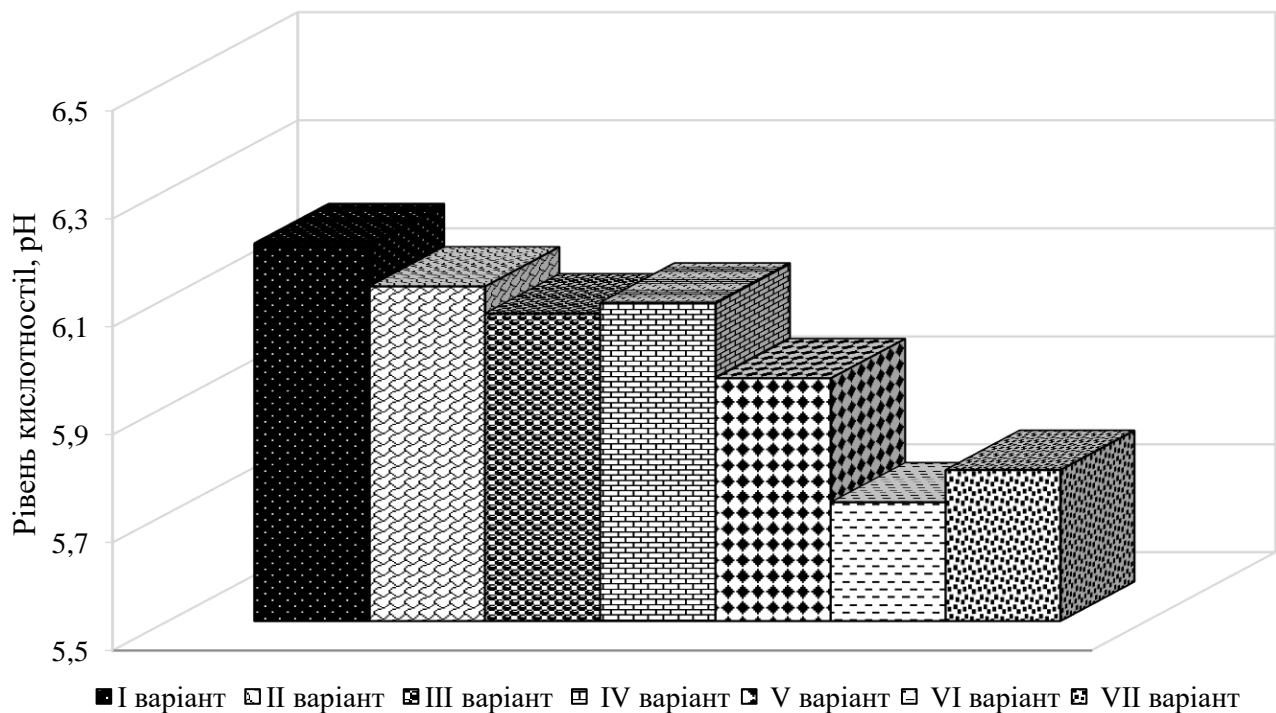


Рис. 4. Рівень кислотності гною свиней у варіантах із застосуванням досліджуваних біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост

Отже, аналіз результатів досліджень свідчить, що застосовані біопрепарати – АгроМар D та Редуклін-Компост у різних дозах – 20 мл/м^3 ; 40 і 60 мл/м^3 проявляють позитивний вплив на зменшення рівня виділення шкідливих газів – NH_3 , H_2S , NO , CH_4 , CO_2 з гною свиней за анаеробної ферментації (*in vitro*). Експериментально встановлено, що найефективніша дія на зниження емісії вищезазначених газів з органічних відходів галузі свинарства спостерігається у варіантах із біопрепаратами – АгроМар D та Редуклін-Компост у дозі – 40 мл/м^3 , тоді як збільшення кількості їх внесення – до 60 мл/м^3 не показало кращих результатів.

Порівняльна оцінка досліджуваних біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост свідчить про ефективніший вплив на зменшення викидів шкідливих газів – NH_3 , H_2S , NO , CH_4 , CO_2 з гною свиней (*in vitro*) біопрепарату Редуклін-Компост. Зокрема, біопрепарат Редуклін-Компост

забезпечує зниження рівня емісії NH_3 з відходів свиней, відносно контролю, до $15,7\%$ проти $10,2\%$ – за додавання біопрепарату АгроМар D, H_2S – до $20,8\%$ та $12,2\%$, NO – до $13,3\%$ і $11,5\%$, CH_4 – $10,3\%$ та $6,9\%$, CO_2 – $14,4\%$ й $13,1\%$, відповідно. Таким чином, Редуклін-Компост ефективніше впливає на зменшення викидів досліджуваних шкідливих газів зі зброженого гноєвого субстрату свиней на $3,4$ – $7,7\%$, порівняно з біопрепаратом АгроМар D.

Наведені результати узгоджуються із дослідженнями Portejoie et al. (2003), які для забезпечення нижчого рівня емісії NH_3 з гноївки свиней в лабораторних умовах використовували олію, плівку, торф та цеоліт, а найкращі результати показали зазначені природні сорбенти [33]. Також встановлено ефективну дію на зменшення викидів аміаку з органічних відходів галузі свинарства, які зберігалися у резервуарах подрібненої соломи злаків та

монтморилонової глини [27], базальтового туфу [2]. У дослідженнях Shah and Kolar (2012) добавка ManureMax обумовлювала зниження емісії метану з гною свиней, однак застосування останньої є неефективним на викиди закису азоту і вуглекислого газу [40].

Отже, на основі проведених досліджень теоретично обґрунтовано та експериментально доведено перспективність застосування досліджуваних біопрепаратів, зокрема Редуклін-Компосту для зменшення рівня викидів шкідливих газів як безпосередньо в приміщеннях, де утримуються свині, так і в гноєсховищах (лагунах) при зберіганні побічної продукції тваринного походження. Це дасть можливість не лише мінімізувати виділення шкідливих газів в довкілля й запобігти змінам клімату, але й

Список використаної літератури

1. Бінковська Г. В., Шаніна Т. П. Оцінка обсягів викидів парникових газів в системах поводження з сільськогосподарськими відходами Одеської області. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2016. Вип. 14. С. 91–97.
2. Брошак І. С., Хом'як І. В. Утилізація рідких відходів свинокомплексів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «*Прикладна економіка – від теорії до практики*» (м. Тернопіль, 27 жовтня 2017 р.). Тернопіль, 2017. С. 193–197.
3. Бузовський Є. А., Витвицька О. Д., Скрипниченко В. А. Нетрадиційні джерела енергії – вимоги часу. *Науковий вісник Національного аграрного університету України*. 2008. Вип. 119. С. 289–294.
4. Герман В. В. Екологічна безпека при виробництві тваринницької продукції. *Агроекологічний журнал*. 2009. № 2. С. 5–8.
5. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс] / Офіційний сайт. URL: <http://ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 14.08.2024).
6. До питання розрахунку викидів парникових газів відходів тваринництва / М. О. Захаренко та ін. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6, № 3–4. С. 63–70.
7. Дубін О. М., Василенко О. В. Екологічна оцінка складу атмосферного повітря у зоні тваринницьких комплексів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. Вип. 85. С. 20–25.
8. Захарченко О. В. Утилізація відходів природного походження аграрних формувань: проблемний аспект. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва*. 2017. № 1. С. 58–67.

покращить екологічні стандарти на фермі, що сприятиме збереженню здоров'я тварин та їх генетичного потенціалу продуктивності, а відтак підвищить рентабельність галузі свинарства.

Висновки. Експериментально підтверджено ефективну дію на зменшення виходу шкідливих газів – NH₃, H₂S, NO, CH₄, CO₂ з гною свиней за анаеробної ферментації (*in vitro*) різних доз досліджуваних біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост. На основі проведених досліджень встановлено, що використання досліджуваних біопрепаратів – АгроМар D та Редуклін-Компост у дозі – 40 мл/м³ зумовлює найнижчий рівень виділення газів – NH₃, H₂S, NO, CH₄, CO₂ із продуктів життєдіяльності (гною) свиней, відповідно на 6,9–13,1 % і 10,3–20,8 %.

References

1. Binkovska H. V., Shanina T. P. Evaluation of greenhouse gas emissions in the systems of handling with agricultural wastes in Odessa region. *Visnyk KhNU imeni V. N. Karazina. Seriya «Ekologhiia»*. 2016. Issue 14. P. 91–97.
2. Broschak I. S., Khomyak I. V. Utilization of liquid waste from pig farms. Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «*Prykladna ekonomika – vid teorii do praktyky*» (m. Ternopil, 27 zhovtnia 2017 r.). Ternopil, 2017. P. 193–197.
3. Buzovskyi E. A., Vytvytska O. D., Skrypnychenko V. A. Non-traditional sources of energy – requirements of the time. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho ahrarnoho universytetu Ukrainy*. 2008. Issue 119. P. 289–294.
4. Herman V. V. Ecological safety in the production of livestock products. *Ahroekologichnyi zhurnal*. 2009. No. 2. P. 5–8.
5. State Statistics Committee of Ukraine [Electronic resource] / Official site. URL: <http://ukrstat.gov.ua>. (last accessed: 14.08.2022).
6. On the question of calculation the greenhouse gas emissions of livestock waste / M. O. Zakharenko et al. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2014. Vol. 6, No. 3–4. P. 63–70.
7. Dubin O. M., Vasylenko O. V. Ecological assessment of the composition of atmospheric air in the area of livestock complexes. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2014. Issue 85. P. 20–25.
8. Zakharchenko O. V. Utilization of waste of natural origin of agrarian formations : problematic aspect. *Visnyk XNAU imeni V. V. Dokuchaieva*. 2017. No. 1. P. 58–67.

9. Корбич Н. М. Екологічні проблеми в тваринництві. Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» (м. Херсон, 21–22 жовтня 2021 р.). Херсон, 2021. С. 143–146.

10. Максінко Л. М., Малик О. Г. Біологічна утилізація шкідливих парникових газів, які входять до складу біогазу, а також сірководню і аміаку у воді асоціацією біологічно корисних мікроорганізмів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2012. Т. 14, № 3. С. 353–361.

11. Метан і парниковий ефект атмосфери (екологічні, біохімічні та мікробіологічні аспекти) / Л. І. Солугуб та ін. Львів : ПАІС, 2008. 276 с.

12. Михайлова Є. О. Викиди парникових газів в Україні та світі. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми техногенно-екологічної безпеки : освіта, наука, практика» (м. Харків, 24 листопада 2016 р.). Харків, 2016. С. 183–184.

13. Михалко О. Г. Сучасний стан та шляхи розвитку свинарства в світі та Україні. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2021. Вип. 3 (46). С. 61–77.

14. Нейтралізація запахів рідких відходів свинокомплексів з використанням біопрепарату «Біопрогрес» / І. С. Брошчак та ін. Тези доповідей X Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасний рух науки» (м. Дніпро, 2–3 квітня 2020 р.). Дніпро, 2020. Т. 1. С. 167–171.

15. Никифорук О. В., Жукорський О. М. Емісія парникових газів від свиноферм різної потужності. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2014. Вип. 7. С. 244–252.

16. Омаров А. Е. Сучасний стан екологічної безпеки в Україні. *Вісник Національного університету цивільного захисту України*. 2017. № 2. С. 156–164.

17. Палапа Н. В., Пронь Н. Б., Устименко О. В. Промислове тваринництво: еколого-економічні наслідки. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 3. С. 64–67.

18. Пінчук В. О., Бородай В. П. Емісія аміаку та парникових газів з побічної продукції тваринного походження. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 110, Ч. 2. С. 190–198.

19. Скляр О. В., Скляр Р. В., Григоренко С. М. Програма та методика експериментальних досліджень на лабораторній біогазовій установці. *Вісник Харківського національного університету с.-г. імені П. Василенка*. 2019. Вип. 199. С. 267–275.

20. Стасів О. Ф., Котько Н. М. Агровиробничі ризики та можливості глобальних змін клімату для розвитку сільськогосподарського сектора України. *Scientific Collection «InterConf»*. 2020. № 3 (39). С. 162–164.

9. Korbych N. M. Ecological problems in animal husbandry. *Materialy IV mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Ekolohichni problemy navkolyshnoho seredovyshcha ta ratsionalnoho pryrodokorystuvannia v konteksti staloho rozvytku»* (m. Kherson, 21–22 zhovtnia 2021 r.). Kherson, 2021. P. 143–146.

10. Maksishko L. M., Malyk O. H. Biological utilization of harmful greenhouse gases, which are part of biogas, as well as hydrogen sulfide and ammonia in water by an association of biologically useful microorganisms. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho*. 2012. Vol. 14, No. 3. P. 353–361.

11. Methane and the greenhouse effect of the atmosphere (environmental, biochemical and microbiological aspects) / L. I. Solohub et al. Lviv : PAIS, 2008. 276 p.

12. Mykhailova Ye. O. Greenhouse gas emissions in Ukraine and the world. *Materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Problemy tekhnogenno-ekolohichnoi bezpeky : osvita, nauka, praktyka»* (m. Kharkiv, 24 lystopada 2016 r.). Kharkiv, 2016. P. 183–184.

13. Mykhalko O. H. Current state and ways of pig breeding in the world and Ukraine. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Tvarynnytstvo»*. 2021. Issue 3 (46). P. 61–77.

14. Neutralization of odors of liquid waste from pig farms using the biological preparation “Bioprogress” / I. S. Broshchak et al. *Tezy dopovidei X Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii «Suchasnyi rukh nauky»* (m. Dnipro, 2–3 kvitnia 2020 r.). Dnipro, 2020. Vol. 1. P. 167–171.

15. Nykiforuk O. V., Zhukorskiy O. M. Greenhouse gases emissions from pig farms of different capacity. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova»*. 2014. Issue 7. P. 244–252.

16. Omarov A. E. State of ecological safety in Ukraine. *Visnyk Natsionalnoho universytetu tsyvilnoho zakhystu Ukrainy*. 2017. No. 2. P. 156–164.

17. Palapa N. V., Pron N. B., Ustymenko O. V. Industrial animal husbandry : ecological and economic consequences. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*. 2016. No. 3. P. 64–67.

18. Pinchuk V. O., Borodai V. P. Emission of ammonia and greenhouse gases from by-products of animal origin. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2019. No. 110, P. 2. P. 190–198.

19. Skliar O. V., Skliar R. V., Grigorenko S. M. Program and method of experimental researches on laboratory biogas installation. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu s.-h. imeni P. Vasylenka*. 2019. Vol. 199. P. 267–275.

20. Stasiv O. F., Kotko N. M. Agricultural risks and opportunities of global climate change for the development of the agricultural sector of Ukraine. *Scientific Collection «InterConf»*. 2020. No. 3 (39). P. 162–164.

21. Сучасний стан та тенденції розвитку вітчизняного свинарства / В. Я. Лихач та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2021. № 1 (44). С. 69–79.
22. Тимошук О. А., Тимошук О. Б., Матвійчук Б. В. Викиди парникових газів від сільськогосподарської діяльності та їх динаміка протягом 1990–2020 років. *Український журнал природничих наук*. 2022. Вип. 1. С. 174–186.
23. Турос О. І., Слаутенко Є. Г., Михіна Л. І. Гігієнічна оцінка впливу викидів від сучасних свинокомплексів на забруднення атмосферного повітря. *Довкілля та здоров'я*. 2018. Вип. 2 (87). С. 71–75.
24. Ходорчук В. Я., Алієва І. В., Марткоплішвілі М. М. Мінімізація емісії парникових газів у сільському господарстві. *Аграрний вісник Півдня*. 2014. № 1. С. 168–173.
25. Шуляр А. Л., Андрійчук В. Ф., Ковальчук І. В. Особливості ведення органічного свинарства в Україні. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Органічне виробництво і продовольча безпека». Житомир: ЖНАЕУ, 2017. С. 146–149.
26. Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks. 1990–2011 analysis / F. N. Tubiello et al. FAO Statistics Division, Working Paper Series ESS/14-02. 2014. 89 p.
27. Ammonia volatilization during storage of cattle and pig slurry: effect of surface cover / S. G. Sommer et al. *The Journal of Agricultural Science*. 1993. Vol. 121 (1). P. 63–71.
28. Animal waste as a source of greenhouse gas emissions and a factor of climate change / M. I. Vorobel et al. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. 2023. Vol. LXVI, No. 2. P. 428–435.
29. Biochemical aspects of mitigation of methane emission in atmosphere by ruminants / G. Bogdanov et al. Conference paper the 3rd International Conference «Greenhouse gases and animal agriculture GGAA2007» (t. Christchurch, November 2007). Christchurch, New Zealand, 2007. P. XXIX.
30. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems / M. Herrero et al. *PNAS*. 2013. Vol. 110, № 52. P. 20888–20893. DOI: 10.1073/PNAS.1308149110.
31. Blunden J., Aneja V. P. Characterizing ammonia and hydrogen sulfide emissions from a swine waste treatment lagoon in North Carolina. *Atmospheric environment*. 2008. Vol. 42 (14). P. 3277–3290.
32. Caro D. Greenhouse gas and livestock emissions and climate change. *Encyclopedia of food security and sustainability*. 2019. Vol. 1. P. 228–232. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22012-X.
33. Effect of covering pig slurry stores on the ammonia emission processes / S. Portejoie et al. *Bioresour. Technol.* 2003. Vol. 87 (3). P. 199–207. DOI: 10.1016/S0960-8524(02)00260-2.
34. Greenhouse gas emissions from different pig manure management techniques : a critical analysis
21. Current state and development trends of domestic pig farming / V. Ya. Lykhach et al. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2021. No. 1 (44). P. 69–79.
22. Tymoshchuk O. A., Tymoshchuk O. B., Matviichuk B. V. Greenhouse gas emissions from agricultural activities and their dynamics during 1990–2020. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychkh nauk*. 2022. Issue 1. P. 174–186.
23. Turos O. I., Slautenko Ye. H., Mykhina L. I. Hygienic assessment of the impact of emissions from modern pig farms on atmospheric air pollution. *Dovkillia ta zdorovia*. 2018. Issue 2 (87). P. 71–75.
24. Khodorchuk V. Ya., Aliieva I. V., Martkoplshvili M. M. Minimization of greenhouse gas emissions from agriculture. *Agrarnyi visnyk Pivdnia*. 2014. No. 1. P. 168–173.
25. Shuliar A. L., Andriichuk V. F., Kovalchuk I. V. Peculiarities of organic pig farming in Ukraine. Materialy V Mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi konferentsii «Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka». Zhytomyr : ZhNAEU, 2017. P. 146–149.
26. Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks. 1990–2011 analysis / F. N. Tubiello et al. FAO Statistics Division, Working Paper Series ESS/14-02. 2014. 89 p.
27. Ammonia volatilization during storage of cattle and pig slurry: effect of surface cover / S. G. Sommer et al. *The Journal of Agricultural Science*. 1993. Vol. 121 (1). P. 63–71.
28. Animal waste as a source of greenhouse gas emissions and a factor of climate change / M. I. Vorobel et al. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. 2023. Vol. LXVI, No. 2. P. 428–435.
29. Biochemical aspects of mitigation of methane emission in atmosphere by ruminants / G. Bogdanov et al. Conference paper the 3rd International Conference «Greenhouse gases and animal agriculture GGAA2007» (t. Christchurch, November 2007). Christchurch, New Zealand, 2007. P. XXIX.
30. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems / M. Herrero et al. *PNAS*. 2013. Vol. 110, № 52. P. 20888–20893. DOI: 10.1073/PNAS.1308149110.
31. Blunden J., Aneja V. P. Characterizing ammonia and hydrogen sulfide emissions from a swine waste treatment lagoon in North Carolina. *Atmospheric environment*. 2008. Vol. 42 (14). P. 3277–3290.
32. Caro D. Greenhouse gas and livestock emissions and climate change. *Encyclopedia of food security and sustainability*. 2019. Vol. 1. P. 228–232. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22012-X.
33. Effect of covering pig slurry stores on the ammonia emission processes / S. Portejoie et al. *Bioresour. Technol.* 2003. Vol. 87 (3). P. 199–207. DOI: 10.1016/S0960-8524(02)00260-2.
34. Greenhouse gas emissions from different pig manure management techniques : a critical analysis

/ C. Dennehy et al. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. 2017. Vol. 11 (3), Issue 11. P. 11–16.

35. Improved effect of manure acidification technology for gas emission mitigation by substituting sulfuric acid with acetic acid / A. Fuchs et al. *Cleaner Engineering and Technology*. 2021. Vol. 4, 100263. DOI: 10.1016/j.clet.2021.100263.

36. Marszałek M., Kowalski Z., Makara A. Emission of greenhouse gases and odorants from pig slurry – effect on the environment and methods of its reduction. *Ecol. Chem. Eng. S.* 2018. Vol. 25, № 3. P. 383–394. DOI: 10.1515/eces-2018-0026.

37. Moller H. B., Sommer S. G., Ahring B. Biological degradation and greenhouse gas emissions during pre-storage of liquid animal manure. *Journal of Environmental Quality*. 2004. Vol. 33. P. 27–36.

38. Odor reduction rate in the confinement pig building by spraying various additives / K. Y. Kim et al. *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99 (17). P. 8464–8469. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.12.082.

39. Reducing greenhouse gas emissions from pig slurry by acidification with organic and inorganic acids / F. R. Dalby et al. *PLoS ONE*. 2022. Vol. 17 (5), e0267693. DOI: 10.1371/journal.pone.0267693.

40. Shah S. B., Kolar P. Evaluation of additive for reducing gaseous emissions from swine waste. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2012. Vol. 14 (2). P. 10–20.

41. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities / P. J. Gerber et al. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*: 2013. Available online: <https://www.fao.org/4/i3437e/i3437e.pdf>.

/ C. Dennehy et al. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. 2017. Vol. 11 (3), Issue 11. P. 11–16.

35. Improved effect of manure acidification technology for gas emission mitigation by substituting sulfuric acid with acetic acid / A. Fuchs et al. *Cleaner Engineering and Technology*. 2021. Vol. 4, 100263. DOI: 10.1016/j.clet.2021.100263.

36. Marszałek M., Kowalski Z., Makara A. Emission of greenhouse gases and odorants from pig slurry – effect on the environment and methods of its reduction. *Ecol. Chem. Eng. S.* 2018. Vol. 25, № 3. P. 383–394. DOI: 10.1515/eces-2018-0026.

37. Moller H. B., Sommer S. G., Ahring B. Biological degradation and greenhouse gas emissions during pre-storage of liquid animal manure. *Journal of Environmental Quality*. 2004. Vol. 33. P. 27–36.

38. Odor reduction rate in the confinement pig building by spraying various additives / K. Y. Kim et al. *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99 (17). P. 8464–8469. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.12.082.

39. Reducing greenhouse gas emissions from pig slurry by acidification with organic and inorganic acids / F. R. Dalby et al. *PLoS ONE*. 2022. Vol. 17 (5), e0267693. DOI: 10.1371/journal.pone.0267693.

40. Shah S. B., Kolar P. Evaluation of additive for reducing gaseous emissions from swine waste. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2012. Vol. 14 (2). P. 10–20.

41. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities / P. J. Gerber et al. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*: 2013. Available online: <https://www.fao.org/4/i3437e/i3437e.pdf>.

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-14

Оригінальна наукова стаття

УДК 636.4

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЧИСТОПОРОДНИХ І ПОМІСНИХ СВИНОМАТОК ПРИ ПОЄДНАННІ З КНУРАМИ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ**В. П. Пундик, С. О. Вовк, Л. В. Ференц, А. І. Дмитроца**

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

Про авторів:

Василь ПУНДИК,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-0544-6680

Стах ВОВК,
доктор біологічних наук
ORCID: 0000-0003-2545-5231

Любов ФЕРЕНЦ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-8308-7839

Андріана ДМИТРОЦА,
аспірант
ORCID: 0000-0003-3304-3691

Для листування:

Любов ФЕРЕНЦ
e-mail: l.v.ferenz@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:
24 жовтня 2024 р.
Погоджено до друку:
12 грудня 2024 р.

У результаті моніторингу породного складу свиней у трьох свинарських господарствах Львівської області встановлено, що основними породами, які використовують для виробництва свинини є велика біла, з кількістю голів в межах 68–82 %, ландрас – 12–22 % та інші породи м'ясного напрямку продуктивності – 5–15 %. Найвищі показники продуктивності спостерігалася у помісних свиноматок (велика біла × полтавська м'ясна) ФГ “Едем”, зокрема багатоплідність становила 14,3 гол., що на 13,5 та 5,9 % більше, ніж у чистопородних та помісних (велика біла × ландрас), а жива маса гнізда більша відповідно на 12,5 і 10,8 %. У ДП “ДГ “Радехівське” помісні свиноматки (велика біла × ландрас) мали кращі показниками продуктивності й переважали чистопородних. Багатоплідність у них була більша відповідно на 11,4 і 11,3 %, жива маса гнізда на 12,4 і 12,5 %.

Найвищі показники продуктивності відзначено у помісних свиноматок (велика біла × ландрас, спарованих з кнурами термінальної лінії Макстер), де багатоплідність становила 13,9 гол., що на 14,8 % більше, ніж у чистопородних свиноматок, а жива маса гнізда більша відповідно на 23,5 %. У ТзОВ “Агроплемсервіс” помісні свиноматки (велика біла × ландрас спаровані з кнурами термінальної лінії РІС американської компанії Пі Ай Сі) за всіма показниками продуктивності переважали чистопородних свиноматок. Багатоплідність у них становила 14,3 гол., що на 15,3 % більше, а жива маса гнізда більша відповідно на 12,3 %.

Ключові слова: свиноматки, кнури, порода, схрещування, показники продуктивності.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Пундик В. П., Вовк С. О., Ференц Л. В., Дмитроца А. І., 2024

Productivity of purebred and crossbreed sows when mating with boars of different origin

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

About authors:

Vasyl PUNDYK
ORCID: 0000-0002-0544-6680

Stakh VOVK
ORCID: 0000-0003-2545-5231

Liubov FERENTS
ORCID: 0000-0002-8308-7839

Andriana DMYTROTSA
ORCID: 0000-0003-3304-3691

For corresponding:
Liubov FERENTS
e-mail: l.v.ferenz@gmail.com

Funding information:
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:
October 24, 2024
Accepted:
December 12, 2024

The results of monitoring the breed composition of pigs in three pig farms in the Lviv region revealed that the main breeds used for pork production are Large White, with the number of heads ranging from 68 to 82 %, Landrace – 12–22 %, and other breeds of meat productivity 5–15 %. The highest productivity indicators were observed in mixed sows (Large White × Poltavska meat breed) of the Edem farm, in particular, multi-fertility was 14.3 heads, which is 13.5 and 5.9 % more than in purebred and crossbred (Large White × Landrace), and the live weight of the nest was 12.5 and 10.8 % higher, respectively. In the Radekhivske farm, crossbred sows (Large White × Landrace) had better productivity indicators and prevailed over purebred ones. Their multi-fertility was higher by 11.4 and 11.3 %, respectively, and the live weight of the nest was higher by 12.4 and 12.5 %.

The highest productivity indicators were observed in mixed sows (Large White × Landrace, mated with boars of the terminal line Maxter), where the multi-fertility was 13.9 heads, which is 14.8 % more than in purebred sows, and the live weight of the nest was 23.5 % higher, respectively. In LLC “Agroplemservice” crossbred sows (Large White × Landrace mated with boars of the terminal line PIC of the American company P.I.C.) outperformed purebred sows in all productivity indicators. Their multi-fertility was 14.3 heads, which is 15.3 % more, and the live weight of the nest was 12.3 % higher, respectively.

Keywords: sows, boars, breed, crossbreeding, productivity indicators.

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

Вступ. Однією з найбільш ефективних галузей тваринництва є свинарство, яке забезпечує населення високопоживними харчовими продуктами, адже у кризових ситуаціях саме воно є головним джерелом швидкого нарощування обсягів виробництва м'яса [16, 24, 30]. Крім того, дана галузь є однією з ключових, що забезпечує Україну м'ясо-сальною продукцією [9, 19]. Однак, внаслідок кризи в аграрному секторі, виробництво свинини значно зменшилося, проте зазначена галузь надалі залишається однією з перспективних у формуванні продовольчої безпеки держави, забезпеченні внутрішнього попиту на м'ясну продукцію вітчизняного виробництва [14, 17, 25, 29].

Високорозвинена галузь свинарства в основному розв'язує проблеми зростання виробництва м'яса та підвищення рівня забезпечення населення м'ясною продукцією. Досягнення необхідного обсягу виробництва м'яса в найкоротші терміни забезпечується шляхом збільшення поголів'я свиней і підвищення їх продуктивності [15, 27, 28].

Одним з основних напрямів успішного ведення галузі свинарства є селекційно-племінна робота, головним завданням якої є постійне удосконалення наявних генотипів та на їх основі створення нових високопродуктивних типів і порід, придатних для використання при сучасних методах розведення [3, 8, 23]. Розробка регіональних систем розведення з

використанням методів схрещування та гібридизації є вищою формою організації селекційно-плеємної роботи, оскільки вона дозволяє досягти максимальних результатів у розвитку тваринництва з урахуванням специфіки кожного регіону [4, 18, 22].

Для одержання прибутків у свинарстві потрібно ефективно використовувати явище гетерозису, яке проявляється при схрещуванні наявних генотипів, а також їх поєднання зі новими породами свиней спеціалізованого напрямку продуктивності закордонної та вітчизняної селекції [2, 7, 10, 26].

З появою нових спеціалізованих порід і термінальних ліній, які використовують на завершальному етапі схрещування при виробництві свинини, пошук різних комбінацій схрещування з використанням нових генотипів спеціалізованого напрямку продуктивності має велике теоретичне і практичне значення [1, 6, 13].

Як відомо з практики та багатьох літературних даних, продуктивність свиноматок можна оцінювати й удосконалювати, залежно від поставленої мети, як за окремими селекційними, так і за комплексом ознак й іншими чинниками [11, 12, 18, 32].

Високий результат виробництва свинини досягається не лише на основі гармонійного синтезу високопрофесійного менеджменту та сучасного обладнання свиноферми, а й не менш важливу роль відіграють плеємні та селекційні якості тварин: багатоплідність, здатність до швидкого відтворення, стійкість до певних хвороб та різних кліматичних умов, м'ясистість, сальність, смакові особливості м'яса та сала [5, 31, 33].

Протягом минулих років було проведено моніторинг поголів'я свиней у свинарських господарств Львівської області Західного регіону України. Встановлено кількість поголів'я свиней в областях Західного регіону їх породний склад та представлені схеми міжпородного схрещування для різних господарств [20].

У результаті проведення моніторингу наявного поголів'я свиней у свинарських господарств Львівської області було вивчено ефективність поєднань різних генотипів, наявних у вище вказаних господарствах, їх продуктивність і встановлено економічну доцільність утримання та використання їх в селекційному процесі [20].

У досліджах у міжпородного схрещування за минулі роки використовували кнурів спеціалізованого напрямку продуктивності лінії ПС і кнурі лінії Макстер. При схрещуванні їх з помісними свиноматками (ландрас × велика біла і велика біла × ландрас) були одержані показники продуктивності набагато вищі, ніж у чистопородних свиноматок великої білої породи [21].

Метою роботи є встановлення продуктивності чистопородних і помісних свиноматок при різних варіантах схрещування у свинарських господарствах свинарських господарствах Львівської області західного регіону України.

Матеріали і методи. Дослідження проводили упродовж 2022–2023 рр. у відділі дрібного тваринництва Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Моніторингові дослідження свинокомплексів проведено у господарствах ФГ “Едем” Жовківського, ДПДГ “Радехівське” Червоноградського району та ТЗОВ “Агроплемсервіс” Львівського району Львівської області.

Продуктивність свиноматок оцінювали за такими основними показниками як: багатоплідність, кількість порослят у 2 міс., жива маса гнізда у 2 міс., жива маса однієї голови у 2 міс. та збереженість.

Аналіз отриманих даних проводили з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel.

Результати та обговорення. Отримані результати щодо продуктивності чистопородних і помісних свиноматок одержаних при різних варіантах схрещування у ФГ “Едем” представлені в таблиці 1.

У першій групі наведені результати щодо продуктивності чистопородних свиноматок великої білої породи, в другій – помісних свиноматок, одержаних при схрещуванні порід велика біла з ландрасом. Третя, четверта і п'ята групи сформовані з помісних свиноматок F_1 наступних поєднань: 3 – велика біла × ландрас, 4 – ландрас × велика біла і 5 – велика біла × полтавська м'ясна. Всіх свиноматок

3, 4 і 5 груп штучно запліднювали спермою кнурів термінальної лінії компанії РІС.

Схеми схрещування, які наведено в 1, 2 і 3 групах використовуються у ФГ “Едем”. Схема схрещування в 4 і 5 групах, запропонована нами експериментально і застосована з метою вивчення продуктивності чистопородних і помісних свиноматок в порівнянні з різними варіантами схрещування.

1. Продуктивність чистопородних і помісних свиноматок при різних варіантах схрещування у ФГ “Едем” ($M \pm m$, $n=10$)

Група	Породи		Продуктивність свиноматок				
	свиноматки	кнурі	багато-плідність, гол.	кількість поросят у 2 міс., гол.	жива маса гнізда у 2 міс., кг	жива маса 1 гол. у 2 міс., кг	збереженість, %
1	велика біла	велика біла	12,3±0,42	11,9±0,21	223±5,12	18,7±0,21	96,7
2	велика біла	ландрас	13,6±0,38	13,1±0,35	258±5,87	19,7±0,37	96,3
3	велика біла × ландрас	РІС	14,3±0,41	13,5±0,37	275±6,18	20,4±0,45	94,4
4	ландрас × велика біла	РІС	13,9±0,52	13,3±0,42	280±7,15***	21,1±0,33*	95,7
5	велика біла × полтавська м'ясна	РІС	14,5±0,37	13,8±0,51	284±5,91***	20,6±0,29*	95,2

Примітка: Тут і в наступних таблицях* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Аналіз даних таблиці 1 дає підстави стверджувати, що найнижчі показники продуктивності свиноматок, за винятком збереженості, мали місце при чистопородному розведенні великої білої породи. Всі різниці у порівнянні з іншими групами статистично вірогідні, $p < 0,05-0,001$. При схрещуванні свиноматок великої білої породи із кнурами ландрас жива маса гнізда у 2 місячному віці (2 група) була суттєво нижчою, ніж у

свиноматок 4 і 5 групи, а за живою масою 1 голови у 2 місячному віці статистично вірогідне відставання було в порівнянні з 4 групою. В обох випадках $p < 0,05$.

Всі інші різниці між свиноматками порівнюваних груп перебувають в межах статистичної помилки.

Показники продуктивності чистопородних і помісних свиноматок при різних варіантах схрещування у ДП “ДГ “Радехівське” представлені в таблиці 2.

2. Продуктивність свиноматок у ДП “ДГ “Радехівське” ($M \pm m$, $n=10$)

Група	Породи		Продуктивність свиноматок				
	свиноматки	кнурі	багато-плідність, гол.	кількість поросят у 2 міс., гол.	жива маса гнізда у 2 міс., кг	жива маса 1 гол. у 2 міс., кг	збереженість, %
1	велика біла	велика біла	12,0±0,51	11,1±0,29	204±6,13	18,4±0,38	92,5
2	велика біла	п'єтрен	12,7±0,37	11,7±0,38	219±4,85	18,7±0,40	92,1
3	велика біла × ландрас	п'єтрен	12,9±0,49	12,0±0,45	235±5,54*	18,2±0,52	93,0
4	велика біла × ландрас	макстер	13,2±0,43	12,5±0,33*	249±4,92***	19,9±0,44*	94,7

Найвищою багатоплідність виявилася у помісних свиноматок 3 і 4 груп, які були запліднені кнурами породи П'єтрен і термінальної лінії Макстер, та становила відповідно 12,9 і 13,2 гол. В той час багатоплідність свиноматок 1 і 2 груп була дещо нижчою і складала відповідно 12,0 і 12,7 гол. Однак всі вказані різниці проявляються лише у вигляді тенденцій, оскільки вони не є статистично вірогідними. Кількість порослят у двомісячному віці була найвищою у помісних свиноматок 3 і 4 груп – 12,0 і 12,5 гол., а у 1 і 2 групі – 11,1 і 11,7 гол. відповідно. Статистично вірогідною виявилася лише різниця за цим показником між четвертою і першою групою ($p < 0,05$).

Такий показник, як жива маса гнізда у двомісячному віці був найвищим у помісних свиноматок 3 і 4 груп і становив 235 та 249 кг відповідно. На дещо нижчому рівні цей показник спостерігався у свиноматок 1 і 2 груп, а саме 204 та 219 кг. Переважання трипородних помісей у цьому випадку було статистично вірогідним, $p < 0,05-0,001$. При оцінці живої маси одного поросляти у двомісячному віці встановлено, що у свиноматок 1 і 3 груп вона біла статистично вірогідно нижчою, ніж у 4 групі ($p < 0,05$).

Збереженість порослят, або співвідношення кількості відлучених порослят до кількості народжених, була найвищою у 4 групі й складала 94,7 %, тоді як у 1 групі – 92,5 %.

Опрацювавши дані щодо продуктивності чистопородних і помісних свиноматок у ФГ “Едем” і ДП “ДГ “Радехівське”, можна зробити висновок, що помісні свиноматки за всіма вище вказаними показниками значно переважали своїх чистопородних аналогів.

Для вивчення різних варіантів схрещування у ТзОВ “Агроплемсервіс” ми використовували наступні породи – велику білу, ландрас, дюрорк і кнурів термінальної лінії Макстер.

В 1 групі застосовували чистопородне розведення свиноматок великої білої породи, у 2 – схрещування свиноматок великої білої породи з кнурами породи ландрас. В 3 групі помісних свиноматок велика біла × ландрас схрещували з кнурами породи дюрорк, а в 4 – помісних свиноматок велика біла × ландрас схрещували з кнурами термінальної лінії Макстер. Продуктивність свиноматок представлена в таблиці 3.

3. Продуктивність свиноматок у ТзОВ “Агроплемсервіс” ($M \pm m$, $n=10$)

Група	Поєднання порід		Продуктивність свиноматок				
	свиноматки	кнурі	багато-плідність, гол.	кількість порослят у 2 міс., гол.	жива маса гнізда у 2 міс., кг	жива маса 1 гол. у 2 міс., кг	збереженість, %
1	велика біла	велика біла	12,2±0,35	11,7±0,29	221±6,23	18,9±0,61	95,9
2	велика біла	ландрас	12,9±0,48	12,2±0,31	230±4,12	18,8±0,44	94,6
3	велика біла × ландрас	дюрорк	13,4±0,29*	12,6±0,42	255±5,39*	20,2±0,53	94,0
4	велика біла × ландрас	Макстер	13,8±0,55*	13,2±0,38*	270±4,89***	20,4±0,41*	95,6

Найвища багатоплідність була у свиноматок 3 і 4 груп, яка становила 13,4 і 13,8 гол., а найменшою вона виявилася у свиноматок I групи – 12,2 гол. ($p < 0,05$).

Відповідна тенденція збережена за таким показником як кількість порослят у двохмісячному віці. Найвищою вона була у

3 і 4 групах – 12,6 і 13,2 гол. відповідно. Найнижчим цей показник був у I групі – 11,7, а свиноматки 2 групи за цим показником займали проміжне місце – 12,2 гол. Різниця між 1 і 4 групами статистично вірогідна ($p < 0,05$).

При оцінці свиноматок за показником живої маси гнізда у двомісячному віці встановлено, що найвищою вона виявилася у тварин 3 і 4 груп відповідно 255 і 270 кг, дещо нижчою – у 2 групі – 230 кг, а найменшою – у тварин 1 групи – 221 кг.

Перевага трипородних помісей (3 і 4 група) над 1 і 2 групами статистично вірогідні ($p < 0,01-0,001$).

За живою масою 1 голови у двомісячному віці статистично вірогідна перевага свиноматок 4 групи над свиноматками 2 групи ($p < 0,05$). За збереженістю суттєвої різниці між групами не відзначено.

Висновки

1. У ФГ “Едем” найвищі показники продуктивності спостерігалися в помісних свиноматок (велика біла × полтавська м’ясна) 5 групи, зокрема їх багатоплідність становила 14,5 гол., що на 17,9 та 5,6 % більше ніж у 1 та 2 групах, а жива маса

гнізда була вищою на 27,3 і 10,1 % більше, ніж у вище вказаних групах.

2. У ДП “ДГ “Радехівське” помісні свиноматки 4 групи (велика біла × ландрас) за всіма показниками продуктивності переважали чистопородних свиноматок 1 групи. Багатоплідність тварин 4 групи становила 13,2 гол., що на 11,0 і 10,4 % більше порівняно з 1 та 2 групами. Жива маса гнізда помісних свиноматок цієї ж групи була також найвищою, а саме 249 кг, що на 12,2 і 11,4 % більше, ніж у свиноматок 1 та 2 груп.

3. Найвищі показники продуктивності ТзОВ “Агроплемсервіс” відзначено у помісних свиноматок (велика біла × ландрас), запліднених кнурами термінальної лінії Макстер, зокрема їх багатоплідність була більшою на 11,3 %, а жива маса гнізда – на 12,2 %, ніж у чистопородних свиноматок.

Список використаної літератури

1. Бабань О. А., Щур В. П., Щур Д. В. Схрещування у свинарстві. *Свинарство*. 24.01.2017. URL: <http://pig.tekro.ua/viroshchennya/item/27-shreshhuvannja-u-svinarstvi.html> (дата звернення: 02.10.2024).
2. Баньковська І. Б., Висланько О. О. М’ясна продуктивність свиней різних генотипів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми. 2002. № 6. С. 45–46.
3. Баньковський Б. В. Промислове схрещування у свинарстві. Київ : Урожай. 1976. С. 3–51.
4. Ващенко О. В. Комбінаційна здатність спеціалізованих порід і типів свиней в промисловому схрещуванні. *Розведення і генетика тварин*. 2017. Вип. 53. С. 84–90. DOI: 10.31073/abg.53.11.
5. Виклики та перспективи для свинарства. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/479-vikliki-ta-perspektivi-dlya-svinarstva-reportaj-iz-forumu-svinoferma-maybutnogo> (дата звернення: 04.10.2024).
6. Відтворювальні якості свиноматок у системі гібридизації / М. Д. Березовський та ін. *Свинарство*. 2012. № 60. С. 21–24.
7. Вовк В. Гетерозисний ефект при поєднанні різних генотипів свиней. *Тваринництво України*. 2013. № 12. С. 11–13.
8. Волощук О. В., Гришина Л. П. Вплив генотипу кнурів на відгодівельні та м’ясні ознаки отриманого від них молодняка. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. 2017. Вип. 7 (33). С. 58–62. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_tvar_2017_7_10.

References

1. Baban O. A., Shchur V. P., Shchur D. V. Crossbreeding in pig breeding. *Svynarstvo*. 24.01.2017. URL: <http://pig.tekro.ua/viroshchennya/item/27-shreshhuvannja-u-svinarstvi.html> (last accessed: 02.10.2024).
2. Bankovska I. B., Vyslanko O. O. Meat productivity of pigs of different genotypes. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2002. No. 6. P. 45–46.
3. Bankovskiy B. V. Industrial crossbreeding in pig breeding. Kyiv : Urozhai. 1976. P. 3–51.
4. Vashchenko O. V. The combining ability of specialized breeds and types of pigs in industrial crossbreeding. *Rozvedennia i henetyka tvaryn*. 2017. Issue 53. P. 84–90. DOI: 10.31073/abg.53.11.
5. Challenges and prospects for pig farming. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/479-vikliki-ta-perspektivi-dlya-svinarstva-reportaj-iz-forumu-svinoferma-maybutnogo> (last accessed: 04.10.2024).
6. Reproductive qualities of sows in the hybridization system / M. D. Berezovsky et al. *Svynarstvo*. 2012. No. 60. P. 21–24.
7. Vovk V. Heterosis effect when combining different genotypes of pigs. *Tvarynystvo Ukrainy*. 2013. No. 12. P. 11–13.
8. Voloshchuk O. V., Hryshyna L. P. Influence of boar genotype on fattening and meat traits of young animals obtained from them. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya "Tvarynystvo"*. 2017. Issue 7 (33). P. 58–62. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_tvar_2017_7_10.

9. Грищенко Н. П. Розвиток свинарства в Україні. *Науковий журнал «Тваринництво та технології харчових продуктів»*. 2017. Вип. 271. С. 16–23. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnologiya/article/view/10066/8932>.

10. Кодак Т. С. Ефективність використання кнурів зарубіжної та вітчизняної селекції у поєднанні з чистопородними та помісними свиноматками в умовах товарного репродуктора : автореф. дис. канд. с.-г. наук : 06.02.01 «Розведення та селекція тварин». Полтава : Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН. 2015. 21 с.

11. Коротков В. А., Васильєва О. А., Желізняк І. М. Відтворювальні якості свиноматок при схрещуванні з термінальними кнурами. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 2. Т. 2. С. 104–107.

12. Крамаренко О. С. Вплив прямих та реципрокних схрещувань на показники відтворювальних якостей свиноматок різних порід. *Студентський науковий вісник*. 2010. Вип. 2 (3). Ч. 4. С. 83–88.

13. Лісний В. А., Лісна Т. М., Новицька В. І. Ефективність використання перспективного генофонду свиней у системі гібридизації. *Таврійський науковий вісник : зб. наук. праць Херсонського ДАУ*. 2011. Вип. 76. Ч. 2. С. 15–18.

14. Лихач В. Я. Обґрунтування, розробка та впровадження інтенсивно-технологічних рішень у свинарстві : монографія. Миколаїв : МНАУ, 2016. 227 с.

15. Лихач В. Я., Лихач А. В. Технологічні інновації у свинарстві : монографія. К. : ФОП Ямчинський О. В., 2020. 318 с.

16. Особливості селекційно-технологічних рішень та організаційних форм у сучасному свинарстві / В. М. Волощук та ін. *Свинарство. Міжвід. темат. наук. зб.* Полтава. 2012. Вип. 61. С. 3–8.

17. Повод М. Г., Храмова О. М. Відгодівельна продуктивність гібридного молодняка свиней вітчизняного та зарубіжного походження. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2017. Вип. 7 (33). С. 226–232. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_tvar_2017_7_44.

18. Повод М. Г., Храмова О. М. Відтворювальна здатність свиноматок зарубіжної селекції в умовах інтенсивної технології. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2017. Вип. 5/2 (32). С. 119–122. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_tvar_2017_5%282%29__26.

19. Прокопенко О. В. Ефективність різних порід свиней в умовах Південно-східної України. *Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту*. 2000. № 1. С. 85–86.

20. Пундик В. П. Породний склад і кількість поголів'я свиней у Західному регіоні України та розробка міжпородного схрещування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73

9. Hryshchenko N. P. Development of pig breeding in Ukraine. *Naukovyi zhurnal «Tvarynnytstvo ta tekhnologii kharchovykh produktiv»*. 2017. Issue 271. P. 16–23. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnologiya/article/view/10066/8932>.

10. Kodak T. S. Efficiency of use of boars of foreign and domestic selection in combination with purebred and local sows in the conditions of a commodity breeder : avtoref. dys. kand. s.-h. nauk : 06.02.01 “Rozvedennia ta selektsiia tvaryn”. Poltava : Instytut svynarstva i ahropromyslovoho vyrobnytstva NAAN. 2015. 21 p.

11. Korotkov V. A., Vasyliieva O. A., Zhelizniak I. M. Reproductive qualities of sows when crossed with terminal boars. *Visnyk ahraryoi nauky Prychornomorya*. 2015. Issue 2. Vol. 2. P. 104–107.

12. Kramarenko O. S. Influence of direct and reciprocal crosses on indicators of reproductive qualities of sows of different breeds. *Studentskyi naukovyi visnyk*. 2010. Issue 2 (3). Vol. 4. P. 83–88.

13. Lisnyi V. A., Lisna T. M., Novytska V. I. Efficiency of using a promising gene pool of pigs in the hybridization system. *Tavriyskyi naukovyi visnyk : zb. nauk. prats Khersonskoho DAU*. 2011. Issue 76. Vol. 2. P. 15–18.

14. Lykhach V. Ya. Justification, development and implementation of intensive technological solutions in pig farming : monograph. Mykolaiv : MNAU, 2016. 227 p.

15. Lykhach V. Ya., Lykhach A. V. Technological innovations in pig farming : monograph. K. : FOP Yamchynskiy O. V., 2020. 318 p.

16. Features of selection and technological solutions and organizational forms in modern pig farming / V. M. Voloshchuk et al. *Svynarstvo. Mizhvid. temat. nauk. zb.* Poltava, 2012. Issue 61. P. 3–8.

17. Povod M. H., Khrankova O. M. Fattening productivity of hybrid young pigs of domestic and foreign origin. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahraryoho universytetu*. 2017. Issue 7 (33). P. 226–232. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_tvar_2017_7_44.

18. Povod M. H., Khrankova O. M. Reproductive ability of sows of foreign selection in the conditions of intensive technology. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahraryoho universytetu*. 2017. Issue 5/2 (32). P. 119–123. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_tvar_2017_5%282%29_9_26.

19. Prokopenko O. V. Efficiency of different breeds of pigs in the conditions of South-eastern Ukraine. *Visnyk Poltavskoho derzhavnoho silskohospodarskoho instytutu*. 2000. No. 1. P. 85–86.

20. Pundyk V. P. Breed composition and number of pig herds in the Western region of Ukraine and development of interbreed crossing. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2023. Issue 73 (1) P. 164–177. DOI: 10.32636/01308521.2023-(73)-1-11.

(1) С. 164–177. DOI: 10.32636/01308521.2023-(73)-1-11.

21. Пундик В. П., Тесак. Г. В. Моніторинг наявного поголів'я свиней в Лісостеповій зоні Західного регіону та розроблення системи міжпородного схрещування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 72 (1). С. 145–160. DOI: 10.32636/01308521.2022-(72)-1-10.

22. Рибалко В. П., Буркат В. П. Селекція та гібридизація у свинарстві. Київ. 1996. 143 с.

23. Самохвал І. О., Небилиця М. С. Ефективність схрещування різних генотипів в умовах товарного свинарства. *Методи створення порід і використання сільськогосподарських тварин*. Харків, 1998. С. 175–176.

24. Свинарство : монографія / В. М. Волощук та ін. К. : Аграрна наука, 2014. 587 с.

25. Сучасний стан та тенденції розвитку вітчизняного свинарства / В. Я. Лихач та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2021. Вип. 1 (44). С. 69–79. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.1.10>.

26. Церенюк О. М. Методологія визначення ефекту гетерозису в свинарстві. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2018. № 119. С. 173–184. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ntb_2018_119_25.

27. Церенюк О. М. Розрахунок генетичного потенціалу продуктивності в свинарстві. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2020. № 123. С. 194–204. DOI: 10.32900/2312-8402-2020-123-194-204.

28. Церенюк О. М., Акімов О. В., Нагорний С. А. Виробництво свинини на основі породно-лінійної гібридизації. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2012. Вип. 120. С. 193–195.

29. Шуст О. А. Економічні засади виробництва та реалізації продукції свинарства в сільськогосподарських підприємствах. *Сталій розвиток економіки*. 2011. № 1 (4). С. 276–280.

30. Якобчук В. П., Кравець І. В., Русак О. П. Інноваційний розвиток галузі свинарства : монографія. Житомир. 2012. 183 с.

31. Яременко В. І., Пелих Н. Л. Використання вітчизняних порід свиней в різних варіантах схрещування та гібридизації. *Таврійський науковий вісник*. 1999. Вип. 11. Ч. I. С. 101–104.

32. Bereskin B., Hetzer H. Genetic and maternal effects on pig weights, growth and probe back fat in diallel crosses of high – and low – fat lines of swine. *Journal of Anim. Sci.* 1986. Vol. 63. No. 2. P. 395–408.

33. Carmon J. L. A comparison of several crossbreeding systems and the prediction of crossbred performance. *Ga. Agric. Expt. Sta. Tech. Bul.* 1960. No. 19. P. 225–231.

21. Pundyk V. P., Tesak. G. V. Monitoring of the existing pig herd in the Forest-Steppe zone of the Western region and development of an interbreed crossing system. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*. 2022. Issue 72 (1). P. 145-160. DOI: 10.32636/01308521.2022-(72)-1-10.

22. Rybalko V. P., Burkat V. P. Breeding and hybridization in pig breeding. Kyiv. 1996. 143 p.

23. Samokhval I. O., Nebylytsia M. S. The effectiveness of crossing different genotypes in commercial pig farming. *Metody stvorennia porid i vykorystannia silskohospodarskykh tvaryn*. Kharkiv, 1998. P. 175–176.

24. Pig farming : monograph / V. M. Voloshchuk et al. Kyiv : Ahrarna nauka, 2014. 587 p.

25. Current state and trends in the development of domestic pig farming / V. Ya. Lykhach et al. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Tvarynystvo»*. 2021. Issue 1 (44). P. 69–79. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.1.10>.

26. Tsereniuk O. M. Methodology for determining the effect of heterosis in pig breeding. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten IT NAAN*. 2018. No. 119. P. 173–184. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ntb_2018_119_25.

27. Tsereniuk O. M. Calculation of genetic productivity potential in pig breeding. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten IT NAAN*. 2020. No. 123. P. 194–204. DOI: 10.32900/2312-8402-2020-123-194-204.

28. Tsereniuk O. M., Akimov O. V., Nahornyi S. A. Pork production based on breed-linear hybridization. *Naukovo- tekhnichni biuleten IT NAAN*. 2012. Issue 120. P. 193–195.

29. Shust O. A. Economic principles of production and sale of pig products in agricultural enterprises. *Stalyy rozvytok ekonomiky*. 2011. No. 1 (4). P. 276–280.

30. Yakobchuk V. P., Kravets I. V., Rusak O. P. Innovative development of the pig industry : monograph. Zhytomyr. 2012. 183 p.

31. Yaremenko V. I., Pelykh N. L. The use of domestic breeds of pigs in different variants of crossbreeding and hybridization. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 1999. Issue 11. Vol. I. P. 101–104.

32. Bereskin B., Hetzer H. Genetic and maternal effects on pig weights, growth and probe back fat in diallel crosses of high – and low – fat lines of swine. *Journal of Anim. Sci.* 1986. Vol. 63. No. 2. P. 395–408.

33. Carmon J. L. A comparison of several crossbreeding systems and the prediction of crossbred performance. *Ga. Agric. Expt. Sta. Tech. Bul.* 1960. No. 19. P. 225–231.