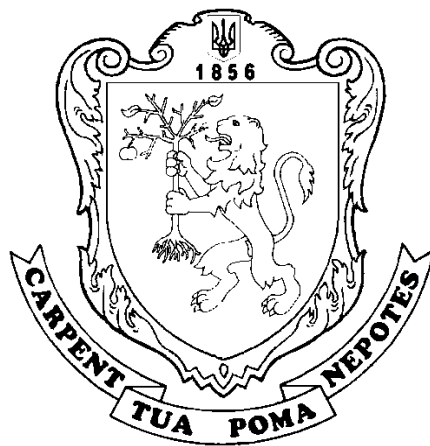


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**Серія
Агрономія
№ 29**



Львів 2025

Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Агрономія». 2025. № 29. 202 с.

Розглядаються актуальні питання екології, рослинництва, плодоовочівництва, кормовиробництва і тваринництва, селекції і насінництва, захисту рослин, агрохімії і ґрунтознавства, способи основного обробітку ґрунту й системи удобрення та їх вплив на урожайність сільськогосподарських культур.

Для наукових працівників, викладачів, аспірантів і студентів закладів вищої освіти аграрного профілю, фахівців агропромислового комплексу.

*Рекомендовано до друку
вченою радою Львівського національного університету природокористування
(протокол № 9 від 26.02.2025)*

Редакційна колегія:

Шувар І. А., д. с.-г. н., професор, Львівський національний університет природокористування – головний редактор;

Лихочвор В. В., д. с.-г. н., професор, Львівський національний університет природокористування – заступник головного редактора;

Іванків М. Я., к. с.-г. н., доцент, Львівський національний університет природокористування – відповідальний секретар;

Андрейова А., д. інж., доктор філософії, доцент, Словацький сільськогосподарський університет в Нїтрі, Словацька Республіка;

Бальковський В. В., к. с.-г. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Вовк С. О., д. б. н., професор, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН України;

Вудмаска І. В., д. с.-г. н., професор, Інститут біології тварин НААН;

Голячук Ю. С., к. б. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Гаськевич О. В., к. геогр. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Гунчак А. В., д. с.-г. н., старший науковий співробітник, Інститут біології тварин НААН;

Дидів О. Й., к. с.-г. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Іванюк В. Я., к. с.-г. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Ільчук Р. В., д. с.-г. н., старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН;

Забродіна І. В., к. с.-г. н., доцент, Державний біотехнологічний університет;

Занєвич-Байковска А., д. габ., професор, Природничо-гуманітарний університет в Седльце, Республіка Польща;

Капрусь І. Я., д. б. н., професор, Львівський національний університет ім. Івана Франка;

Квасовскі В., доктор наук, доцент, Варшавський університет природних наук, Республіка Польща;

Колодзей Б., д. габ., професор, Університет природничих наук в Любліні, Республіка Польща;

Косилович Г. О., к. б. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Ліпінська Г., д. габ., професор, Університет природничих наук в Любліні, Республіка Польща;

Огородник Н. З., д. вет. н., професор, Львівський національний університет природокористування;

Роса Р., д. габ., професор, Природничо-гуманітарний університет в Седльце, Республіка Польща;

Рутковська Б., д. габ., професор, Варшавський університет природних наук, Республіка Польща;

Самборські А., д. габ., професор, Державна вища школа ім. Шимона Шимоновича в м. Замосць, Республіка Польща;

Спихай-Фабісяк Є., доктор сільськогосподарських наук, професор, Технологічно-природничий університет у Бидгощі, Республіка Польща;

Станкевич С. В., к. с.-г. н., доцент, Державний біотехнологічний університет;

Франчук Й., д. габ., професор, Природничо-гуманітарний університет в Седльце, Республіка Польща;

Хірівський П. Р., к. б. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Хойніцкі Ю., д. габ., професор, Варшавський університет природних наук, Республіка Польща;

Шульц В., д. габ., професор, Варшавський університет природних наук, Республіка Польща.

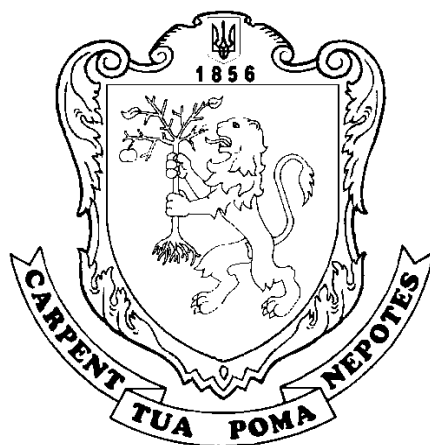
Засновник: Львівський національний університет природокористування

Періодичність видання: один раз на рік

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
LVIV NATIONAL ENVIRONMENTAL UNIVERSITY**

**BULLETIN
OF LVIV NATIONAL ENVIRONMENTAL UNIVERSITY**

Series
Agronomy
№ 29



Lviv 2025

Bulletin of Lviv National Environmental University. Series «Agronomy». 2025. № 29. 202 p.

The main fields of the research are: ecology, plant cultivation, fruit-and-vegetables farming, fodder production and animal raising, selection and seed-growing, plant protection, Agro-Chemistry and soil study, methods of basic soil cultivation and systems of fertilization and their impact on the agricultural crops.

The edition is for scientists, teachers, students and postgraduate students, specialists of agriculture.

*Recommended for publication
by the Academic Council of the Lviv National Environmental University
(protocol № 9 from 26.02.2025)*

Editorial board:

Shuvar I. A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Lviv National Environmental University – editor-in-chief;
Lykhochvor V. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Agriculture Sciences of Ukraine, Lviv National Environmental University – deputy editor-in-chief;
Ivankiv M. Ya., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University, executive – secretary of the Journal;

Andrejiová A., Doc. Ing., PhD, docent, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak Republic;

Balkovskyi V. V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Vovk S. O., Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of Ukraine of NAAS;

Vudmaska I. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Animal Biology of NAAS;

Holiachuk Yu. S., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Haskevych O. V., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Hunchak A. V., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Animal Biology of NAAS;

Dydiv O. Y., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Ivaniuk V. Ya., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Ilchuk R. V., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of Ukraine of NAAS;

Zyromski A., Dr. hab. inż., Professor, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Republic of Poland;

Zabrodina I. V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, State Biotechnological University;

Zaniewicz-Bajkowska A., Dr. hab., Professor, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, Republic of Poland;

Kaprus I. Ya., Doctor of Biological Sciences, Professor, Ivan Franko National University of Lviv;

Kwasowski W., Dr inż., Adiunkt, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Republic of Poland;

Kolodzei B., Dr. hab., Professor, University of Life Sciences in Lublin, Republic of Poland;

Kosylovych H. O., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Martyn W., Dr. hab., Professor, Doctor Honoris Causa, State School of Higher Education in Zamość, Uczelnia Państwowa im. Szymona Szymonowica w Zamościu, Republic of Poland;

Lipinska G., Dr. hab., Professor, University of Life Sciences in Lublin, Republic of Poland;

Ohorodnyk N. Z., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Lviv National Environmental University;

Rosa R., Dr. hab. inż., Professor, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, Republic of Poland;

Rutkowska B., Dr. hab., Professor, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Republic of Poland;

Samborski A., Dr. hab., Professor, State School of Higher Education in Zamość, Uczelnia Państwowa im. Szymona Szymonowica w Zamościu, Republic of Poland;

Spychaj-Fabisiak E., Dr. hab., Profesor nauk rolniczych, Bydgoszcz University of Technology and Life Sciences, Republic of Poland;

Stankevych S. V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, State Biotechnological University;

Franczuk J., Dr. hab., Professor, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, Republic of Poland;

Khivivskyi P. R., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Chojnicki J., Dr. hab., Professor, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Republic of Poland;

Szulc W., Dr. hab., Professor, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Republic of Poland

Founder: Lviv National Environmental University

Periodicity of publication: once a year

ЗМІСТ

Розділ 1 ЕКОЛОГІЯ

<i>Разанов С., Алексеев О., Разанова А., Бахмат О., Дацко Т., Дидів А.</i> Інтенсивність накопичення важких металів і мікроелементів у вегетативній масі бавовнику, вирощеного на сірих лісових ґрунтах Правобережного Лісостепу	9
<i>Снітинський В., Лисак Г., Хірівський П., Любинець Н., Панас Н., Калита Р.</i> Екологічний аналіз антропогенного впливу на якість плодів <i>Vaccinium oxycoccos</i> L. на Яворівщині	15
<i>Мандрик О., Турлич В., Барабан К.</i> Кореляційно-регресійний аналіз впливу чинників середовища на коефіцієнт фітомеліоративної ефективності техногенних ландшафтів	22
<i>Іванків М., Качмар Н., Дацко Т., Дидів А., Бальковський В., Городиська І.</i> Екологічний моніторинг Львівщини як ключовий інструмент забезпечення сталого розвитку регіону та мінімізації екологічних ризиків	30
<i>Мазурак О., Мазурак І., Разанова А., Ковалів Ю.</i> Біовугілля з агровідходів: технології сталого розвитку	37
<i>Жилищич Ю., Кректун Б., Візінгер Г., Хірівський П., Саламаха І., Панас Н., Германович О., Корінець Ю.</i> Роль природоорієнтованих екорекреаційних практик у збереженні екотуристичного та біотичного потенціалу НПП «Бойківщина»	44
<i>Лопотич Н., Шкумбатюк О., Верхола Г.</i> Оцінка стану рекреаційної інфраструктури гірських районів Львівщини	52

Розділ 2 ЗЕМЛЕРОБСТВО

<i>Корінець Ю., Снітинський В., Хірівський П., Панас Н., Сапельюк С.</i> Вплив ерозії на гірські лісові ґрунти в зоні змішаних ялинових лісів Українських Карпат та протиерозійні заходи на лісосіках	57
<i>Дудар І., Шувар І., Корпіта Г., Павлович С., Ткачук В., Рацький М.</i> Технологічні особливості формування продуктивності та поліпшення якості зеленої маси конюшини лучної	62

Розділ 3 РОСЛИННИЦТВО

<i>Лихочвор В., Андрушко М., Андрушко О.</i> Урожайність гороху залежно від норми висіву в умовах Лісостепу Західного України	67
<i>Лихочвор В., Альохін В.</i> Формування врожайності озимої пшениці залежно від строків сівби	73
<i>Мазурак І.</i> Вплив мінерального живлення на врожайність чорного вівса (<i>Avena strigosa</i>) в умовах Західної України	80
<i>Бомба М., Литвин О., Мазурак І., Андрушко М., Бомба М.</i> Урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти агрофітоценозу	86
<i>Блятник Т.</i> Формування продуктивності сортів сої залежно від норми висіву у Західному Лісостепу	91

Розділ 4 ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО

<i>Гулько Б., Гулько В.</i> Порівняльна характеристика інтродукованих сортів малини в умовах Полісся України	96
<i>Рожко І.</i> Сортова різноманітність у культурі <i>Rubus idaeus</i> L.	102
<i>Стефанюк С., Гель І.</i> Рання продукція буряка столового сорту Ефіоп	108
<i>Підлубенко І., Коноваленко К., Гораши О., Климишина Р.</i> Вплив сортових особливостей на врожайність коренеплодів моркви в умовах Східного Лісостепу	113
<i>Dydiv A., Kachmar N., Datsko T., Ivankiv M., Rosa R.</i> Accumulation of cadmium ions in table beet (<i>Beta vulgaris</i> L.) plants as affected by the use of fertilizers and ameliorants	119
<i>Печко В., Гриник Р.</i> Виклики та перспективи переміщення кісточкових плодів культур на північ і їхня адаптація до умов Лісостепу та Полісся в контексті змін клімату	126

<i>Rosa R., Franczuk J., Rutkowska A., Andrejiová A., Dydiv O.</i> Effects of spent mushroom substrate on selected physical properties of soil planted with white cabbage	132
<i>Дидів О., Дидів І., Соботович М., Стефківська Ю., Завальнюк О., Скубій О.</i> Економічна ефективність і біоенергетична оцінка вирощування товарної продукції салату посівного листового (<i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>secalina</i> Alef.)	140

Розділ 5 СЕЛЕКЦІЯ І НАСІННИЦТВО

<i>Лихочвор В., Дудар Я., Дудар І.</i> Польова схожість еспарцету залежно від сорту	147
---	-----

Розділ 6 ЗАХИСТ РОСЛИН

<i>Завірюха П.</i> Ефективність використання інсектицидів для захисту картоплі від колорадського жука	152
<i>Голячук Ю., Косилович Г., Гулько Б.</i> Шкідливий ентомокомплекс яблуневого саду	161
<i>Stiurko M.</i> Western conifer seed bug (<i>Leptoglossus occidentalis</i> H) – a threat to conifer plantations in Ukraine	167
<i>Овчиннікова О., Альохін В., Стюрко М.</i> Тагеро (<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> fzb24) у європейських системах захисту рослин: огляд даних літератури та практики застосування	172

Розділ 7 АГРОХІМІЯ І ҐРУНТОЗНАВСТВО

<i>Лихочвор В., Винницький В., Пуцак В.</i> Урожайність нуту (<i>Cicer arietinum</i> L) залежно від елементів живлення в умовах Західного Лісостепу України	176
<i>Полюхович М., Куцель Б.</i> Ефективність комплексного застосування добрив і регулятора росту за вирощування картоплі	182
<i>Пархуць Б.</i> Продуктивність картоплі залежно від розрахункових норм мінеральних добрив під запрограмовану врожайність на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу України	186

Розділ 8 ТВАРИННИЦТВО

<i>Ткачук В., Огородник Н., Мотько Н., Павкович С., Рацький М., Козак Р., Дудар І.</i> Естери холестеролу в овні овець за впливу біодеструкції мікроорганізмами руна	191
<i>Павкович С., Вовк С., Огородник Н., Дудар І., Ткачук В., Козак Р., Рацький М.</i> Вплив сезону утримання на якісні показники та жирнокислотний склад молока корів	197

CONTENT

Chapter 1 ECOLOGY

<i>Razanov S., Alieksieiev O., Razanova A., Bakhmat O., Datsko T., Dydiv A.</i> Intensity of accumulation of heavy metals and trace elements in the vegetative mass of cotton grown on grey forest soils of the Right-Bank Forest-Steppe	9
<i>Snitynskyi V., Lysak H., Khirivskyi P., Liubynets N., Panas N., Kalyta R.</i> Ecological analysis of anthropogenic impact on the quality of <i>Vaccinium oxycoccos</i> L. fruits in Yavoriv district	15
<i>Mandryk O., Tyrlych V., Baraban K.</i> Correlation-regression analysis of the influence of environmental factors on the phytomeliorative efficiency coefficient of technogenic landscapes	22
<i>Ivankiv M., Kachmar N., Datsko T., Dydiv A., Balkovskiy V., Horodyska I.</i> Environmental monitoring of Lviv region as a key tool for ensuring sustainable development and minimizing environmental risks	30
<i>Mazurak O., Mazurak I., Razanova A., Kovaliv Yu.</i> Biochar from agricultural waste: sustainable development technologies	37
<i>Zhylishchych Yu., Krekton B., Wiesinger G., Khirivskyi P., Salamakha I., Panas N., Hermanovych O., Korinets Yu.</i> Nature-oriented eco-recreational practices as a tool for sustaining the ecotourism and biotic potential of Boikivshchyna National Park	44
<i>Lopotych N., Shkumbatiuk O., Verkhola H.</i> Assessment of the state of recreational infrastructure in mountainous areas of Lviv region	52

Chapter 2 ARABLE FARMING

<i>Korinets Yu., Snitynskyi V., Khirivskyi P., Panas N., Sapeliuk S.</i> Impact of erosion on mountain forest soils in the zone of mixed spruce forests of the Ukrainian Carpathians and anti-erosion measures on logging sites	57
<i>Dudar I., Shuvar I., Korpita H., Pavkovych S., Tkachuk V., Ratskyi M.</i> Technological features of productivity formation and quality improvement of meadow clover green biomass	62

Chapter 3 CROP GROWING

<i>Lykhochvor V., Andrushko M., Andrushko O.</i> Pea yield depending on sowing rates in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine	67
<i>Lykhochvor V., Aliokhin V.</i> Formation of winter wheat yield depending on sowing dates	73
<i>Mazurak I.</i> Influence of mineral nutrition on the yield of black oats (<i>Avena strigosa</i>) in the conditions of Western Ukraine	80
<i>Bomba M., Lytvyn O., Mazurak I., Andrushko M., Bomba M.</i> Yield of corn hybrids depending on the density of agrophytocenosis	86
<i>Bliatnyk T.</i> Productivity of soybean varieties based on seeding rate in the Western Forest-Steppe	91

Chapter 4 FRUIT AND VEGETABLE GROWING

<i>Hulko B., Hulko V.</i> Comparative characteristics of introduced raspberry varieties in the conditions of Polissia of Ukraine	96
<i>Rozhko I.</i> Varietal diversity in the cultivation of <i>Rubus idaeus</i> L.	102
<i>Stefaniuk S., Hel I.</i> Early produce of Ethiop variety of table beet	108
<i>Pidlubenko I., Konovalenko K., Horash O., Klymyshyna R.</i> Influence of varietal characteristics on the yield of carrot roots in the conditions of the Eastern Forest-Steppe	113
<i>Dydiv A., Kachmar N., Datsko T., Ivankiv M., Rosa R.</i> Accumulation of cadmium ions in table beet (<i>Beta vulgaris</i> L.) plants as affected by the use of fertilizers and ameliorants	119
<i>Pechko V., Hrynyk R.</i> Challenges and prospects of northward relocation and adaptation of stone fruit crops to the Forest-Steppe and Polissia zones under climate change conditions	126

<i>Rosa R., Franczuk J., Rutkowska A., Andrejiová A., Dydiv O.</i> Effects of spent mushroom substrate on selected physical properties of soil planted with white cabbage	132
<i>Dydiv O., Dydiv I., Sobotovych M., Stefkivska Yu., Zavalniuk O., Skubii O.</i> Economic efficiency and bioenergetic assessment of commercial crop production of lettuce (<i>Lactuca sativa L. var. secalina Alef.</i>)	140

Chapter 5 SELECTION AND SEED PRODUCTION

<i>Lykhochvor V., Dudar Ya., Dudar I.</i> Field germination of sand sainfoin depending on the variety	147
---	-----

Chapter 6 PLANT PROTECTION

<i>Zaviriukha P.</i> Effectiveness of insecticides in protecting potatoes from Colorado potato beetle	152
<i>Holiachuk Yu., Kosylovych H., Hulko B.</i> Harmful entomocomplex of the apple orchard	161
<i>Stiurko M.</i> Western conifer seed bug (<i>Leptoglossus occidentalis</i> H) – a threat to conifer plantations in Ukraine	167
<i>Ovchinnikova O., Aliokhin V., Stiurko M.</i> Taegro (<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> fzb24) in European plant protection systems: a review of literature and application practices	172

Chapter 7 AGROCHEMISTRY AND SOIL SCIENCE

<i>Lykhochvor V., Vynnytskyi V., Pushchak V.</i> Chickpea (<i>Sicer arietinum</i> L) yield depending on nutrients in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine	176
<i>Poliukhovych M., Kutsel B.</i> Efficiency of the integrated use of fertilizers and growth regulators in potato cultivation	182
<i>Parkhuts B.</i> Potato yield productivity based on calculated mineral fertilizer norms for the target yield on dark grey podzolic soil in the Western Forest-Steppe region of Ukraine	186

Chapter 8 ANIMAL BREEDING

<i>Tkachuk V., Ohorodnyk N., Motko N., Pavkovych S., Ratskyi M., Kozak R., Dudar I.</i> Cholesterol esters of sheep wool under the influence of biodegradation by fleece microorganisms	191
<i>Pavkovych S., Vovk S., Ohorodnyk N., Dudar I., Tkachuk V. Kozak R., Ratskyi M.</i> The influence of season on the quality indicators and fatty acid composition of cow's milk	197

Розділ 1

ЕКОЛОГІЯ

УДК 631.52:633.58:581.17

ІНТЕНСИВНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ВЕГЕТАТИВНІЙ МАСІ БАВОВНИКУ, ВИРОЩЕНОГО НА СІРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

С. Разанов^{1,2}, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4883-2696

О. Алексєєв², к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-5807-4932

А. Разанова^{1,2}, доктор філософії з екології

ORCID ID: 0000-0002-3546-3692

²Вінницький національний аграрний університет

О. Бахмат, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-8015-1567

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Т. Дацко¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-2957-1822

А. Дидів¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4436-9008

¹Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.009>

Разанов С., Алексєєв О., Разанова А., Бахмат О., Дацко Т., Дидів А. Інтенсивність накопичення важких металів і мікроелементів у вегетативній масі бавовнику, вирощеного на сірих лісових ґрунтах Правобережного Лісостепу

Інтенсифікація рослинництва сприяє збільшенню обсягів виробництва, внаслідок чого посилюється техногенне навантаження на довкілля, зокрема на ґрунти, що негативно впливає на якість і безпеку рослинницької продукції. Однією з головних екологічних загроз є накопичення важких металів, надходження яких у ґрунти значно зросло внаслідок активного використання мінеральних добрив, пестицидів, промислових викидів, а також воєнної агресії росії проти України.

Досліджено інтенсивність накопичення важких металів (свинцю та кадмію) та мікроелементів (цинку і міді) у вегетативній масі бавовнику (*Gossypium L.*), вирощеного на сірих лісових ґрунтах Правобережного Лісостепу. Проаналізовано вміст зазначених елементів у ґрунті та рослинній масі. Визначено коефіцієнти накопичення важких металів з метою оцінки ефективності вирощування бавовнику сорту Дніпровський 5 для фітореMediaції забруднених територій.

Встановлено, що цинк найбільше нагромаджується у вегетативній масі бавовнику, що майже вчетверо більше, ніж мідь, і у вісім разів більше, ніж свинець. Досліджено, що мідь посідає друге місце за рівнем накопичення у вегетативній масі, що у 2,2 рази більше, ніж свинець, і у 21 разів більше, ніж кадмій. Виявлено, що концентрація кадмію у вегетативній масі з-поміж усіх досліджуваних важких металів була найнижча. За рівнем накопичення у надземній частині бавовнику важкі метали та мікроелементи розташувалися у такій зростаючій послідовності: кадмій → свинець → мідь → цинк.

На основі коефіцієнта накопичення (K_n) визначено високу здатність бавовнику до акумуляції міді ($K_n = 45,9$) та цинку ($K_n = 19,4$), що свідчить про його ефективність щодо фітореMediaції забруднених територій. Накопичення вегетативною масою свинцю ($K_n = 3,73$) та кадмію ($K_n = 4,57$) також підтверджує здатність рослини вилучати токсиканти з ґрунту.

Оцінено потенціал використання рослин бавовнику для очищення ґрунтів від забруднень важкими металами. Отримані результати можуть бути використані для розробки стратегій фітореMediaції та оцінки екологічної безпеки агроecosистем.

Ключові слова: свинець, кадмій, цинк, мідь, коефіцієнт накопичення, бавовник, фітореMediaція.

Razanov S., Aliksieiev O., Razanova A., Bakhmat O., Datsko T., Dydiv A. Intensity of accumulation of heavy metals and trace elements in the vegetative mass of cotton grown on grey forest soils of the Right-Bank Forest-Steppe

The intensification of crop production leads to an increase in production volumes, which in turn raises the technogenic burden on the environment, particularly concerning soil quality and safety of crop products. A significant environmental threat is the accumulation of heavy metals, whose presence in soils has increased significantly due to the extensive use of mineral fertilizers, pesticides, industrial emissions, and the ongoing military aggression of Russia against Ukraine.

This article explores the accumulation of heavy metals (lead and cadmium) and trace elements (zinc and copper) in the vegetative mass of cotton (*Gossypium L.*) cultivated on the grey forest soils of the Right-Bank Forest-Steppe. The study involves an analysis of the concentrations of these elements in both soil and plant biomass, as well as determining accumulation coefficients of heavy metals to evaluate the efficacy of the Dniprovskiy 5 cotton variety for phytoremediation in contaminated areas.

The findings indicate that zinc is the most readily accumulated element within the cotton's vegetative mass, occurring nearly four times more than copper and eight times more than lead. Copper ranks second in terms of accumulation, being 2.2 times more than lead and 21 times more than cadmium. Notably, the concentration of cadmium in the vegetative mass is the lowest among all the heavy metals studied. In terms of accumulation levels in the aboveground parts of the cotton plant, the order of heavy metals and trace elements is arranged from lowest to highest as follows: cadmium → lead → copper → zinc.

Based on the accumulation coefficient (C_a), cotton has been found to have a high capacity for accumulating copper ($C_a = 45.9$) and zinc ($C_a = 19.4$), indicating its effectiveness in phytoremediation of contaminated areas. The accumulation of lead ($C_a = 3.73$) and cadmium ($C_a = 4.57$) in the vegetative mass also confirms the plant's ability to extract toxicants from the soil.

The potential of using cotton plants for soil remediation from heavy metal contamination has been assessed. The obtained results can be used for developing phytoremediation strategies and evaluating the environmental safety of agroecosystems.

Keywords: lead, cadmium, zinc, copper, accumulation coefficient, cotton plant, phytoremediation.

Постановка проблеми. Накопичення важких металів у ґрунтах сільськогосподарського призначення є однією з найважливіших екологічних проблем сучасності. Внаслідок антропогенного навантаження, зокрема інтенсивного застосування мінеральних добрив, пестицидів та промислових викидів, значні обсяги токсичних елементів потрапляють у навколишнє середовище. Це призводить до забруднення верхнього гумусового горизонту ґрунтів, зниження їхньої родючості та потрапляння токсикантів у харчовий ланцюг через рослинну продукцію [3].

Значну небезпеку у ґрунті становлять саме рухомі форми важких металів, які навіть при незначному перевищенні ГДК є токсичними для сільськогосподарських рослин, порушують більшість метаболічних процесів, пригнічують ріст, знижують урожай та його якість, а також здатні до інтенсивної транслокації, що зрештою створює значні ризики для здоров'я людини [4].

Катіони важких металів можуть адсорбуватися на ґрунтових частинках, зв'язуватися з органічними речовинами, осідати в гідроксидах заліза, входити до кристалічних решіток глинистих мінералів, перебувати у ґрунтових водах та нагромаджуватися ґрунтовою біотою. Рівень рухомості важких металів визначається геохімічними умовами та ступенем техногенного впливу на довкілля [10].

Одним із перспективних методів зменшення забруднення ґрунтів є використання фітореMediaції –

здатності рослин акумулювати токсичні елементи у своїй біомасі [1]. Важливою культурою, яка може бути ефективною у процесі очищення ґрунтів, є бавовник (*Gossypium L.*) [2]. Завдяки розвиненій кореневій системі та здатності до поглинання важких металів цю рослину можна використовувати як природний біофільтр, що сприяє зменшенню техногенного навантаження на агроecosистеми.

Однак питання ефективності накопичення важких металів у вегетативній масі бавовнику, вирощеного на сірих лісових ґрунтах Правобережного Лісостепу, недостатньо вивчене. Визначення рівня поглинання токсикантів, коефіцієнтів їхнього накопичення та потенційної ефективності культури у фітореMediaції – актуальне завдання, яке потребує додаткових наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема накопичення важких металів у сільськогосподарських ґрунтах привертає значну увагу науковців у всьому світі, зокрема й в Україні. Згідно з дослідженнями, рівень забруднення ґрунтів токсичними елементами суттєво залежить від інтенсивності землекористування, структури сівозмін та агротехнічних заходів. Чимало наукових праць присвячено оцінці впливу мінеральних добрив і засобів захисту рослин на баланс важких металів у ґрунтах та їхній міграції в агроecosистемах [4; 10; 19].

Особливу небезпеку серед токсикантів становлять свинець і кадмій. Свинець здебільшого

потрапляє в довкілля у вигляді газів, аерозолів, промислових стічних вод і має низьку рухливість, що сприяє його накопиченню в ґрунтах. Кадмій, навпаки, має високу здатність до міграції, легко переходить у доступні для рослин рухомі форми й накопичується в сільськогосподарській продукції [14; 16].

Джерелами надходження важких металів у ґрунти є атмосферні опади, мінеральні добрива, пестициди, а також природні процеси вивітрювання гірських порід. Частина цих елементів закріплюється в ґрунті завдяки сорбційним властивостям, що частково обмежує їхнє проникнення в рослинницьку продукцію [13]. Водночас воєнні дії внаслідок агресії росії проти України значно посилюють техногенне навантаження на агроєкосистеми, що додатково сприяє забрудненню ґрунтів важкими металами.

Окрім свинцю та кадмію, небезпеку становлять також ртуть, мідь і цинк. Хоча останні два елементи є важливими есенціальними мікроелементами для рослин, їхній надлишок у ґрунті може призводити до накопичення у врожаї понад допустимі норми, що небезпечно для здоров'я людини [9; 15].

Масштаби забруднення довкілля важкими металами невинно зростають, особливо в районах, прилеглих до підприємств кольорової та чорної металургії, виробництва мінеральних добрив та інших промислових центрів. Щороку в навколишнє середовище викидаються значні обсяги відходів, що містять токсичні сполуки. Інтенсивне накопичення цих поллютантів створює серйозні екологічні ризики, зокрема щодо безпечного використання ґрунтів у сільському господарстві [17].

Хоча в умовах інтенсивного землеробства значна частина важких металів виноситься з ґрунту разом з урожаєм сільськогосподарських культур, рівень їхнього накопичення все одно може залишатися високим. Це особливо небезпечно з огляду на те, що рослини у своїй вегетативній масі здатні накопичувати токсиканти у десятки, а іноді й у сотні разів більше, ніж їхній вміст у ґрунті.

Потреба у контролі та зниженні вмісту важких металів у ґрунтового середовищі надзвичайно важлива для мінімізації надходження токсикантів до організму людини через продукти харчування. Одним із ефективних заходів зменшення концентрації важких металів у ґрунтах є фітореMediaція – винесення токсичних елементів разом з урожаєм рослин, спроможних до їх накопичення [6; 12; 18].

Останніми роками, особливо на півдні України, у сільськогосподарській сівозміні запро-

ваджують вирощування бавовнику [7; 11]. Ця культура належить до родини мальвових і характерна куцистим стеблом заввишки до 1 м із частково здерев'янілою нижньою частиною [5; 11]. Враховуючи ці фактори, виникла потреба у вивченні інтенсивності накопичення важких металів у вегетативній масі бавовнику для оцінки його потенційного використання як фітореMediaнта.

Постановка завдання. Наше завдання – дослідити процес накопичення важких металів (свинцю та кадмію) і мікроелементів (цинку та міді) у вегетативній масі бавовнику на сірих лісових ґрунтах в умовах населеного пункту м. Гнівань (Тиврівський район Вінницької області).

Обробіток ґрунту під посіви бавовнику передбачав: зяблеву оранку на глибину 25–30 см, весняне боронування у два сліди, культивуацію. Бавовник сорту Дніпровський 5 висаджували у вигляді пророщеного насіння (розсадним способом). Вирощували культуру без внесення мінеральних добрив. Догляд за посівами передбачав лише боротьбу з бур'янами просапним способом. Розмір кожної дослідної ділянки становив 5 м².

ґрунт для визначення вмісту важких металів обирали методом конверта на глибині 22–24 см (глибина переорювання), із загальною масою зразка 0,5 кг. Вегетативну масу бавовнику відбирали у фазі технічної стиглості методом точкових проб. Маса відібраної проби становила 0,5 кг з кожної ділянки. Для забезпечення статистичної достовірності експерименту всі дослідження проводили у триразовій повторності. Всього відібрали дев'ять ґрунтових зразків (по три з кожної з трьох реплік) та дев'ять зразків вегетативної маси бавовнику. Отримані результати подано як середні арифметичні значення $\pm$ стандартне відхилення, що дозволяє оцінити варіабельність показників накопичення та підвищити надійність інтерпретації біоаккумуляційної здатності бавовнику.

Коефіцієнт накопичення (K_n) важких металів та мікроелементів у вегетативній масі бавовнику визначали за формулою:

$$K_{\text{накопичення}} = \frac{C_{\text{вегетативна маса}}}{C_{\text{ґрунту}}}$$

де $C_{\text{вегетативна маса}}$ – вміст досліджуваних елементів у вегетативній масі; $C_{\text{ґрунту}}$ – вміст досліджуваних елементів у ґрунті.

Варто зауважити, що якщо значення $K_n > 1$, це свідчить про високу здатність рослини до накопичення елемента, що важливо для фітореMediaції. Якщо $K_n < 1$, то рослина нагромаджує цей елемент у меншій концентрації, ніж він міститься у ґрунті [8].

Уміст важких металів та мікроелементів у ґрунті й вегетативній масі визначали атомно-адсорбційним методом згідно з ДСТУ 4117:2007 у лабораторії Інституту сільського господарства Полісся Національної академії аграрних наук України.

Виклад основного матеріалу. Аналіз результатів досліджень із вивчення вмісту важких металів та мікроелементів у сірому лісовому ґрунті (рис. 1) показав, що перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) рухомих форм свинцю, кадмію, цинку та міді не виявлено. Серед досліджуваних елементів найвищий вміст рухомих форм у ґрунті мав цинк (1,15 мг/кг), а найнижчий – кадмій (0,061 мг/кг). Вміст рухомих форм свинцю в ґрунті був нижчим за ГДК у 8,4 разів, кадмію – у 11,5, цинку – у 20, міді – у 23 рази.

Аналізуючи фактичну концентрацію важких металів і мікроелементів у надземній масі бавовнику (рис. 2), зауважимо, що цинк найбільше нагромаджувався у вегетативній масі – 22,36 мг/кг. Це майже вчетверо більше, ніж мідь (5,83 мг/кг), і у вісім разів більше, ніж свинець (2,66 мг/кг). Встановлено, що мідь посідає друге місце за рівнем накопичення – 5,83 мг/кг, що у 2,2 раза більше, ніж свинець, і у 21 раз більше, ніж кадмій. Виявлено, що концентрація кадмію у вегетативній масі з-поміж усіх досліджуваних важких металів була найнижча – 0,279 мг/кг, що у 80 разів менше, ніж концентрація цинку. На основі проведених досліджень встановлено, що за рівнем накопичення у надземній частині бавовнику важкі метали та мікроелементи розташувалися у такій зростаючій послідовності: кадмій → свинець → мідь → цинк.

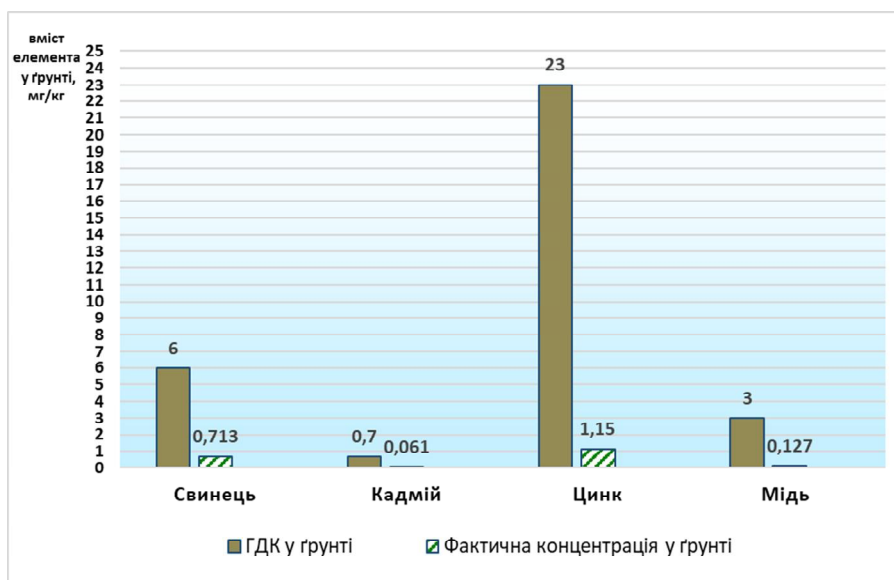


Рис. 1. Вміст рухомих форм важких металів та мікроелементів у сірому лісовому ґрунті, мг/кг

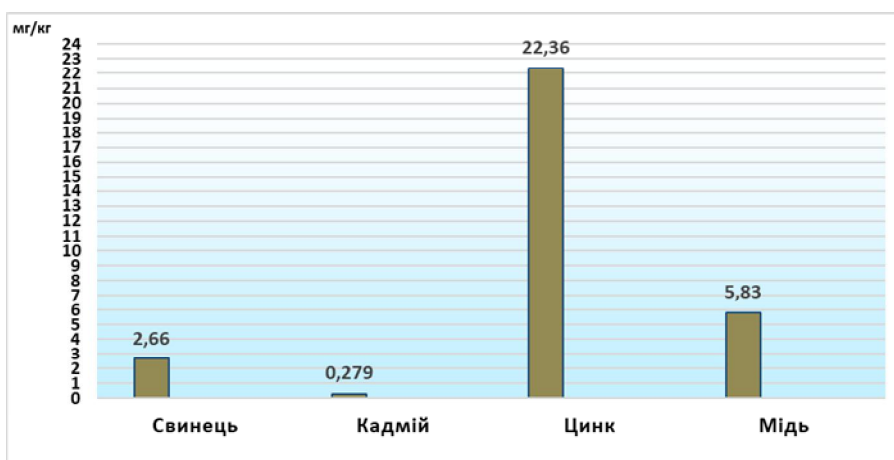


Рис. 2. Вміст важких металів та мікроелементів у надземній вегетативній масі бавовнику, мг/кг

Згідно з отриманими результатами бавовник у вегетативній масі найбільше накопичує цинк, що свідчить про його важливу біологічну роль як есенціального мікроелемента для рослин. Мідь також накопичується у значних кількостях, що підтверджує високу здатність бавовнику до фітореємедіації цього металу. Свинець і кадмій накопичуються значно менше, однак значення показника K_n вказує на здатність рослини ефективно вилучати їх із ґрунту. Особливо важливо, що навіть за низької концентрації металів у ґрунті рослина бавовнику здатна акумулювати значні кількості важких

металів у своїй біомасі, що підтверджує її ефективність для фітореємедіації (рис. 1).

Розраховані коефіцієнти накопичення важких металів та мікроелементів у надземній вегетативній масі бавовнику, вирощеного на сірих лісових ґрунтах Правобережного Лісостепу, окремо для кожного металу: свинець – 3,73, кадмій – 4,57, цинк – 19,4, та мідь – 45,9. Найвищий коефіцієнт накопичення міді, який у 12,3 рази перевищував коефіцієнт накопичення свинцю, у десять разів – коефіцієнт накопичення кадмію та у 2,36 рази – коефіцієнт накопичення цинку (табл.).

Таблиця

Коефіцієнт накопичення важких металів та мікроелементів надземною вегетативною масою бавовнику

Важкі метали та мікроелементи	Фактичний вміст у ґрунті, мг/кг	Фактичний вміст у надземній вегетативній масі, мг/кг	Коефіцієнт накопичення
Свинець	0,713	2,66±0,63	3,73
Кадмій	0,061	0,279±0,027	4,57
Цинк	1,15	22,36±1,03	19,4
Мідь	0,127	5,83±0,49	45,9

Примітка: Дані наведено як середнє ± стандартне відхилення на основі трьох повторів (n = 3)

Отже, послідовність величин коефіцієнтів накопичення важких металів у вегетативній масі бавовнику у порядку зростання така: свинець → кадмій → цинк → мідь.

Хоча концентрації важких металів у досліджуваному сірому лісовому ґрунті не перевищували ГДК, вибір саме цього типу ґрунту зумовлений кількома чинниками. По-перше, це дозволило оцінити фонову здатність бавовнику до акумуляції елементів в умовах без техногенного навантаження. По-друге, такий підхід дає змогу виявити базову біоаккумуляційну здатність культури, що є ключовою для обґрунтування її потенційного використання як фітореємедіанта у майбутніх експериментах на забруднених ґрунтах. По-третє, враховуючи сучасні військові ризики для агроландшафтів, важливо мати чітке уявлення про фітореємедіаційний потенціал культур ще до надходження токсикантів у критичних концентраціях. Отже, результати можуть бути використані як референтні для планування та моніторингу стану ґрунтів у відновлювальний період.

Висновки. Отримані результати свідчать, що вміст рухомих форм важких металів у досліджуваних сірих лісових ґрунтах не перевищував гранично допустиму концентрацію, що вказує на

їхню відносну екологічну безпеку. Встановлено, що найвищу концентрацію рухомих форм серед досліджуваних елементів у ґрунті відзначено у цинку (1,15 мг/кг), тоді як найнижчу – у кадмію (0,061 мг/кг). Бавовник сорту Дніпровський 5 показав високу здатність до накопичення важких металів з ґрунту, особливо цинку (22,36 мг/кг) та міді (5,83 мг/кг). Так, високі значення коефіцієнтів накопичення для міді (45,9) та цинку (19,4) свідчать про значну ефективність цієї культури у фітореємедіації.

Зазначимо, що свинець ($K_n = 3,73$) та кадмій ($K_n = 4,57$) також активно поглиналися рослиною бавовнику, хоча їхній вміст у вегетативній масі був нижчим. Отже, навіть при низьких початкових концентраціях важких металів у ґрунті бавовник здатний акумулювати їх у значних кількостях у своїй вегетативній масі. Це підтверджує можливість використання бавовнику для очищення забруднених територій важкими металами.

Подальші дослідження щодо накопичення важких металів рослинами бавовнику та їхньої фітореємедіаційної ефективності надзвичайно важливі через зростання антропогенного впливу на агроєкосистеми. Особливо необхідно розширити дослідження біоаккумуляційних властивостей різних сортів бавовнику, що дозволить виявити най-

більш ефективні для застосування в системах біологічного очищення ґрунтів.

Крім того, важливим напрямком є дослідження впливу агротехнічних методів і умов вирощування на здатність рослин бавовнику поглинати важкі метали, що допоможе розробити оптимальні технології для землеробства на забруднених землях. Результати таких досліджень сприятимуть формуванню науково обґрунтованих рекомендацій для інтеграції бавовнику в систему екологічно безпечного землекористування та відновлення деградованих ґрунтів, пошкоджених унаслідок воєнних дій.

Бібліографічний список

1. Борецька І. Ю., Джура Н. М., Романюк О. І. ФітореMediaція техногенно забруднених ґрунтів з використанням енергетичних культур. *Екологічні науки*. 2021. № 6. С. 72–76. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.11>
2. Боровик В. О., Степанов Ю. О. Історичний шлях розвитку селекції бавовнику в Інституті зрошуваного землеробства. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 62. С. 95–98.
3. Брайнінгер О. І. Особливості транслокації та акумуляції важких металів у системі «ґрунт–рослина–сільськогосподарська продукція». *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 123. С. 225–231. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.31>
4. Вдовенко С. А., Гетман Н. Я., Дідур І. М. Інтенсивність накопичення розторопшею плямистою свинцю та кадмію на різних ґрунтах. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 15–21. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-167-2-15-21>
5. Вожегова Р. А. Особливості тривалості періоду вегетації зразків генофонду бавовнику *Gossypium hirsutum* L. в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 85–89. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.12.13>
6. Гирля Л. М. ФітореMediaція – ефективний шлях зниження вмісту важких металів у ґрунтах. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія»*. Серія: Екологія. 2011. Т. 152. Вип. 140. С. 57–59.
7. Гусарова А. Одеське господарство розраховує отримати перший урожай бавовнику на зрошенні на рівні 2,5–3 т/га. *SuperAgronom*. 2024. URL: <https://superagronom.com/news/19108-odeske-gospodarstvo-rozrahovuye-otrimati-pershiy-urojay-bavovniku-na-zroshenni-na-rivni-25-3-t-ga> (дата звернення: 04.02.2025).
8. Денчиля-Сакаль Г. М., Ніколайчук В. І., Колесник А. В., Вакерич М. М., Ткач О. П. Особливості акумуляції важких металів в рослинах *Trifolium pratense* L. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Серія: Біологія. 2012. Вип. 33. С. 189–191.
9. Єгорова Т. М., Сапсай Т. П. Особливості формування дисбалансу цинку у біогеохімічних ланцюгах агроландшафтів України. *Таврійський науковий вісник*. 2016. Вип. 96. С. 197–204.
10. Мислива Т. М. Сvineць і кадмій у ґрунтах агроландшафтів Житомирського Полісся. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. Вип. 3. С. 43–50.
11. Немоловська Т., Сніговий В., Орлюк А. Перспективи вирощування бавовнику на Півдні України. *Пропозиція*. 2008. URL: <https://propozitsiya.com/ua/perspektivi-viroshchuvannya-bavovniku-na-pivdni-ukrayini> (дата звернення: 03.02.2025).
12. Самохвалова В. Л. Біологічні методи ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. *Біологічні студії*. 2014. Т. 8. № 1. С. 217–236.
13. Снітинський В. В., Ткачук О. П., Разанова А. М., Коруняк О. П. Ефективність фітореMediaції забрудненого важкими металами ґрунту за вирощування розторопші плямистої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 1. С. 164–171. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-11>
14. Ткачук О. П., Разанова А. М. Інтенсивність накопичення Pb у листовій масі та насінні розторопші плямистої (*Silybum Marianum*). *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 1. С. 109–112. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-1-109-112>
15. Ткачук О. П., Разанова А. М. Порівняльна оцінка накопичення Zn розторопшею плямистою (*Silybum Marianum*) залежно від виду мінеральних добрив. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 98–103. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201278>
16. Chorna V. I., Voroshylova N. V., Syrovatko V. A. Cadmium distribution in soils of Dnipropetrovsk oblast and its accumulation in crop production. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8 (1). P. 910–917. https://doi.org/10.15421/2018_293
17. Dursun S., Symochko L., Mankolli H. Bioremediation of heavy metals from soil: an overview of principles and criteria of using. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 3. P. 6–12. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211521>
18. Herlina L., Widianarko B., Purnaweni H., Sudarno S., Sunoko H. Phytoremediation of Lead Contaminated Soil Using Croton (*Cordiaecum variegatum*) Plants. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. № 21 (5). P. 107–113. <https://doi.org/10.12911/22998993/122238>
19. Razanov S. F., Tkachuk O. P., Razanova A. M., Bakhmat M. I., Bakhmat O. M. Intensity of heavy metal accumulation in plants of *Silybum marianum* L. in conditions of field rotation. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (2). P. 131–136. https://doi.org/10.15421/2020_75

Стаття надійшла 10.02.2025

УДК 582.688.3:504.4 (477.83)

ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ПЛОДІВ *VACCINIUM OXYCOCCOS* L. НА ЯВОРІВЩИНІ

В. Снітинський, д. б. н.,
ORCID ID: 0000-0001-9633-1004

Г. Лисак, к. б. н.
ORCID ID: 0000-0003-3388-7966

П. Хірівський, к. б. н.
ORCID ID: 0000-0001-7246-9260

Н. Любинець, аспірант
ORCID ID: 0000-0002-9492-5295

Н. Панас, к. б. н.
ORCID ID: 0000-0003-3737-6338

Р. Калита, аспірант
ORCID ID: 0009-0002-2249-1608

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.015>

Снітинський В., Лисак Г., Хірівський П., Любинець Н., Панас Н., Калита Р. Екологічний аналіз антропогенного впливу на якість плодів *Vaccinium oxycoccos* L. на Яворівщині

Проаналізовано публікації останнього періоду щодо динаміки сукцесійних змін рослинних болотних угруповань на Розточчі. Вони свідчать про негативні тенденції висихання боліт у регіоні. Ця екологічна проблема призводить до незворотних змін природних ландшафтів. Зазначено, що болота, як-от біом, відіграють важливе значення в екосистемі – очищають водні ресурси від забруднення, стабілізують зміну мікроклімату, зменшують загрозу паводків та повеней, покращують якість води, зберігають осередок біорізноманіття.

Описано вісім локалітетів місцезростань *Vaccinium oxycoccos* у Яворівському краю. Вони не мають високої продуктивності, тож їх недоцільно використовувати для заготівлі. Зауважено, що їхні екотопи сьогодні екологічно й фітоценотично задовільні. Звернено увагу на пробну площу «Немирів», яка має позитивну гідрологічну динаміку і яка підтримує статус заболоченої території. Відповідно популяція журавлини болотної на цій площі розростається і не зазнає антропогенного впливу. Загущені болотні зарості деревно-чагарникової рослинності не дозволяють відвідувачам санаторію вільно рухатися цією місцевістю. Не краща ситуація стану місцезростань *V. oxycoccos* в зонах заповідання природоохоронних об'єктів. Спостерігаються негативні тенденції людського впливу на журавлинники Новояворівського лісництва – витоптуються стежки, з'являються глибокі проходи між сфагновими куртинами, погіршується гідрологічний режим та рослинний покрив боліт.

Проаналізовано хімічний склад плодів *Vaccinium oxycoccos* із дослідних ділянок у межах населених пунктів Немирів, Новояворівська, Грушева, Шаварів, Рогізно, а також Яворівського полігону та Яворівського НПП. Вивчено причини антропогенного пресингу на популяції журавлини і виявлено перевищення ГДК Cd, Fe, Cr в ягодах *Vaccinium oxycoccos* на всіх пробних площах. З'ясовано, що основними причинами забруднення ягід є транскордонне розміщення території та геолого-історичні особливості регіону.

Вивчено фактори впливу на популяційні локуси *V. oxycoccos* і запропоновано заходи щодо нормування ГДК елементів у досліджених екотопах.

Ключові слова: *Vaccinium oxycoccos* L., хімічний склад, плоди журавлини, антропогенний вплив, Яворівщина.

Snitynskyi V., Lysak H., Khirivskyi P., Liubynets N., Panas N., Kalyta R. Ecological analysis of anthropogenic impact on the quality of *Vaccinium oxycoccos* L. fruits in Yavoriv district

Recent studies examining the dynamics of successional changes in plant swamp communities within the Roztochchia area have been analyzed. Most findings indicate concerning trends regarding the drying of swamps in the region. This environmental challenge leads to irreversible alterations in natural landscapes. Swamps, as a biome, play a crucial role in the ecosystem by purifying water sources, stabilizing microclimate variations, mitigating flood risks, enhancing water quality, and preserving the biodiversity of swamp territories.

Eight localities of *Vaccinium oxycoccos* habitats in Yavoriv area have been described. Given their low productivity, these areas are not suitable for large-scale harvesting. However, it is noteworthy that their ecological and phytocenotic conditions are satisfactory for the current period. Particular attention is paid to the "Nemyriv" trial area, which exhibits positive hydrological dynamics and maintains its status as a wetland. Consequently, the population of bog cranberry in this region is on the rise and remains largely unaffected by human activities. The dense swamp thickets of trees and shrubs prevent visitors to the sanatorium from moving freely around this area. The habitats of *V. oxycoccos* in nature conservation areas are in

a poorer state. There are negative effects stemming from human influence on the cranberry groves within the Novoyavorivsk forestry. This has led to trampling of paths, formation of deep passages between Sphagnum moss cushions, and alterations in hydrological conditions and swamp vegetation cover.

The chemical composition of bog cranberry was analyzed on experimental plots of Nemyriv, Novoyavorivsk, Shavari, Rohizno, as well as the Yavoriv military training ground and Yavorivskyi National Nature Park. The causes of anthropogenic pressure on the cranberry population were examined, and an excess of the maximum permissible concentrations (MPC) of Cd, Fe, and Cr in *V. oxycoccus* berries was detected across all test areas. The transboundary location of the territory and the geological and historical characteristics of the region were recognized as the main reasons for the contamination of the berries.

The factors influencing plant populations were studied, and measures were proposed to normalize the MPC levels of the aforementioned elements in the studied ecotopes.

Keywords: *Vaccinium oxycoccus* L., chemical composition, cranberry, anthropogenic impact, Yavoriv area.

Постановка проблеми. Яворівщина має велику територію природно-заповідного фонду. Водно-болотні угіддя займають 4,5 % площі [8]. Проте останнім часом науковці Біосферного резервату «Розточчя» в Літописах природи фіксують зменшення площі сфагнових боліт, у тому числі з місцезростанням *Vaccinium oxycoccus*. Екологічною проблемою є не лише зміна гідрологічного режиму заболочених територій, а й забруднення їх важкими металами. Доцільно дослідити рівні забруднення територій-локацій *Vaccinium oxycoccus* та з'ясувати причини цих негативних впливів. Якщо не протидіяти негативній тенденції висихання боліт, забруднення водно-болотної екосистеми, цінні болотні рослинні угруповання елімінують, відбудеться синантропізація аборигенної болотної рослинності, а в подальшому й денатуралізація природних ландшафтів Яворівщини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розточанський край часто моніторили різні науково-дослідні установи, і він слугує базою написання статей, наукових праць як науковцями, так й аспірантами, студентами закладів вищої освіти.

Процес історичного формування боліт на Яворівщині висвітлено у працях Калінович Н. О., Пірогова М. В., Залізняк А. Р. Відповідно наголошено на зменшенні площ водно-болотних угідь і запропоновано надання соціологічного статусу верхового болота в околицях Новояворівська [5].

Наукові працівники Яворівського національного природного парку Любинець І. П. [7], природного заповідника «Розточчя» – Стрянець Г. В., Хомин І. Г., Ференц Н. М. [12] неодноразово в результатах своїх досліджень наголошують про антропогенну трансформацію болотних екотопів Яворівщини та пропонують заходи щодо ренатуралізації ландшафтів.

Викладачі й аспіранти кафедри сталого природокористування та охорони довкілля Львівського національного університету природокористування Лисак Г. А., Любинець Н. Ю., Хірівський П. Р., Панас Н. Є. працюють над вивченням стану популяцій *V. oxycoccus* на території Яворівщини, динаміки її поширення, ресурсної значущості журавлини для регіону [6; 8].

Однозначно, болотні угруповання є індикатором кліматичних змін. Болота, як стабілізуючий фактор, висвітлювали в працях відомі українські вчені [1; 4; 5]. Вони зауважують, що збільшення заболочування площ штучно може призвести до підвищення викидів парникових газів. Метан, двоокис сірки, утворюються в анаеробних умовах і сприяють розкладу органічної речовини. Тому слід шукати шляхи стабілізації корінних болотних екосистем.

Проте немає результатів досліджень, які б характеризували вплив глобальних кліматичних змін, антропогенного впливу на хімічний склад рослинних компонентів болотних біомів.

Постановка завдання. Наше завдання – виявлення абіотичних і біотичних факторів впливу на якість плодів *V. oxycoccus* у Розточчі. Для цього необхідно географічно вивчити локальні місцезростання журавлини болотної; визначити вміст Cd, Co, Cr, Fr, Cu, Mn, Pb у плодах *Vaccinium oxycoccus*; причини перевищення ГДК цих металів; надати рекомендації щодо збереження екологічно чистої продукції досліджуваної рослини в регіоні та збереження болотних екосистем з участю журавлини болотної на території Яворівщини.

Виклад основного матеріалу. Журавлина болотна (*Vaccinium oxycoccus* L.) належить до рослин льодовикового періоду родини *Ericaceae* Durande. Оптимальними умовами зростання є сфагнові болота з кислим перезволоженим субстратом, без застою води. Рослина – мікротермофіт, морозостійка і вічнозелена. Потребує хорошого освітлення, але може витримувати тривале затінення, тож належить до екологічної групи сціогеліофітів. Більш урожайні на журавлину Українське Полісся, Прикарпаття та Карпати. У Розточчі екотопи, де росте культура, не назвеш високопродуктивними [11]. Популяція *V. oxycoccus* тут зустрічається спорадично з урахуванням сезонної урожайності.

Хімічний склад вакуолярного соку клітин ягід журавлини болотної охоплює такі органічні сполуки: урсолову, хінну, лимонну, бензойну, аскорбінову кислоти, дубильні речовини, флаво-

ноїди, глікозиди, пектини [13]. До неорганічних речовин, які містяться у ягодах, належать мікроелементи: йод, мідь, марганець, молібден, залізо та інші. Фенольні сполуки акумулюються в ядрі клітин і мають антиоксидантну функцію. Плоди *V. oxycoccos* особливо цінують за наявність у них урсолової кислоти. Завдяки їй підсилюється ефект дії гормону під час лікування хвороби Аддісона (автоімунне захворювання наднирників). Урсолова кислота підвищує імунітет, має протизапальну дію, антиоксидантні, антиканцерогенні властивості, підтримує серцево-судинну систему та здоров'я печінки.

В Україні популярні сиропи, сушені плоди, варення, желе, наливки з журавлини. Тому важливо, щоб плодова сировинна була безпечною для використання і не містила в собі шкідливих речовин. Тим паче, високопродуктивні локалітети досліджуваної рослини, які відзначали на Волині, Рівенщині, Житомирщині та Київщині (до 70 г/м²) [3], стали важкодоступними і небезпечними. У зв'язку з війною ці території систематично обстрілюються, піддаються радіаційному забрудненню, накопичують політанти вибухонебезпечних речовин, тож якість плодів журавлини сумнівна.

Ми проводили хімічний аналіз якості ягід *V. oxycoccos* на вміст важких металів, щоб визначити природні локалітети в Розточчі, вирощувати екологічно чисту продукцію рослини; шукали оптимальні місця для культивування журавлини на території Яворівщини. З кожної пробної площі відібрано по три проби для кореляції даних. Використовували метод атомно-абсорбційної спектрофотометрії для визначення вмісту макро- та мікроелементів [2]. Описували популяції журавлини болотної згідно з рекомендованими геоботанічними методами досліджень у «Літописах

природи». Дослідження проводили протягом п'яти років на пробних площах: «Немирів», «Новояворівськ», «Яворівський НПП», «Грушів», «Шаварі», «Рогізно» та «Яворівський полігон».

Результати хімічного аналізу плодів журавлини болотної засвідчили (табл.), що в усіх пробах є перевищення гранично допустимих концентрацій Fe, Cd та Cr. Порівняємо концентрацію найбільш забруднювальних речовин на кожній пробній площі (рис. 1, 2, 4).

Перевищення заліза спостерігаємо на Яворівщині не лише в рослинах, а й у воді й у м'ясі тварин [9]. Це пов'язано з тим, що регіон здавна відомий залізорудними родовищами. Вони закладалися залізобактеріями ще в палеозойську еру [4].

Наявність у цій місцевості древнього моря, заболочених територій дав поштовх до формування залізовмісних осадів [1]. Відповідно, високу концентрацію Fe в плодах *Vaccinium oxycoccos* L. можна пояснити геологічними особливостями території та історичними подіями щодо видобутку в цьому регіоні таких залізовмісних мінералів, як магнетит, лімоніт та гематит. Найбільша кількість заліза на таких дослідних ділянках: «Грушів ПП №1», «Немирів», «Новояворівськ». У XX ст. та наприкінці XIX ст. тут видобували й переробляли залізняк, ефективно працювала залізорудна та сірководобувна промисловість. На жаль, після виробітку корисних копалин не рекультивували землі. Материнська порода, викинута назовні, тривалий час не заростала, вивітрювалася, підвищуючи концентрацію різних мінералів (зокрема заліза) в повітрі і переносилася на прилеглі території. Ще одна причина високого вмісту заліза – кислі субстрати проростання журавлини. У такому середовищі залізо перебуває у розчиненій формі і стає більш доступним для поглинання рослинами [10].



Рис. 1. Перевищений вміст ГДК Fe у плодах журавлини болотної з кожної проби (мг/кг)

Таблиця

Хімічний аналіз плодів *Vaccinium oxycoccos* L. на Яворівщині

Показник	Cd, мг/кг		Co, мг/кг		Cr, мг/кг		Fe, мг/кг		Mn, мг/кг		Pb, мг/кг		Cu, мг/кг	
	ГДК	Факт	ГДК	Факт	ГДК	Факт	ГДК	Факт	ГДК	Факт	ГДК	Факт	ГДК	Факт
сер.	0,03	0,048	0,5	0,216	0,02	0,038	0,6	1,811	100	51,78	0,2	0,197	5,0	0,798
сер.	0,03	0,033	0,5	0,044	0,02	0,029	0,6	1,873	100	9,334	0,2	0,157	5,0	0,672
сер.	0,03	0,047	0,5	0,034	0,02	0,038	0,6	1,674	100	15,07	0,2	0,192	5,0	0,541
сер.	0,03	0,047	0,5	0,023	0,02	0,032	0,6	2,291	100	32,36	0,2	0,249	5,0	0,654
сер.	0,03	0,032	0,5	0,030	0,02	0,028	0,6	1,677	100	20,18	0,2	0,146	5,0	0,597
сер.	0,03	0,060	0,5	0,082	0,02	0,040	0,6	1,737	100	15,262	0,2	0,139	5,0	0,531
сер.	0,03	0,045	0,5	0,083	0,02	0,071	0,6	1,612	100	63,63	0,2	0,115	5,0	0,729
сер.	0,03	0,050	0,5	0,042	0,02	0,029	0,6	1,461	100	12,75	0,2	0,063	5,0	0,532

Перевищений уміст ГДК Cd у плодах журавлини виявлено на всіх пробних ділянках. Проте на пробній площі «Яворівський полігон» він значно вищий (рис. 2).

Моніторингова ділянка розташована в околицях с. Верещиці Старицького військового лісгоспу (рис. 3). Розмір ділянки 50×100 / 5000 м².

Імовірна причина перевищення цього важкого металу в плодах досліджуваної рослини – викиди спалених відходів автотранспорту. Адже Яворівський військовий полігон тривалий час є військовою тренувальною базою, і дим від автомобільних викидів, особливо старих зразків техніки, потрапляє на поверхню рослин. Паливо, яке містить кадмій, потрапляє у підґрунтові води і розноситься околицями. Уміст Сг у ягодах журавлини на пробній площі «Шаварі» у 3,5 рази перевищує норму (рис. 4).

Фізико-географічне розміщення досліджуваної ділянки – Подільська височина (Розточчя), ДП «Рава-Руський лісгосп» (Немирівське лісництво) (рис. 5).

Уміст хрому в журавлині може зростати через прямий і опосередкований антропогенний вплив.

Як бачимо з аналізу мапи, місцезнаходження пробної ділянки – зона активного прикордонного руху. Надмірна кількість хрому може надходити від забруднення довкілля автомобільним транспортом. Хромові сполуки через вихлопні гази потрапляють у довкілля. Особливо небезпечні багатокілометрові затори фур та очікування автотранспортними засобами митного контролю в смугах руху. Старі автомобілі, в яких використовуються хромовані компоненти, сприяють накопиченню хрому в ґрунті поблизу жвавих доріг і автозаправок.



Рис. 2. Перевищений вміст ГДК Cd у плодах журавлини болотної з кожної проби (мг/кг)

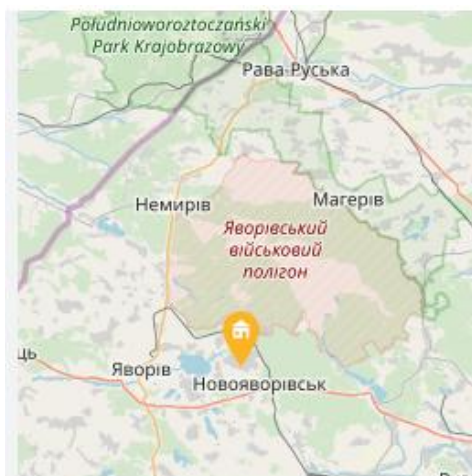


Рис. 3. Загальний вигляд болотного угруповання з *Vaccinium oxycoccos* L. на ПП «Яворівський полігон»



Рис. 4. Перевищений вміст ГДК Cr у плодах журавлини болотної з кожної проби (мг/кг)

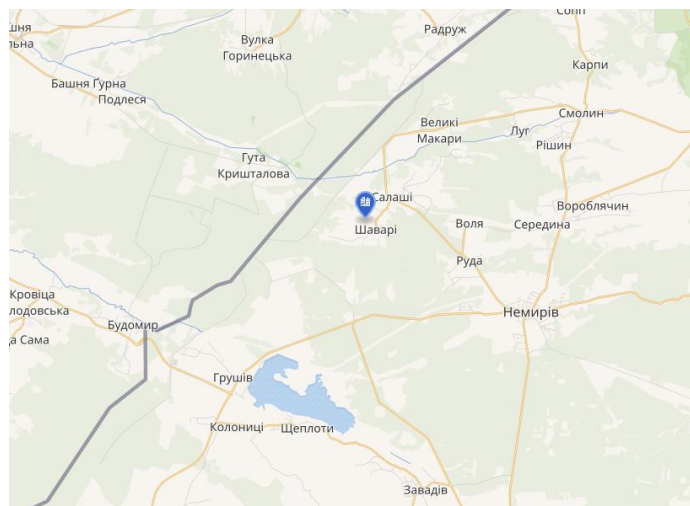


Рис. 5. ПП «Шаварі»*

* Джерело: <https://uk.wikipedia.org/wiki/wiki/Шаварі#/maplink/1>

Під час ведення сільськогосподарської діяльності надмірно застосовують засоби захисту рослин, які є хромовмісними. Домішки Cr наявні в добривах, пестицидах і можуть стати причиною накопичення цієї речовини в ґрунті, а відтак – і в досліджуваній рослині.

Накопичення важких металів у генеративній частині рослини спричинене також стихійним викиданням сміття в регіоні. У 2016–2017 роки, в часи сміттевої кризи, несортовані промислові й побутові відходи стихійно вивозили на Яворівщину і заповнювали карстові порожнини, які утворилися від виробітку сірки. Викинуті шлаки, спалений попіл, місця захоронення промислових відходів і старих сміттєзвалищ можуть збільшувати концентрацію Cr у навколишньому природному середовищі.

Щоб запобігти забрудненню Cr ґрунтів і рослин, необхідно здійснювати регулярний мо-

ніторинг якості ґрунту та атмосферного повітря в зонах активного руху транскордонних територій.

Серед інших перевишень нормативних концентрацій – Pb і Co. Перевищення свинцю у плодах журавлини виявлено на дослідній ділянці «Грушів ПП № 1» та на ПП «Рогізно». Це зони активного автомобільного міжкордонного трафіку. Кобальтом «багаті» плоди *V. oxycoccos* пробних площ «Яворівський полігон» і «Шаварі». На жаль, безгосподарське ставлення до надр Яворівщини: добування сірки методом підземної виплавки, складування на поверхні землі глибинних мінералів, скидання промислових вод у природні джерела тощо, призвело до того, що всі компоненти екосистеми мають результат негативного впливу. Перевищення Co в довкіллі є попередженням та настановою про правильність дій під час розробки природних родовищ, які повинні стати запорукою миру в Україні.

Висновки. *Vaccinium oxycoccos* – важливий сировинний вид для болотних угруповань. Аналіз восьми локацій місцезростань досліджуваного виду на Яворівщині показав, що популяції журавлини болотної в цих екотопах є не численними й малопродуктивними і не можуть слугувати для промислових заготівель. Їхня фітоценотична характеристика місцезростань задовільна, проте потребує підтримки, щоб запобігти незворотнім сукцесійним змінам. Хімічний аналіз плодів *V. oxycoccos* на вміст важких металів показав перевищення Fe, Cd, Cr на всіх ділянках спостереження. Вміст заліза у ягодах журавлини болотної на пробних площах «Грушів ПП № 1», «Немирів», «Новояворіськ» більший від ГДК у 3-3,5 рази. Вміст Cd має незначні перевищення, практично на межі норми. А концентрація Cr збільшена у 3,5 рази лише на ПП «Шаварі». Co, Pb мають незначні перевищення норми. Cu і Mn – не перевищують нормативні показники.

Основними причинами перевищення ГДК важких металів у плодах *O. palustris* є: негативний антропогенний вплив (осушення боліт меліоративними каналами, безгосподарне добування корисних копалин на Яворівщині, відсутність рекультивації порушених земель та ренатуралізації аборигенних ландшафтів, пресинг транскордонного автомобільного транспорту). Слід зауважити, що геологічно ця місцевість багата на руди, які також впливають на хімічний вміст клітинного соку ягід журавлини болотної.

Тільки після стабілізації екологічної ситуації в регіоні можна пропонувати водно-болотні угіддя для промислового культивування *Vaccinium oxycoccos*. Доцільно зберегти описані популяції журавлини, створивши заказники для стеження за динамікою ресурсів і розробки методів їхнього відтворення.

Бібліографічний список

1. Андрієнко Т. Л. Шляхи розвитку боліт Українських Карпат. *Укр. ботан. журнал*. 1971. Т. 28, № 3. С. 362–366.
2. Влізло В. В., Федорук Р. С., Ратич І. Б. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник. Львів, 2012. 759 с.
3. Воронцов Д. П. Рослинність болота «Журавлине» в національному природному парку «Сколівські Бескиди». *Наук. основи збереження біотичної різноманітності*. 2000. Вип. 2. С. 17–19.
4. Екологія боліт і торфовищ: збірник наукових статей / за ред. В. В. Коніщука. Київ: ДІА, 2012. 187 с.
5. Калінович Н. О., Пірогов М. В., Залізняк А. Р. Післяльодовикова історія формування і соціологічний статус верхового болота в околицях Новояворівська. *Природоохоронні, екоосвітні, рекреаційно-туристичні та історико-культурні аспекти сталого розвитку Розточчя*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конференції, присвяченої 20-річчю створення Яворівського НПП. Сmt. Івано-Франкове. Львів: Західноукраїнський консалтинг центр, 2018. С. 118–122.
6. Лисак Г. А., Любинець І. П., Стельмах С. М., Крушель Б. Б. Фітоценотична характеристика стану популяції *Oxycoccus palustris* Pers. на території Яворівщини. *Вісник ЛНАУ: агрономія*. 2016. № 20. С. 13–18.
7. Любинець І. П., Лисак Г. А., Любинець Н. Ю. Поширення журавлини болотної на території Українського Розточчя. *Природоохоронні, екоосвітні, рекреаційно-туристичні та історико-культурні аспекти сталого розвитку Розточчя*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конференції, присвяченої 20-річчю створення Яворівського НПП. Сmt. Івано-Франкове. Львів: Західноукраїнський консалтинг центр, 2018. С. 139–142.
8. Любинець Н. Ю., Любинець І. П., Лисак Г. А. Ресурсна значущість *Oxycoccus palustris* Pers. на території біосферного резервату «Розточчя». *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*: матеріали III (XIV) Міжнар. наук. конференції молодих учених. Львів: Простір-М., 2019. С. 33–34.
9. Мокрий В. І., Біляк М. В., М'якуш І. І., Гончарук В. Є. Інформаційне забезпечення моніторингу водно-болотних угідь біосферного резервату «Розточчя». *Екологія водно-болотних угідь і торфовищ*: збірник наукових статей. Київ, 2014. С. 170–174.
10. Нецик М. В., Гаськевич В. Г. Торфові ґрунти Малого Полісся: монографія. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 198 с.
11. Сенчина Б. В., Любинець І. П., Поцілуйко М. М. Водно-болотні оселища на території Яворівського НПП: поширення, охорона, проблеми збереження. *Природоохоронні, екоосвітні, рекреаційно-туристичні та історико-культурні аспекти сталого розвитку Розточчя*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конференції, присвяченої 20-річчю створення Яворівського НПП. Сmt. Івано-Франкове. Львів: Західноукраїнський консалтинг центр, 2018. С. 176–181.
12. Стрямець Г. В., Хомин І. Г., Ференц Н. М. Антропогенна трансформація урочища «Заливки» та заходи щодо ренатуралізації. *Природоохоронні, екоосвітні, рекреаційно-туристичні та історико-культурні аспекти сталого розвитку Розточчя*: матеріали Міжнар. науково-практичної конференції, присвяченої 20-річчю створення Яворівського НПП. Сmt. Івано-Франкове. Львів: Західноукраїнський консалтинг центр, 2018. С. 201–205.
13. Sotek S., Pilarczuk B., Kruzel B., Lysak H., Vovk S. Zawartość polifenoli i aktywności przeciwutleniającej w wybranych roślinnych surowcach leczniczych z terenu Polski i zachodniej Ukrainy. *Materiały konferencyjne „Biotechnologiczne i chemiczne aspekty higieny zwierząt i środowiska”*. Poland, Wrocław 26–28 września 2016 r. S. 39–40.

Стаття надійшла 10.01.2025

УДК 338.43

КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЧИННИКІВ СЕРЕДОВИЩА НА КОЕФІЦІЄНТ ФІТОМЕЛІОРАТИВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОГЕННИХ ЛАНДШАФТІВ

О. Мандрик, д. т. н.

ORCID ID: 0000-0002-2689-7165

В. Тирлич, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0002-6609-1975

К. Барабан, аспірантка

ORCID ID: 0009-0001-7429-4051

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу<https://doi.org/0.31734/agronomy2025.29.022>

Мандрик О., Тирлич В., Барабан К. Кореляційно-регресійний аналіз впливу чинників середовища на коефіцієнт фіто меліоративної ефективності техногенних ландшафтів

У статті висвітлено результати кореляційно-регресійного аналізу, спрямованого на виявлення взаємозв'язків між коефіцієнтом фіто меліоративної ефективності (КФЕ) та фізико-хімічними параметрами середовища техногенних ландшафтів, зокрема впливу вмісту важких металів у стічних водах. Об'єктом дослідження є породний відвал шахти «Межирічанська» ДП «Львіввугілля», який перебуває у стані природної фіторекультивациї. Дослідження проводили з урахуванням просторової відповідності між точками визначення КФЕ та місцями відбору проб, що забезпечило достовірність статистичного моделювання.

З метою виявлення ключових факторів, що визначають формування рослинного покриву на деградованих територіях, застосовано методи кореляційно-регресійного аналізу. Встановлено статистично достовірні взаємозв'язки між КФЕ й такими параметрами, як кислотність ґрунту, освітленість, вологість повітря, рівень радіаційного фону та концентрацій Mn, K, Ca, Mg у стічних водах, що інфільтруються через масив терикону. Значення даних хімічних елементів виявилися максимальними серед усіх досліджених у межах вибірки, що обумовлює їх пріоритетне включення до статистичного аналізу.

Побудовані багатофакторні моделі дали змогу кількісно оцінити силу впливу кожної змінної. Встановлено, що значний вплив на формування рослинного покриву має вміст кальцію у стічних водах терикону, тоді як підвищення кислотності ґрунту є чинником, що істотно знижує значення КФЕ. Аналіз часткових коефіцієнтів еластичності дозволив визначити та уточнити пріоритетність дії факторів на формування рослинного покриву.

Результати отриманих нами досліджень слугують для розробки адаптивних стратегій фіторекультивациї та підвищення екологічної безпеки деградованих ландшафтів гірничопромислових регіонів. Запропонований підхід забезпечує наукове обґрунтування пріоритетності впливу окремих чинників і дозволяє формувати ефективні фітотехнології реабілітації територій, порушених вугільною промисловістю.

Ключові слова: фіто меліорація, кореляційно-регресійний аналіз, важкі метали, екологічна безпека, техногенні ландшафти, коефіцієнт фіто меліоративної ефективності.

Mandryk O., Tyrlych V., Baraban K. Correlation-regression analysis of the influence of environmental factors on the phytomeliorative efficiency coefficient of technogenic landscapes

The article presents results of the correlation-regression analysis aimed at identifying relationships between the phytomeliorative efficiency coefficient (PEC) and the physical-chemical parameters of technogenic landscape environments, particularly the influence of heavy metal present in wastewater. The research object is the spoil heap of the "Mezhyrichanska" coal mine of SE "Lvivuhillia", currently undergoing natural phytoremediation. The study accounted for spatial correspondence between PEC measurement points and sampling locations, ensuring the reliability of the statistical modeling.

To identify the key factors influencing vegetation cover formation on degraded areas, the correlation-regression analysis methods were applied. Statistically significant relationships were established between PEC and such parameters as soil acidity, light intensity, air humidity, radiation background, and concentrations of Mn, K, Ca, and Mg in wastewater infiltrating through the spoil heap body. These chemical elements showed the highest values among all those studied within the sample set, justifying their prioritization in statistical evaluation.

The constructed multifactorial models allowed for quantitative assessment of the influence strength of each variable. It was found that the calcium content in the wastewater has a considerable effect on vegetation cover development, while increased soil acidity is a factor that significantly reduces the PEC. The analysis of partial elasticity coefficients enabled the identification and clarification of the factor impact hierarchy on vegetation formation.

The obtained results contribute to the development of adaptive phytoremediation strategies and the enhancement of ecological safety in degraded landscapes of mining regions. The proposed approach provides scientific justification for prioritizing certain environmental factors and supports the development of effective phytotechnologies for the rehabilitation of areas affected by coal mining.

Keywords: phytomelioration, correlation-regression analysis, heavy metals, ecological safety, technogenic landscapes, phytomeliorative efficiency coefficient.

Постановка проблеми. Інтенсивний розвиток гірничодобувної промисловості призводить до масштабної деградації природних ландшафтів, порушення структури ґрунтового покриву, накопичення важких металів і радіоактивних елементів у навколишньому середовищі. Одним із найбільш ефективних підходів до реабілітації деастрованих територій є фіторекультивация, успішність якої залежить від адаптивних можливостей рослинних угруповань до несприятливих фізико-хімічних умов [1–4].

Проте недостатня кількість екологічних досліджень щодо кількісного впливу окремих забруднювальних чинників на фітомеліоративну ефективність доквілля ускладнює розробку ефективних програм його відновлення. Виникає потреба у застосуванні математичних методів аналізу, зокрема кореляційно-регресійного аналізу, для комплексної оцінки взаємозв'язків між рівнем забруднення середовища та реакцією рослинного покриву.

Тому встановимо кількісні залежності між основними фізико-хімічними чинниками екотопу (вмістом важких металів, рівнем радіаційного фону, вологістю субстрату) та фітомеліоративною ефективністю рослинного покриву на території породних відвалів. Для досягнення цієї мети застосовано методи кореляційно-регресійного аналізу, що дозволяють виявити провідні фактори впливу та кількісно оцінити їхній внесок у формування фітоценозів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Природна рослинність та біорозмаїття – важливі чинники для відновлення та реабілітації териконів у Львівсько-Волинському вугільному басейні та інших регіонах [5].

У досліджуваному районі внаслідок видобувної діяльності відбувається деформація земної поверхні, зростає концентрація забруднювальних компонентів в атмосферному повітрі, зокрема: токсичного пилу, шкідливих газів та продуктів хімічних реакцій; фіксуються явища підтоплення та засолення ґрунтів, спостерігається забруднення підземних і поверхневих вод, а також загострюються соціально-економічні диспропорції, що сприяє формуванню депресивних зон. Одним із критичних екологічних наслідків є зменшення біологічного та ландшафтного різноманіття [6; 7].

Основоположниками наукового напрямку фітомеліорації були відомі науковці: В. І. Вернадський, В. В. Докучаєв, О. О. Ніценко, О. Л. Бельгард, В. М. Маурер, Х. Пойкер, В. П. Кучерявий, М. І. Гордієнко, О. І. Новосельцева, Ф. М. Бровко, У. М. Башуцька, Н. Г. Міронова, Я. В. Генік, А. В. Павличенко, В. В. Попович, М. Л. Копій, Я. В. Генік та ін. [8–11].

Висоцький Г. М. одним із перших сформулював цілісну теоретичну основу фітомеліорації, систематизувавши розрізнені емпіричні спостереження та практичні напрацювання у вигляді науково обґрунтованої теорії [12]. У праці доведено доцільність застосування конкретного видового складу рослин для озеленення та екологічної стабілізації техногенних ландшафтів цього регіону.

Вагомий внесок у розвиток теорії та практики фітомеліорації зробила Н. Г. Міронова, яка зосередила свої дослідження на вивченні закономірностей формування фітоценозів у техногенно порушених ландшафтах. У її працях розкрито механізми адаптації рослин до екстремальних едафо-кліматичних умов, а також обґрунтовано доцільність використання певних фітомеліорантів для стабілізації порушених екосистем [13].

Наукова праця В. П. Кучерявого [10] присвячена класифікації сукцесій біогеоценологічного покриву урбоценозів, має важливе значення для вдосконалення систем моніторингу та прогнозування екологічного стану урбанізованих територій.

У результаті досліджень, проведених низкою науковців [3; 10; 13; 14], встановлено, що на породних відвалах, розташованих в умовах кліматичних і едафічних особливостей України, можливо успішно культивувати близько 40 видів деревних і чагарникових порід. До рекомендованого асортименту належить, зокрема, липа дрібнолиста (*Tilia cordata*), яблуня лісова (*Malus sylvestris*), клен польовий (*Acer campestre*) і клен ясенелистий (*Acer negundo*), сосна звичайна (*Pinus sylvestris*), тополя канадська (*Populus × canadensis*) і чорна (*Populus nigra*), береза повисла (*Betula pendula*), клен татарський (*Acer tataricum*), акація жовта (*Caragana arborescens*) та бирючина звичайна (*Ligustrum vulgare*).

У науковій праці У. Б. Башуцької досліджено теоретичні й прикладні аспекти формування фітомеліоративного покриву на породних відвалах

вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району на основі аналізу антропогенно-природних сукцесій рослинності. Авторка проаналізувала трансформацію компонентів ландшафту, едафічні властивості шахтних порід, мікрокліматичні умови та формування як природних, так і штучних деревних насаджень.

Монографія В. В. Поповича [15] присвячена вивченню фітомеліорації затухаючих териконів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового регіону. У дослідженні охарактеризовано видовий склад рослинності, що бере участь у процесах природного заростання та рекультивації териконів, проаналізовано фітоценотичну та просторову структуру рослинних угруповань на різних типах відвалів, динаміку стадій сукцесій, щільність і розподіл особин у межах популяцій, а також фітомеліоративну ефективність зазначених угруповань.

У науковій праці Н. Л. Колесник [16] проаналізовано формування рослинних фітоценозів на техногенно порушених територіях різного ступеня відновлення та типу рекультивації в межах Яворівського й Новороздільського сірчаних кар'єрів. Досліджено основні хімічні характеристики техноземів, зокрема показники, що впливають на фітоценогенез і ґрунтоутворення.

Отже, одна з основних екологічних проблем – втрата родючого верхнього шару ґрунту під час будівництва (нашарування породних відвалів) і експлуатації териконів. А обробка та утилізація відходів вугільної гірничодобувної і енергетичної промисловості призводить до забруднення ґрунту та ґрунтових вод. Контамінація ґрунтового покриву внаслідок впливу породних відвалів (териконів) становить суттєву екологічну загрозу, оскільки спричиняє деградацію ґрунтових властивостей і порушення природної рівноваги геоекосистем. Важкі метали, як-от свинець, кадмій, ртуть, інші органічні сполуки та токсичні хімікати, що містяться у териконах, потрапляючи у ґрунт, впливають на його якість та призводять до його забруднення.

Отже, екологічна загроза породних відвалів, зумовлена комплексом чинників, серед яких ключову роль відіграють хімічна та мінералогічна структура техногенних порід, специфіка фізико-хімічних трансформацій як ендегенного, так і екзогенного характеру, а також кліматичні, гідрогеологічні й геоморфологічні умови середовища. Кожен відвал, залежно від географічного положення та інженерно-геологічних особливостей, виявляє індивідуальні морфологічні та екологічні характеристики, що зумовлюють його специфічний негативний вплив як на компоненти довкілля, так і на стан здоров'я людей [17; 18].

Проте, незважаючи на значну кількість публікацій із цієї тематики, питання оцінювання довгострокової ефективності різних типів рекультиваційних заходів, аналізу фітоценотичної динаміки на різних етапах сукцесії, ролі місцевих видів у фітомеліорації, а також соціально-екологічного ефекту відновлення порушених територій, залишається відкритим.

Постановка завдання. Аналіз літературних джерел показав, що, попри значний обсяг досліджень, окремі питання залишаються недостатньо вивченими або потребують подальшого уточнення в контексті регіональних особливостей, зокрема Червоноградського гірничопромислового району. Тому постає потреба у комплексному дослідженні, яке поєднувало б теоретичні положення та польові дослідження з метою формування цілісного бачення перспектив сталого використання техногенних ландшафтів.

Така комплексна оцінка екологічного стану техногенно порушених територій потребує не лише збору ізольованих показників, а й виявлення статистично достовірних взаємозв'язків між ними. Кореляційно-регресійний аналіз – ефективний інструмент математичної обробки даних, що дозволяє оцінити ступінь і напрям взаємозв'язків між екологічними показниками, а також побудувати аналітичні моделі, здатні прогнозувати зміни у стані середовища під впливом окремих чинників.

Кореляційно-регресійний аналіз – це побудова та аналіз математичної моделі у вигляді рівняння регресії (рівняння кореляційного зв'язку), що відображає залежність результативної ознаки від однієї або кількох ознак факторів і надає оцінку міри тісноти зв'язків [19; 20]. Це класичний метод імовірнісного моделювання, який вивчає взаємозв'язки, що встановлюються в середньому для великої сукупності даних, одержаних з інформаційної бази, яка має досить типові та надійні статистичні характеристики. При цьому враховуються якісна однорідність (наближеність умов формування результативних і факторних ознак) та кількісна однорідність (відсутність одиниці спостереження, яка за числовими характеристиками суттєво відрізняється від основної маси даних) [21].

Отже, застосування кореляційно-регресійного аналізу дасть змогу виявити статистично достовірні взаємозв'язки між фізико-хімічними та біоіндикаційними показниками техногенно змінених територій.

Виклад основного матеріалу. Дослідження ми проводили на породному відвалі шахти «Межи-

річанська» ДП «Львіввугілля» (Червоноградський район, Львівська область). Об'єктом дослідження слугували території, що перебувають у стадії природної фітомеліорації. Основним завданням було визначити вплив фізико-хімічних характеристик середовища та вмісту важких металів у шахтних водах на коефіцієнт фітомеліоративної ефективності рослинного покриття.

Для збору емпіричних даних на шести ділянках породного відвалу заклали пробні площі розміром 10×10 м. На кожній ділянці проводили такі вимірювання:

- рівня освітленості (лк);
- відносної вологості повітря (%);
- кислотності ґрунту (рН);
- проективного покриття рослинного покриття (%);
- рівня радіаційного фону (мкЗв/год);
- концентрацій важких металів (Mn, K, Ca, Mg) у шахтних водах.

Коефіцієнт фітомеліоративної ефективності (КФЕ) розраховували за бальною шкалою відповідно до площі, зайнятої окремими типами рослинних угруповань.

Для виявлення взаємозв'язків між КФЕ та досліджуваними факторами застосовували метод кореляційно-регресійного аналізу. Кореляційний аналіз дозволив оцінити тісноту зв'язку між результативною ознакою (КФЕ) та факторами середовища [20], а регресійний аналіз – визначити математичні залежності впливу факторних ознак на результативну [21].

Для проведення аналізу використали дані проведених експериментальних досліджень (табл. 1, 2).

Зв'язок між показниками описували рівняннями лінійної множинної регресії вигляду:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n, \quad (1)$$

де: y – розрахункові значення результативної ознаки-функції, за яку приймемо коефіцієнт фітомеліоративної ефективності; $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – факторні ознаки для кожного з окремо перелічених факторів, тобто рівень освітленості, відносна вологість повітря, кислотність ґрунту, проективне перекриття, рівень радіаційного фону; $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ – коефіцієнти рівняння регресії, які обчислюють методом найменших квадратів.

Таблиця 1

Таблиця мікрокліматичних показників досліджуваного породного відвалу

№ з/п	КФМ (рослинне покриття)	Рівень освітлення, лк	Відносна вологість повітря, %	Кислотність ґрунту, рН	Проективне покриття рослинного покриття, %	Радіація, мкЗв/год
1	1,5	46500	53,4	5,5	17,5	0,28
2	4	44150	50,1	6	62,5	0,32
3	4,5	45230	55	5,7	60	0,3
4	5	39550	56	5,8	70	0,29
5	3	38590	49	6,1	65	0,27
6	1,5	46500	53,4	5,5	17,5	0,28
7	3	41500	54,1	4,9	45	0,27
8	5	40700	59,5	6,2	75	0,32
9	3,5	39940	49,6	5,6	45	0,24
10	3,5	38150	54,1	5,2	35	0,28
11	1,5	46500	53,4	5,5	17,5	0,28
12	2,5	42890	51,1	6	45	0,28
13	1,5	41900	57	5,7	55	0,27
14	5	45800	56,7	6,1	75	0,25
15	2,5	39620	54	5,4	35	0,22
16	1,5	46500	53,4	5,5	17,5	0,28
17	3,5	48670	52,7	6	85	0,28
18	5	43600	57,1	5,3	65	0,31
19	5,5	39850	54	5,5	50	0,31
20	2,5	38900	51	5,1	35	0,21

Таблиця 2

Наявність вмісту важких металів у стічних водах досліджуваного терикону

№ з/п	KFM (рослинне покриття)	Марганець (Mn)	Калій (K)	Кальцій (Ca)	Марганець (Mg)
1	1.5	1.65	0.88	11.45	7.5
2	4	59.3	8.9	278.5	333.2
3	4.5	51.7	0.58	175.1	35.3
4	5	8.2	0.4	91.2	294.4
5	3	45	7.1	167	134.9
6	1.5	1.65	0.88	11.47	7.5
7	3	32.1	3.2	23.9	290.5
8	5	45.9	2.3	203.92	45.2
9	3.5	13.4	9.2	90.3	55.67
10	3.5	4.56	3.9	45.2	73.1
11	1.5	1.65	0.88	11.47	7.5
12	2.5	2.1	0.23	111.7	33.1
13	1.5	89.2	9.1	167.3	134.59
14	5	23	0.45	125.9	195.23
15	2.5	10.4	0.56	20.4	35.6
16	1.5	1.65	0.88	11.47	7.5
17	3.5	25.7	0.9	145.45	255.9
18	5	5.6	2.81	132.1	34.9
19	5.5	45.1	4.78	168.6	210.34
20	2.5	5.5	0.78	59.4	104.8

Аналогічне рівняння будували для аналізу впливу вмісту важких металів у шахтних водах, де факторами слугували концентрації важких металів: Mn, K, Ca, Mg.

Розрахунки здійснювали із застосуванням функціоналу статистичних розрахунків у програмному середовищі Microsoft Excel. Для перевірки значущості моделі та окремих коефіцієнтів застосовували критерії Фішера та Стюдента, визначали коефіцієнт детермінації та матрицю парних коефіцієнтів кореляції.

Оцінка наявності мультиколінеарності проводили аналізом парних кореляційних зв'язків між незалежними змінними.

Кореляційно-регресійний аналіз впливу фізико-хімічних характеристик середовища на коефіцієнт фітомеліоративної ефективності

Для оцінки впливу фізико-хімічних характеристик середовища на коефіцієнт фітомеліоративної ефективності рослинного покриття породного відвалу шахти «Межирічанська» було проведено кореляційно-регресійний аналіз. Факторними ознаками слугували: рівень освітленості (лк), відносна вологість повітря (%), кислотність ґрунту (рН), проєктивне покриття рослинного покриття (%) та рівень радіаційного фону (мкЗв/год).

Зв'язок між досліджуваними показниками описували за допомогою рівняння множинної лінійної регресії:

$$y = 3,6895 + 0,0483x_1 - 0,7993x_2 + 0,0389x_3 - 9,86 \times 10^{-5}x_4 + 13,9445x_5, \quad (2)$$

де: y – коефіцієнт фітомеліоративної ефективності; x_1 – проєктивне покриття рослинного покриття (%); x_2 – кислотність ґрунту (рН); x_3 – відносна вологість повітря (%); x_4 – рівень освітлення (лк); x_5 – рівень радіаційного фону (мкЗв/год).

За результатами аналізу встановили:

- збільшення рівня освітленості на 1 лк приводить до зменшення коефіцієнта фітомеліоративної ефективності на 0,0000986 бала;
- підвищення відносної вологості повітря на 1 % зумовлює збільшення коефіцієнта на 0,0389 бала;
- збільшення кислотності ґрунту на 1 рН сприяє до зменшення коефіцієнта на 0,7993 бала;
- зростання проєктивного покриття на 1 % приводить до збільшення коефіцієнта на 0,0483 бала;
- підвищення рівня радіаційного фону на 1 мкЗв/год обумовлює збільшення коефіцієнта на 13,9445 бала.

Коефіцієнт детермінації моделі $R^2 = 0,7009$ вказує на те, що близько 70 % варіації результативної ознаки за рахунок включених до моделі факторів.

Перевірка загальної значущості рівняння за критерієм Фішера підтвердила його статистичну надійність (F -статистика вища за табличне значення при рівні значущості 0,05).

Аналіз статистичної значущості окремих коефіцієнтів регресії за допомогою критерію Стюдента показав, що найбільш вагомим чинником є проєктивне покриття рослинного покриву (%), для якого розрахункове значення перевищує критичне, тобто цей фактор статично значущий. Матриця парних коефіцієнтів кореляції між змінними вказує на відсутність мультиколінеарності, що забезпечує коректність побудованої моделі.

Кореляційно-регресійний аналіз впливу вмісту важких металів у стічних водах на коефіцієнт фітомеліоративної ефективності

З метою оцінки впливу концентрацій важких металів на коефіцієнт фітомеліоративної ефективності (КФЕ) рослинного покриву породного відвалу шахти «Межирічанська» проведено багатофакторний кореляційно-регресійний аналіз. Як факторні ознаки розглядали концентрації марганцю (Mn), калію (K), кальцію (Ca) та магнію (Mg) у шахтних водах.

У результаті розрахунку одержали рівняння множинної лінійної регресії, яке має вигляд:

$$y = 2,0422 - 0,0245x_1 - 0,0906x_2 + 0,0163x_3 + 0,0035x_4, \quad (3)$$

де: y – коефіцієнт фітомеліоративної ефективності; x_1 – концентрація марганцю (Mn), мг/дм³; x_2 – концентрація калію (K), мг/дм³; x_3 – концентрація кальцію (Ca), мг/дм³; x_4 – концентрація магнію (Mg), мг/дм³.

Аналіз коефіцієнтів регресії засвідчив такі закономірності:

- підвищення вмісту марганцю у воді на 1 мг/дм³ призводить до зниження КФЕ на 0,0245 бала;
- зростання концентрації калію на 1 мг/дм³ зменшує КФЕ на 0,0906 бала;
- збільшення вмісту кальцію на 1 мг/дм³ сприяє підвищенню КФЕ на 0,0163 бала;
- підвищення вмісту магнію на 1 мг/дм³ збільшує КФЕ на 0,0035 бала.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,5543$, що свідчить про те, що 55,43% варіації результативної ознаки пояснюється змінами факторних ознак.

Перевірка моделі за допомогою F -статистики розподілу Фішера показала, що коефіцієнт детермінації R^2 статистично значущий і рівняння регресії статистично надійне, тобто між усіма вхідними змінними в цілому та вихідною змінною є лінійна залежність при рівні значущості $\alpha = 0,05$.

Статистична оцінка окремих коефіцієнтів регресії за допомогою t -критерію Стюдента показала, що лише концентрація кальцію має статистично значущий вплив на коефіцієнт фітомеліоративної ефективності (t -статистика для кальцію перевищила критичне значення).

Матриця парних коефіцієнтів кореляції між факторами виявила наявність мультиколінеарності, що вказує на взаємозалежність певних факторних ознак (наприклад, між марганцем та калієм, марганцем та кальцієм).

Згідно з аналізом часткових коефіцієнтів еластичності, найбільший вплив на зміну КФЕ має концентрація кальцію у воді. Збільшення вмісту кальцію на 1 % викликає збільшення КФЕ на 0,511 %.

Оцінка мультиколінеарності факторів і статистична значущість моделей

Для перевірки коректності побудованих регресійних моделей проаналізовано мультиколінеарність факторних ознак на основі обчислення парних коефіцієнтів кореляції.

Оцінка мультиколінеарності у моделі з фізико-хімічними характеристиками середовища

Матриця парних коефіцієнтів кореляції між рівнем освітленості, відносною вологістю повітря, кислотністю ґрунту, проєктивним покриттям рослинного покриву та рівнем радіації показала, що всі коефіцієнти кореляції перебувають у межах, які вказують на не тісний зв'язок між незалежними змінними (показники не перевищували 0,7).

Отже, мультиколінеарність у цій моделі відсутня, що забезпечує надійність оцінок коефіцієнтів регресії.

Оцінка мультиколінеарності у моделі із вмістом важких металів

У моделі, що аналізувала вплив важких металів на коефіцієнт фітомеліоративної ефективності, виявлено наявність мультиколінеарності між окремими факторами, зокрема:

- між концентраціями марганцю та калію ($r = 0,6209$);
- між концентраціями марганцю та кальцію ($r = 0,7517$).

Така взаємозалежність факторів може впливати на точність оцінки коефіцієнтів регресії та потребує обережної інтерпретації результатів.

Статистична значущість моделей

Для моделі фізико-хімічних характеристик середовища:

- коефіцієнт множинної кореляції утворив: $R = 0,8859$, що свідчить про сильний зв'язок між результативною і факторними ознаками;

- коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,7009$ вказує, що 70 % варіації результативної ознаки пояснюється зміною входних змінних;

- значення F -статистики підтвердило статистичну значущість рівняння на рівні 0,05.

Для моделі впливу важких металів:

• коефіцієнт множинної кореляції становив $R = 0,7445$;

• коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,5543$;

• статистична перевірка за критерієм

Фішера показала, що модель статистично надійна при рівні значущості 0,05.

Оцінка окремих коефіцієнтів регресії за t -критерієм Стюдента в обох моделях показала, що не всі фактори мають статистично значущий вплив. У моделі фізико-хімічних характеристик середовища статистично значущим фактором виявилось проєктивне покриття рослинного покриву, тоді як у моделі важких металів – концентрація кальцію у воді.

Аналіз часткових коефіцієнтів еластичності

Для оцінки сили впливу кожної факторної ознаки на результативну ознаку – коефіцієнт фітомеліоративної ефективності – обчислено часткові коефіцієнти еластичності. Вони показують, на скільки відсотків зміниться КФЕ при зміні на 1 % відповідного факторного показника за незмінності інших факторів.

Результати для моделі фізико-хімічних характеристик середовища

На основі розрахунків встановлено такі часткові коефіцієнти еластичності:

• збільшення кислотності ґрунту (рН) на 1 % спричиняє зменшення коефіцієнта фітомеліоративної ефективності на 1,374 %;

• підвищення рівня освітленості на 1 % призводить до зменшення КФЕ на 1,287 %;

• зростання відносної вологості повітря на 1 % спричиняє збільшення КФЕ на 0,638 %;

• збільшення проєктивного покриття рослинного покриву на 1 % сприяє зростанню КФЕ на 0,717 %;

• підвищення рівня радіаційного фону на 1 % обумовлює збільшення КФЕ на 1,179 %.

Найбільш впливовими факторами у цій моделі є кислотність ґрунту, рівень освітленості та радіаційний фон.

Результати для моделі вмісту важких металів

Аналіз показав такі часткові коефіцієнти еластичності:

• Підвищення концентрації кальцію (Ca) на 1 % збільшує коефіцієнт фітомеліоративної ефективності на 0,511 %.

• Зростання вмісту марганцю (Mn) на 1 % спричиняє зменшення КФЕ на 0,177 %.

• Підвищення концентрації калію (K) на 1 % зменшує КФЕ на 0,0812 %.

• Підвищення концентрації магнію (Mg) на 1 % збільшує КФЕ на 0,124 %.

Отже, найбільший позитивний вплив серед досліджених важких металів має концентрація кальцію у воді.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що серед фізико-хімічних характеристик середовища домінуючим чинником із негативним впливом є кислотність ґрунту, тоді як серед вмісту важких металів основним позитивним чинником є концентрація кальцію. Інші фактори виявилися менш впливовими за абсолютними значеннями еластичності.

Висновки. У результаті проведеного кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що фізико-хімічні характеристики середовища, зокрема кислотність ґрунту, рівень освітленості та проєктивне покриття рослинного покриву, мають суттєвий вплив на коефіцієнт фітомеліоративної ефективності рослинного покриву породного відвалу шахти «Межирічанська».

Згідно з результатами регресійного моделювання, найбільш вагомий негативний вплив на рівень фітомеліоративної ефективності має підвищення кислотності ґрунту, тоді як збільшення проєктивного покриття і відносної вологості повітря позитивно корелює з покращенням фітомеліоративного процесу.

Аналіз впливу вмісту важких металів у шахтних водах показав, що концентрація кальцію має статистично значущий позитивний вплив на підвищення коефіцієнта фітомеліоративної ефективності. Натомість підвищення вмісту марганцю і калію сприяє його зниженню.

Виявлено, що у моделі фізико-хімічних характеристик мультиколінеарність відсутня, тоді як у моделі важких металів зафіксована помірна мультиколінеарність між окремими факторами, що потребує обережної інтерпретації впливу кожного окремого елемента.

Використання часткових коефіцієнтів еластичності дало змогу кількісно оцінити ступінь впливу окремих факторів на результативну ознаку. Найбільший відносний негативний вплив серед усіх досліджених параметрів має підвищення кислотності ґрунту, а найбільший позитивний – концентрація кальцію у воді.

Отримані результати важливі для обґрунтування екологічних заходів щодо рекультивції породних відвалів, спрямованих на покращання фітомеліоративних процесів та підвищення рівня екологічної безпеки гірничопромислових територій.

Бібліографічний список

1. Кучерявий В. П. Фітомеліорація: Львів: Світ, 2003. 540 с.
2. Башущка У. Б. Антропогенно-природні сукцесії рослинності деастрованих ландшафтів Червоноградського гірничопромислового регіону: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Львів, 2004. 214 с.
3. Озеленення териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Науковий вісник УкрДЛТУ: зб. наук.-техн. праць*. 2000. Вип. 10.2. С. 61–63.
4. Бессонова В. П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ. 2006. 316 с.
5. Барабан К. І., Приходько М. М. Біоіндексація деастрованих ґрунтів в зоні впливу териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України: Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. студентів, аспірантів та молодих вчених (м. Харків, 2–3 листопада 202 р.)*. 2023. С. 195–197.
6. Воробйов С. Г. Захист територій, прилеглих до породних відвалів, від надходження забруднювальних речовин (на прикладі Луганської області): автореф. дис. канд. техн. наук. Київ, 2011. 22 с.
7. Горобей М. С., Улицький О. А., Бойко К. Є., Клименко О. Аналіз результатів досліджень техногенного забруднення довкілля територій навколо вуглевидобувних підприємств. *Науково-практичний журнал Екологічні науки*. 2020. Т. 33, № 6. С. 57–61. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.6-33.8>
8. Вакерич М. М., Кишко К. М., Гедзур Т. І., Глюдзик-Шемота М. Ю. Ґрунтознавство: навч.-метод. посібник: Ужгород, 2022. 94 с.
9. Кучерявий В. П. Урбоекологія: Львів: «Новий світ-2000», 2020. 460 с.
10. Луньова О. В. Особливості формування техноекосистем вугільних родовищ та оцінка екологічних ризиків. *Геотехнічна механіка*. 2019. № 149. С. 58–67. <https://doi.org/10.15407/geotm2019.149.058>
11. Висоцький С. П., Козир Д. А. Контроль екологічного стану породних відвалів. *Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури*. 2018. № 3 (131). С. 12–18.
12. Основи екології: підручник для студ. вищ. навч. закл. / за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. Л. Г. Мельника та канд. екон. наук, проф. М. К. Шапочки. Суми: Університетська книга, 2017. 759 с.
13. Мандрик О. М., Охарев В. О., Триснюк Т. В., Михайлюк Р. Й. Моніторинг забруднення басейну Дністра внаслідок підтоплення та інших надзвичайних ситуацій. *Екологічна безпека та природокористування*. 2022. № 43 (3). С. 35–42. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.3.35-42>
14. Попович В. В. Фітомеліорація згасаючих териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну: монографія. Львів: ВР та НВД ЛДУБЖД, 2014. 174 с.
15. Колесник Н. Л. Важкі метали в екосистемі ставів та їх вплив на рибопродуктивність і харчову цінність риби в умовах інтенсивного вирощування: автореф. дис. ... к. с.-г. н.: 06.02.03. Київ, 2012. 26 с.
16. Адаменко О. М. Екологічна безпека територій. Івано-Франківськ: В. П. Супрун, 2014. 444 с.
17. Мандрик О. М., Пукіш А. В., Зельманович А. В. Особливості формування фізичного та хімічного складу високомінералізованих прикордонних вод. *Розробка родовищ: зб. наук. пр.* 2017. Т. 11, вип. 1. С. 72–79.
18. Долінський Л. Б., Рибачок О. С. Кореляційно-регресійний аналіз інвестиційної привабливості АПК. *Економічний аналіз*. 2016. № 24 (1). Р. 30–37. URL: <https://www.econa.org.ua/index.php/econa/article/view/1148> (дата звернення: 15.01.2025).
19. Hayes A., Anderson S. Correlation. Investopedia. 2021. URL: <https://www.investopedia.com/terms/c/correlation.asp> (дата звернення: 15.01.2025).
20. Павлюк К. В. Методичні підходи до розроблення нормативів і оцінки науково-дослідницької праці на основі багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу. *Наукові праці НДФІ*. 2020. № 3 (92). С. 5–19. <https://doi.org/10.33763/npndfi2020.03.005>

Стаття надійшла 20.01.2025

УДК 504.064:502.131.1:504.05(477.85)

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЛЬВІВЩИНИ ЯК КЛЮЧОВИЙ ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ ТА МІНІМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ

М. Іванків¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4911-2877

Н. Качмар¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-4471-5895

Т. Дацко¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-2957-1822

А. Дидів¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4436-9008

В. Бальковський¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-3995-1909

І. Городиська², к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-1580-3450

¹Львівський національний університет природокористування²Інститут агроєкології і природокористування НААН України

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.030>

Іванків М., Качмар Н., Дацко Т., Дидів А., Бальковський В., Городиська І. Екологічний моніторинг Львівщини як ключовий інструмент забезпечення сталого розвитку регіону та мінімізації екологічних ризиків

У статті розглянуто значення екологічного моніторингу як фундаментальної складової забезпечення сталого розвитку, зокрема в контексті Львівської області. Зауважено, що в сучасних умовах кліматичних змін і зростаючого антропогенного навантаження на навколишнє середовище, впровадження цифрових технологій у систему екологічного моніторингу Львівська область має значний промисловий і транспортний потенціал, що призводить до підвищених екологічних ризиків для довкілля та здоров'я населення.

Львівщина стає ключовим чинником забезпечення прозорості, оперативності та обґрунтованості управлінських рішень. Проаналізовано поточний стан моніторингової системи в регіоні, висвітлено ключові аспекти якості повітря, водних ресурсів, ґрунтів та управління відходами. Обґрунтовано необхідність інтеграції інноваційних цифрових технологій, таких як ГІС, супутникове зондування та Big Data, для підвищення ефективності моніторингу. Підкреслено важливість залучення громадськості та міжсекторного партнерства для формування екологічної культури та забезпечення прозорості даних.

Проаналізовано сучасний стан основних компонентів довкілля на території Львівської області на основі доступних даних: середньорічна концентрація дрібнодисперсних частинок PM_{2.5} у 2024 році становила 16,2±1,4 мкг/м³, що на 8,6 % нижче, ніж у IV кварталі 2023 р., але досі перевищує рекомендації ВООЗ (10 мкг/м³). ІЗА у Львові за період жовтень 2024 р. – березень 2025 р. був у категорії «високий» (9,58–9,68). Впровадження IoT-платформи моніторингу річок Західний Буг і Стрий дозволило скоротити час реагування на аварійні скиди до двох годин та знизити обсяг неконтрольованих скидів на 18 %. Середньорічні концентрації нітратів становили 7,1±0,6 мг/л. Ґрунтовий моніторинг виявив перевищення концентрацій свинцю у промислових зонах Львова і Шептицького (42±5 мг/кг) на 31 % від ГДК (32 мг/кг), що дало змогу локалізувати п'ять пріоритетних ділянок для рекультивції. Зафіксовано зниження сумарних викидів від стаціонарних джерел до 58 тис. т у 2023 році (на 23, % менше, ніж у 2022 р.), з домінуванням викидів від гірничо-видобувного (48,3%) та енергетичного (31,6 %) секторів.

Окрему увагу приділено впровадженню інноваційних рішень на національному та локальному рівнях, зокрема створенню регіональних центрів моніторингу довкілля та встановленню автоматизованих пунктів спостереження за якістю атмосферного повітря.

Ключові слова: екологічний моніторинг, сталий розвиток, Львівська область, атмосферне повітря, водне середовище, ґрунти, біорізноманіття, інноваційні рішення, регіональні центри моніторингу довкілля, автоматизовані пункти спостереження.

Ivankiv M., Kachmar N., Datsko T., Dydiv A., Balkovskiy V., Horodyska I. Environmental monitoring of Lviv region as a key tool for ensuring sustainable development and minimizing environmental risks

The article explores the vital role of environmental monitoring as a core element in achieving sustainable development, particularly within the context of Lviv region. It emphasizes that, in light of ongoing climate change and increasing human

impact on the environment, the integration of digital technologies into the environmental monitoring system is essential. Given Lviv region's substantial industrial and transport potential, there are heightened environmental risks that pose threats to both environmental integrity and public health.

Lviv region is positioned as a crucial player in fostering transparency, efficiency, and the soundness of management decisions. The analysis of the current state of the monitoring system in the region highlights critical aspects such as air quality, water resources, soil health, and waste management. The article argues for the necessity of incorporating innovative digital technologies, including GIS, satellite sensing, and Big Data, to enhance monitoring effectiveness. Furthermore, it stresses the importance of public participation and intersectoral collaboration in cultivating an environmental culture and promoting data transparency.

The current state of the main environmental components in Lviv region was analyzed based on available data, namely the average annual concentration of fine particles PM_{2.5} in 2024 was $16,2 \pm 1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, which was 8,6 % lower than in the IV quarter of 2023, but still exceeded the WHO recommendations ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). The ISA in Lviv for the period October 2024 – March 2025 was in the "high" category (9,58–9,68). The implementation of the IoT platform for monitoring the Western Buh and Stryi rivers allowed to reduce the response time to emergency discharges to 2 hours and reduce the volume of uncontrolled discharges by 18 %. The average annual concentrations of nitrates were $7,1 \pm 0,6 \text{ mg}/\text{l}$. Soil monitoring revealed an excess of lead concentrations in the industrial zones of Lviv and Sheptytskyi ($42 \pm 5 \text{ mg}/\text{kg}$) by 31 % of the MPC ($32 \text{ mg}/\text{kg}$), which made it possible to localize five priority areas for remediation. A decrease in total emissions from stationary sources to 58 thousand tons in 2023 was recorded (23.9 % less than in 2022), with emissions from the mining and extractive industries (48,3 %) and energy (31,6 %) sectors dominating.

Special attention is paid to the implementation of innovative solutions at the national and local levels, in particular the creation of regional environmental monitoring centers and the installation of automated air quality observation points.

Keywords: environmental monitoring, sustainable development, Lviv region, atmospheric air, aquatic environment, soils, biodiversity, innovative solutions, regional environmental monitoring centers, automated observation points.

Постановка проблеми. Сталій розвиток як концепція гармонійного поєднання економічного зростання, соціального добробуту та збереження навколишнього природного середовища набуває дедалі більшого значення у сучасному глобалізованому світі. Одним із ключових аспектів його реалізації є ефективне управління довкіллям, яке неможливе без надійної системи екологічного моніторингу. У цьому контексті екомоніторинг є важливим інструментом для оцінки стану навколишнього середовища, виявлення негативних тенденцій і своєчасного вжиття заходів для їх усунення. Львівщина, як один із провідних регіонів на заході України, демонструє потенціал у впровадженні принципів екологічної стійкості та вдосконаленні регіональної системи моніторингу.

Моніторинговий комплекс функціонує як багатофункціональна система, що забезпечує систематичні спостереження, аналіз і прогнозування стану біосфери з метою виявлення джерел і масштабів антропогенного навантаження [7; 8]. Він не лише фіксує поточні екологічні показники, а й дає змогу оцінити рівні ризиків, моделювати динаміку змін та формувати науково обґрунтовані природоохоронні стратегії. Отже, інформаційна база, що формується в результаті моніторингу, стає епістемологічною основою адаптивного екологічного управління. Надійні, актуальні дані трансформуються в обґрунтовані управлінські рішення, спрямовані на мінімізацію негативного впливу та підвищення рівня екологічної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Важливим етапом у цьому напрямку стало затвердження Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України Наказу № 1720 від 23 грудня 2024 року «Про затвердження Порядку створення регіональних центрів моніторингу довкілля», зареєстрованого в Мін'юсті 29 січня 2025 року. Ці центри мають забезпечити ефективний збір та аналіз даних про стан довкілля на регіональному рівні, координацію роботи різних суб'єктів моніторингу та інформування населення про екологічні проблеми та ризики [5]. Крім того, значним прогресом у сфері екомоніторингу Львівщини є встановлення референтного автоматизованого пункту моніторингу якості атмосферного повітря та початок пуско-налагоджувальних робіт у рамках проекту GIZ.

Аналіз екологічних рейтингів свідчить про зростаючу екологічну вразливість регіону. У 2022 році Львівська область посіла 21 місце з 24 серед усіх регіонів України за кількістю екологічних проблем, що є зниженням порівняно з 16–18 місцем у 2021 році [10]. Таке погіршення позицій вказує на те, що, незважаючи на зусилля з моніторингу та заявлені політичні цілі, екологічні проблеми регіону або загострюються, або вирішуються менш ефективно порівняно з іншими областями. Ця тенденція вказує на нагальну потребу в посиленні екологічного моніторингу та його глибшій інтеграції у процес формування політики для зміни негативної траєкторії та мінімізації екологічних ризиків, що зростають.

Координацію та узагальнення функцій у сфері екологічного моніторингу на території Львівської області здійснює Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації [2]. До системи моніторингу залучені численні суб'єкти, що забезпечують її багатогранність, зокрема: Львівський регіональний центр з гідрометеорології, КП «Адміністративно-технічне управління» Львівської міської ради, ЛМКП «Львівводоканал», Державна екологічна інспекція у Львівській області, а також чимало громадських організацій та ініціатив місцевої влади.

У сучасних умовах цифровізованого суспільства впровадження інноваційних інформаційно-комунікаційних технологій у екологічний моніторинг стає не просто бажаним, а критично необхідним етапом на шляху до досягнення екологічних цілей сталого розвитку. Зростаюче антропогенне навантаження на навколишнє середовище, викликане індустріалізацією та урбанізацією, вимагає постійного та точного контролю за станом природних компонентів.

На національному рівні напрямок «цифровізації» моніторингу був закріплений у 2024–2025 роках через аналітичні записки Міндовкілля, що визначають технічні потреби і стандарти проведення спостережень [6].

За підтримки Міндовкілля та GLZ у 2025 році запущено вебпортал eco-lviv.gov.ua, де в режимі реального часу відображаються всі параметри AQI, гідрохімії та ґрунтового аналізу. Інтерфейс дозволяє обирати часові діапазони, накладати дані на карти і завантажувати звіти. Мобільний додаток «EcoLviv» [9] має понад 15 000 активних користувачів і надсилає push-сповіщення при перевищенні порогових значень.

Громадське залучення посилюється через інтеграцію Citizen Science: школярі й студенти проводять власні заміри за допомогою переносних сенсорів, результати яких автоматично порівнюються з офіційними даними. Також створено онлайн-форум для обговорення екологічних ініціатив, де за три місяці зібрано понад 400 пропозицій від мешканців області.

Львівщина, як один із найбільших регіонів України з розвиненою промисловістю, інтенсивним сільським господарством та значним населенням, стикається з низкою екологічних викликів. Важливо зазначити, що ключові екологічні проблеми урбанізованих територій України мають взаємопов'язаний характер, що створює мультиплікативний негативний ефект. Сучасна система екологічного моніторингу Львівщини охоплює такі

напрями, як спостереження за якістю атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, станом флори і фауни, а також радіоекологічний та геофізичний моніторинг. У регіоні діють мережі автоматизованих та лабораторних постів контролю, зокрема у місті Львові та інших промислових центрах.

Постановка завдання. Наше завдання – проаналізувати роль екологічного моніторингу у зниженні екологічних ризиків Львівщини та забезпеченні сталого розвитку, висвітлити поточний стан та запропонувати шляхи вдосконалення системи моніторингу інтеграцією цифрових технологій та посиленням участі громадськості.

Виклад основного матеріалу. Дослідження базувалося на аналізі офіційних статистичних даних Державної служби статистики України (Головне управління статистики у Львівській області), Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, звітів Львівської обласної державної адміністрації, а також наукових публікацій, присвячених екологічному стану Львівщини та методам екологічного моніторингу. Методики досліджень базуються на національних та міжнародних стандартах: автоматизовані аналізатори та гравіметричні методи для повітря, відбір проб за ISO 5667 для води та аналіз ґрунтів за ДСТУ 7933. Контроль якості забезпечується калібруванням приладів і повторними вимірюваннями. Для аналізу цифрових даних використовували методи кількісного, порівняльного та просторового аналізу за допомогою концепцій ГІС.

Дані збирали з відкритих джерел, зокрема офіційних вебпорталів, державних установ, наукових баз даних та публікацій. Особливу увагу приділяли показникам якості атмосферного повітря (концентрація основних забруднювачів), водних ресурсів (гідрохімічні показники), ґрунтів (вміст важких металів, пестицидів) і динаміці утворення та утилізації відходів.

У Львівській області впродовж 2024 року було встановлено шість автоматизованих стаціонарних пунктів моніторингу якості атмосферного повітря та програмно-апаратний комплекс – у містах Шептицькому, Добротворі, Стрию, Бориславі, селі Сокольниках і на транскордонній станції біля Рави-Руської, – що дозволило створити першу в регіоні цифрову мережу довкіллевого моніторингу. Додатково функціонує 15 постів спостереження, які належать УкрГідрометцентру та Львівському обласному центру контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здо-

ров'я України. Система автоматизованого моніторингу якості атмосферного повітря дозволяє в реальному часі отримувати дані про концентрації забруднювальних речовин. Обладнання, придбане в рамках проєкту GIZ/BMWK, передає дані в режимі реального часу на центральний сервер «ЕкоСистема», де вони обробляються й візуалізуються у вигляді дашбордів і картографічних шарів. Однак є проблеми з оновленням обладнання, недостатньою кількістю моніторингових пунктів у сільській місцевості та обмеженим доступом до даних для громадськості.

Кожен пункт обладнано альвеолярними датчиками $PM_{2.5}/PM_{10}$, мультигіпоксиметрами NO_2 , SO_2 , CO , формальдегіду, ультрафіолетовими фотометричними аналізаторами озону та комплексом вбудованих метеостанцій (температура, вологість, тиск, швидкість вітру).

Дані передаються щохвилини на хмарну платформу «ЕкоСистема» через захищений канал LoraWAN/GPRS. На сервері відбувається попередня фільтрація «завислих» або «фальшивих» значень алгоритмом виключення одномоментних сплесків, які не підтверджуються сусідніми станціями. Після цього дані агрегуються в годинні, добові та місячні вибірки та інтегруються у геоінформаційну систему (QGIS-сервер), де формуються тематичні шари.

Моніторинг водного середовища здійснюється за допомогою IoT-станцій із датчиками провідності, pH, турбідності, концентрацій нітрат- N і фосфат- P , які встановлено на трьох пунктах уздовж Західного Бугу (м. Городок, с. Муроване, м. Буськ) і двох пунктах на Стрию (м. Стрий і с. Урич). Сигнали передаються раз на годину, а в аварійних режимах – що десять хвилин.

Ґрунтовий моніторинг базується на мобільній лабораторії: портативні XRF-аналізатори з GPS-маркуванням проб дозволяють обробляти до 200 точок за день. Отримані концентрації свинцю,

кадмію, міді та цинку автоматично завантажуються у централізовану БД через Bluetooth-модуль польового планшета.

Біомоніторинг реалізовано через 24 цифрові фотопастки та 12 звукових сенсорів у Карпатському біосферному заповіднику. Зображення й аудіофрагменти зберігаються на локальних SD-картах і раз на тиждень завантажуються до хмари через портативний 4G-роутер.

Львівська область є одним із провідних промислово-аграрних регіонів на заході України, що характеризується поєднанням міст із розвинутими ТЕС та промисловістю, інтенсивним землеробством із достатнім рівнем урбанізації, що створює значне навантаження на довкілля.

За даними останніх років, основними джерелами забруднення повітря є промислові підприємства, автотранспорт та спалювання твердого палива. За результатами автоматизованих вимірювань середньорічна концентрація дрібнодисперсних частинок $PM_{2.5}$ у 2024 році становила $16,2 \pm 1,4$ мкг/м³, у I кварталі 2025 – $14,8 \pm 1,2$ мкг/м³, що на 8,6 % нижче, ніж у IV кварталі 2023 року (15 мкг/м³). Ці рівні досі перевищують рекомендації ВООЗ (10 мкг/м³) для $PM_{2.5}$ [12]. Отже, моніторинг показав, що 84 % часу повітря в регіоні відповідає категоріям «добрий» та «прийнятний», проте у зимові місяці (грудень–лютий) рівень забруднення зростає до 25 мкг/м³ через активне спалювання біомаси і використання вугілля в побуті; тоді як у весняний – PM_{10} піднімався до 42 мкг/м³ через пилові бурі. Цифрові датчики виявили кореляцію ($r = 0,78$) між швидкістю вітру та розсіюванням забруднювачів, що дозволяє прогнозувати якість повітря на 24–48 годин вперед. Отже, цифровий підхід дає змогу виявляти ці сезонні коливання з точністю до години та оперативно інформувати громадян через мобільний додаток «EcoLviv» [9].

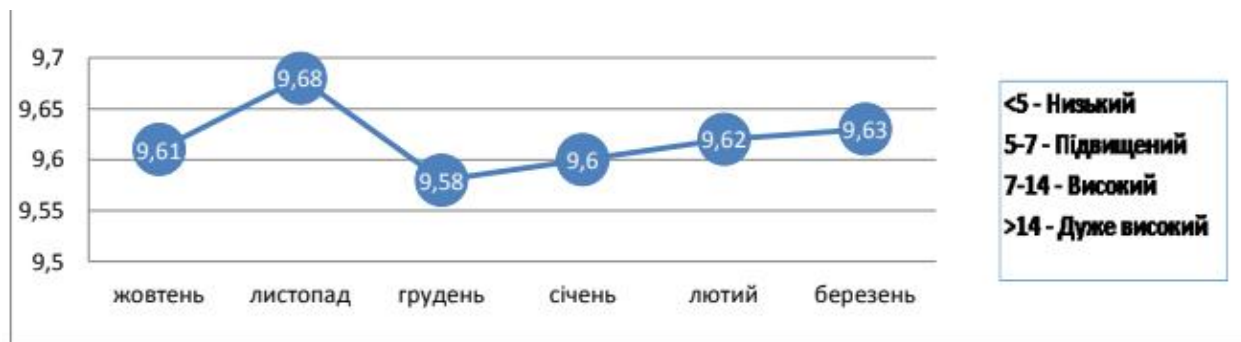


Рис. Якість атмосферного повітря в динаміці за період IV кварталу 2024 року та січень 2025 року (м. Львів) [1]

Наведений графік динаміки ІЗА (індексу забруднення атмосфери) у Львові за період IV кварталу 2024 р. та січня–березня 2025 р. демонструє високий рівень забруднення. Усі значення ІЗА (від 9,58 до 9,68) належать до категорії «високий» (7–14) згідно з наведеною шкалою. Тобто якість повітря в місті протягом усього періоду була на небезпечному для здоров'я рівні. Найвища концентрація забруднювачів припала на кінець осені (у листопаді (9,68)), коли розпочинається опалювальний сезон і зростає інтенсивність автотранспорту (рис.).

За даними Департаменту екології та природних ресурсів Львівської ОДА, у 2023 році в місті Львові зафіксовано перевищення ГДК діоксиду азоту та формальдегіду в центральних районах міста [2].

За даними статистики [3], сумарні викиди забруднювальних речовин від стаціонарних джерел на Львівщині у 2020–2021 рр. стабілізувалися: близько 75–76 тис. т, що на ≈ 25 –30 % менше, ніж у 2019 році. У 2023 році цей показник ще знизився до ≈ 58 тис. т (падіння на 23,9 % від 2022 р.). Основними складовими викидів у 2023 р. були метан (29,1 тис. т), діоксид сірки (14,5 тис. т), діоксид азоту (3,1 тис. т), оксид вуглецю (4,3 тис. т). Серед стаціонарних забруднювачів домінують підприємства гірничо-видобувного комплексу (48,3 % викидів у 2023 р.) і електро-енергетики (газ, пар, тепло) (31,6 %). Першочерговою екологічною проблемою залишається забруднення аерозолями ($PM_{2,5}$, PM_{10}). Наразі Львівщина впроваджує інтеграцію в європейську систему моніторингу якості повітря (проект UFAIR), що сприятиме отриманню детальніших оперативних даних.

Моніторинг водного середовища, що базується на датчиках провідності, рН і концентрацій

нітратів/фосфатів, встановлених на правих притоках Західного Бугу та Стрия, у середньому за рік зареєстрував $7,1 \pm 0,6$ мг/л нітрат-N і $0,15 \pm 0,03$ мг/л фосфат-P. Ці значення нижчі за гранично допустимі концентрації (50 мг/л і 5 мг/л відповідно), проте епізодичні перевищення до 12 мг/л у міжсезоння (навесні) вказують на недостатність очисних потужностей місцевих очисних споруд. Використання IoT-платформи дозволило автоматизувати збір і передачу даних, скоротивши паперову звітність на 60 % та прискоривши реагування на аварійні скиди стоків до двох годин; знижено обсяг неконтрольованих скидів на 18 %. Основними джерелами є скиди неочищених або недостатньо очищених стічних вод від комунальних підприємств та аграрного сектору.

У 2021 р. абсорбовано з природних джерел близько 176 млн м³ води (85,8 % – з підземних), 2024 р. – 133,215 млн м³ води. Скиди загалом зменшуються: у 2019 р. у річки скинули 207,7 млн м³ води (у тому числі 45,1 млн м³ забруднених), у 2021 р. – 149,8 млн м³ (119,1 млн м³ забруднених), а у 2024 р. відповідно 153,856 млн м³ (112,256 млн м³ забруднених) [2]. За даними Басейнового управління водних ресурсів, контроль якості показав, що найнижча гідрологічна якість у квітні 2024 р. була в річках Полтва (низький O₂, високий вміст органічних і біогенних речовин та пестицидів) і Західний Буг нижче впадіння Полтви (органічні речовини, нітрати, пестициди). Найчистішою була вода у р. Завадівка та Вишня (Мостиська). Після моніторингу відзначено погіршення якості води на низці ділянок («Яричівка», «Свиня», «Шкло» тощо) порівняно з попереднім місяцем. Це підкреслює необхідність будівництва й реконструкції очисних споруд та мереж каналізації, особливо у районах активного скиду стоків (табл.).

Таблиця

**Динаміка водокористування за 2022–2024 рр.
у Львівській області [2]**

Показник	2024	2023	2022
	млн м ³		
Забрано води з природних джерел, усього	133,215	174,786	183,147
у тому числі:			
поверхневої	24,911	26,769	26,165
підземної	108,305	148,017	156,982
Використано свіжої води, усього	91,773	138,057	132,330
Скинуто зворотних вод, усього	153,856	195,45	188,270
Скинуто зворотних вод у поверхневій водні об'єкти, усього	145,917	152,181	143,093
забруднених, усього	112,256	118,510	113,858

Ґрунтовий моніторинг, виконаний із застосуванням портативних XRF-аналізаторів та GPS-маркування зразків, показав середні значення свинцю у ґрунтах промислових зон Львова й Шептицького на рівні 42 ± 5 мг/кг (ГДК – 32 мг/кг), що на 31 % перевищує гранично допустиму концентрацію 3 мг/кг згідно з ДСанПіН України. Вміст кадмію в цьому ж районі становив $1,1 \pm 0,2$ мг/кг, що добре вписується у нормативний діапазон до 3 мг/кг, встановлений європейською Директивою 86/278/ЄЕС щодо захисту навколишнього середовища. Концентрація міді була відносно низькою – 28 ± 4 мг/кг (ГДК – 70 мг/кг), що свідчить про відсутність значного антропогенного навантаження на цей мікроелемент у промислових агломераціях [11]. Інтеграція отриманих даних у геоінформаційну систему QGIS дозволила створити детальні тематичні карти забруднення, які виявили п'ять пріоритетних ділянок загальною площею 12 га для подальшої рекультивції та фітофільтрації.

Для оцінки динаміки біорізноманіття регіону впроваджено систему цифрових фотопасток і звукових сенсорів (зокрема у Карпатському біосферному). Протягом 2024 року було зафіксовано понад 12 000 спостережень представників фауни, серед яких виділено 58 видів ссавців (включно з бурим ведмедем, риссю, рідкісними кажанами) і 175 видів птахів, що на 5 % більше, ніж у 2023-му [4]. Зібрані звукові дані обробляють за допомогою машинного навчання для автоматичної ідентифікації видів, що прискорює проведення моніторингових обліків і дозволяє виявляти зони гострої фрагментації середовища існування.

Оскільки діяльність людини безпосередньо впливає на рослинний світ, спричиняючи його якісні трансформації, динаміка та ступінь синантропізації флористичних комплексів є ключовими індикаторами загальних змін в урбанізованому середовищі.

У Львівській області реалізуються проекти з модернізації очисних споруд, зокрема у місті Стрию, де впроваджено сучасні технології біологічного очищення стічних вод. Також проводяться заходи з відновлення природних екосистем, наприклад, проекти з лісовідновлення в Карпатах та створення екологічних коридорів для збереження біорізноманіття.

Отримані дані чітко ілюструють актуальність проблеми екологічних ризиків на Львівщині. Перевищення гранично допустимих концентрацій забруднювачів повітря, води та ґрунтів свідчить про значне антропогенне навантаження. Проблема утилізації відходів залишається однією з найгостріших, вимагаючи комплексних рішень.

Екологічний моніторинг – не лише джерело даних, а й основа для екологічної освіти, форму-

вання екологічної культури населення та залучення громадян до процесів управління природними ресурсами. Прикладом успішної практики є участь громадських екологічних організацій, університетів та місцевих ініціатив у проєктах з моніторингу стану водойм, якості повітря або зелених насаджень. Такі ініціативи сприяють розвитку партнерства між владою, наукою та суспільством, що є важливою умовою сталого розвитку. Залучення громадськості до збору даних через «громадянську науку» (citizen science) може значно розширити охоплення моніторингу та підвищити обізнаність населення.

Національний рівень визнає необхідність «цифровізації» моніторингу, що було закріплено у 2024–2025 роках через аналітичні записки Міндовкілля [1], які визначають технічні потреби і стандарти проведення спостережень. Це створює сприятливі умови для модернізації системи моніторингу Львівщини. Інтеграція ГІС дозволить візуалізувати просторове поширення забруднень, супутникове зондування – моніторити великомасштабні зміни, а технології Big Data – обробляти та аналізувати величезні масиви даних для виявлення закономірностей та прогнозування.

Для забезпечення ефективного екологічного моніторингу Львівщини доцільні:

- встановлення більшої кількості датчиків для безперервного моніторингу якості повітря, води та ґрунтів у режимі реального часу;
- створення інтегрованих геоінформаційних систем для візуалізації даних, просторового аналізу та моделювання екологічних процесів. Супутниковий моніторинг дозволить відстежувати великомасштабні зміни, такі як динаміка лісового покриву, стан водних об'єктів та деградація ґрунтів;
- аналіз великих обсягів даних для виявлення прихованих закономірностей, прогнозування екологічних ризиків та оптимізації управлінських рішень;
- забезпечення вільного доступу громадськості до даних екологічного моніторингу через онлайн-портали та мобільні додатки. Це підвищить прозорість, довіру та залученість населення;
- розробка механізмів для залучення громадськості до збору даних за допомогою простих у використанні датчиків та мобільних додатків.

Висновки. Результати проведеного дослідження переконливо доводять, що екологічний моніторинг – ключовий інструмент управління довкіллям Львівщини та базова передумова зниження екологічних ризиків у регіоні. Автоматизовані пункти моніторингу атмосферного повітря зафіксували перевищення концентрацій твердих частинок ($PM_{2.5}/PM_{10}$) у зимовий період та формальдегіду й

NO₂ у центральних районах Львова, що дає змогу не лише фіксувати погіршення стану повітря, а й прогнозувати динаміку забруднень і своєчасно вживати превентивних заходів у транспортній та енергетичній сферах, знижуючи ризики для здоров'я населення. Моніторинг водних ресурсів, здійснений за допомогою цифрових сенсорів на річках Західний Буг і Стрий, показав середньорічні концентрації нітратів (7,1 мг/л) та фосфатів (0,15 мг/л), що нижчі за гранично допустимі значення, проте навесні фіксуються перевищення. Інтеграція IoT-платформи дозволила скоротити час реагування на аварійні скиди до двох годин і знизити обсяг неконтрольованих скидів на 18 %, що зменшує ризик евтрофікації водойм і погіршення якості питної води. Ґрунтовий моніторинг виявив перевищення концентрацій свинцю у промислових зонах (42 мг/кг проти ГДК 32 мг/кг), що дало змогу локалізувати п'ять пріоритетних ділянок для рекультивациі та запровадження природоохоронних заходів. Це підтверджує, що моніторинг забезпечує не лише виявлення загроз деградації ґрунтів, а й формування просторово орієнтованих стратегій їх відновлення. Біомоніторинг за допомогою фотопасток і звукових сенсорів у Карпатському біосферному заповіднику дозволив зафіксувати понад 12 тис. спостережень представників фауни, зокрема 58 видів ссавців і 175 видів птахів, що на 5 % більше, ніж торік, а це свідчить про ефективність застосування цифрових технологій для запобігання втраті біорізноманіття та виявлення фрагментації середовищ існування. Статистичні дані щодо відходів демонструють скорочення обсягів викидів від стаціонарних джерел до 58 тис. т у 2023 р., що на 23,9 % менше, ніж у 2022 р. Водночас вдалося ідентифікувати найбільші джерела забруднення – гірничо-видобувний сектор і теплоенергетику, що створює передумови для цільового управління та оптимізації політики у сфері поводження з відходами. Важливою складовою є інституційний і цифровий ефект: екологічний моніторинг підвищує прозорість екологічних даних завдяки порталу **eco-lviv.gov.ua** та мобільному додатку «EcoLviv», якими користуються понад 15 тис. мешканців регіону, що сприяє зростанню екологічної обізнаності та формуванню культури екологічної відповідальності.

Отже, екологічний моніторинг Львівщини виконує багатовимірну функцію: зменшує екологічні ризики через своєчасне виявлення забруднень, формує базу для прогнозування та адаптаційного планування, локалізує пріоритетні проблеми для природоохоронних дій, інтегрує громаду в управління довкіллям і забезпечує інформаційне підґрунтя для збалансованої екологічної політики. Цифрові технології підвищують ефективність моні-

рингу завдяки автоматичним станціям спостереження, сенсорним мережам, використанню хмарних платформ і ГІС-систем для аналізу даних, а також залученню громадськості через мобільні додатки та відкриті дашборди. Такий комплексний підхід не лише підвищує ефективність екологічного контролю, а й закладає міцну основу для адаптаційного планування на місцевому рівні та наближає Львівщину до європейських стандартів сталого розвитку, де кожне рішення ґрунтується на достовірних цифрових даних і відкритості інформації.

Бібліографічний список

1. Аналітична записка щодо моніторингу стану атмосферного повітря, вод та ґрунтів в динаміці за період IV кварталу 2024 року та I кварталу 2025 року. 15 с.
2. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації. URL: <https://deplv.gov.ua/ekologichnyj-pasport/> (дата звернення: 15.02.2025).
3. Державна служба статистики України. Головне управління статистики у Львівській області. URL: https://www.lv.ukrstat.gov.ua/ukr/publ/books_new.php (дата звернення: 15.02.25).
4. Карпатський біосферний заповідник. URL: <https://kbz.in.ua/> (дата звернення: 11.02.2025).
5. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Регіональні центри моніторингу довкілля: точні дані для ефективних екологічних рішень. URL: <https://mepr.gov.ua/regionalni-tsentry-monitoryngudovkillya-tochni-dani-dlya-efektyvnyh-ekologichnyh-rishen/?utm> (дата звернення: 11.02.2025).
6. Моніторинг довкілля / Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. Україна, Київ, 2023. 119 с.
7. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. N 147 від 21 квітня 2021 р. «Про затвердження форми Програми державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря».
8. Програма державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря на 2021 – 2025 роки Львівської зони. Розглянута Комісією з питань здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря 24.06.2021.
9. Рівень забруднення атмосферного повітря у місті Львів. URL: <https://www.saveecobot.com/maps/lviv> (дата звернення: 17.02.2025).
10. Екологічний рейтинг регіонів України 2022. URL: <https://focus.ua/uk/ratings/504721-ekologicheskyy-reyting-oblastey-ukrainy-2021> (дата звернення: 11.02.2025).
11. Datsko O., Zakharchenko E., Butenko Ye., Melnyk O., Kovalenko I., Onychko V., Ilchenko V., Solokha M. Ecological assessment of heavy metal content in Ukrainian soils. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. № 25(11). P. 100–108.
12. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization 2021. 300 s.

Стаття надійшла 20.02.2025

БІОВУГІЛЛЯ З АГРОВІДХОДІВ: ТЕХНОЛОГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**О. Мазурак¹, к. т. н.**

ORCID ID: 0000-0001-7846-2799

І. Мазурак¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0009-0006-2838-5282

А. Разанова^{1,2}, доктор філософії з екології

ORCID ID: 0000-0002-3546-3692

Ю. Ковалів¹

ORCID ID: 0009-0001-9156-1879

¹Львівський національний університет природокористування²Вінницький національний аграрний університет<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.037>**Мазурак О., Мазурак І., Разанова А., Ковалів Ю. Біовугілля з агровідходів: технології сталого розвитку**

Зауважено, що відходи аграрного виробництва становлять суттєву частку загальносвітових відходів, спричиняючи забруднення екосистем та створюючи небезпеку для здоров'я у разі їх нераціонального оброблення.

Надзвичайно важливо розробити та впроваджувати оригінальні ефективні підходи, спрямовані на дієве пом'якшення негативного впливу сільськогосподарських побічних продуктів, що вимагає поглибленого аналізу сутності аграрних біовідходів. Виявлено критичну роль таких факторів, як різноманітність джерел відходів, варіативність їхнього хімічного складу та фізико-хімічних властивостей, потенціал використання в різних сферах та ефективність щодо специфічних забруднювачів, а також практичні аспекти реалізації технологій переробки.

Досліджено сучасне ефективне поводження з органічними відходами аграрної галузі, що характерне різноманітністю технологій та сировини, принципів підбору складових для біовугілля та стійкістю. Проаналізовано вплив піролізованих залишків (із відходів деяких типів біомаси рослинного походження в Україні) сільськогосподарської діяльності у вигляді біовугілля на стабілізацію довкілля.

Деталізовано механізми перетворення біомаси за технологій термохімічного перетворення, що є ефективними в процесах розкладання довгих ланцюгових ділянок речовин на менші молекули. При цьому відбуваються як процеси відновлення енергії, продукування нових цінних біологічних матеріалів із відходів біомаси, так і емісія забруднювальних шкідливих речовин. Встановлено, що концентрація забруднювачів унаслідок термохімічних реакцій є функцією технологічних параметрів процесу газифікування та характеристик вихідної сировини.

Проаналізовано вплив біовугілля на стан екосистем, зокрема ґрунтів. Більшість досліджень демонструють позитивні тенденції застосування органічно поєднаних біочарів для ґрунтових та інших систем (як повноцінних добрив, добавок у процесах компостування, селективних біосорбентів та різнофункціональних композитів).

Наголошено на синергетичному характері проблем використання та одержання біовуглецевих матеріалів, що вимагає додаткових випробувань і розробки відповідних технологій та інтегрованих підходів до їхнього вирішення.

Ключові слова: відходи, біовугілля, піроліз, біомаса, ґрунт, модифікування, сорбенти.

Mazurak O., Mazurak I., Razanova A., Kovaliv Yu. Biochar from agricultural waste: sustainable development technologies

Agricultural waste represents a significant portion of global waste, leading to ecosystem pollution and health risks if not processed properly.

It is crucial to develop and implement effective strategies to mitigate the negative impact of agricultural by-products, which necessitates a thorough analysis of the nature of agricultural biowaste. Key factors influencing this process include the diversity of waste sources, the variability of their chemical composition and physicochemical properties, their potential applications, effectiveness against specific pollutants, and the practical aspects of recycling technologies.

This review focuses on the analysis of modern and effective management practices for organic waste in the agricultural sector. It highlights a variety of technologies, raw materials, and principles for selecting components for biochar while emphasizing sustainability. A comprehensive analysis was conducted on the impact of pyrolyzed residues, derived from certain types of plant-based biomass waste in Ukraine, on environmental stabilization when used as biochar.

The study details the mechanisms of biomass conversion through thermochemical conversion technologies, which effectively break down long-chain substances into smaller molecules. During this process, energy recovery occurs alongside the production of valuable biological materials from biomass waste, although harmful pollutants may also be emitted. It is established that the concentration of pollutants as a result of thermochemical reactions is a function of the technological parameters of the gasification process and the characteristics of the feedstock.

The impact of biochar on ecosystems, particularly soils, is explored. Most studies indicate positive trends regarding the use of organically combined biochars as complete fertilizers, compost additives, and multifunctional biosorbents.

The review emphasizes the interconnected challenges of producing and utilizing biochar materials, which underscores the need for developing appropriate technologies and integrated approaches to address these issues effectively.

Keywords: waste, biochar, pyrolysis, biomass, soil, modification, sorbents.

Постановка проблеми. Зростання обсягів аграрного виробництва та споживчого попиту на сільськогосподарську продукцію призвели до виникнення низки екологічних проблем, пов'язаних із агробіовідходами. Відходи аграрного виробництва становлять значну частку загального обсягу відходів планети, потребуючи відповідних невідкладних технологій рециклінгу для одержання продуктів із заданими фізико-хімічними властивостями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для України, як держави з агропромисловим сектором економіки, правильне управління відходами на засадах циркулярної економіки, зокрема розробка та впровадження методів декарбонізації для оброблення та переробки сільськогосподарських відходів сучасними високотехнологічними методами [2, с. 8], – надзвичайно актуальне завдання.

Тривалий час найбільш перспективними вважалися традиційні методи утилізування сільськогосподарських відходів, зокрема такі як рециклінг, компостування органічних відходів, виробництво кормів для тварин та отримання біоенергії. За останні роки акцент досліджень – на одержанні біовугілля (так званого чорного алмазу) технологіями піролізу (повільним, швидким, швидким з газифікацією) із подальшим хімічним модифікуванням [9, с. 592; 31, с. 369].

Багато публікацій науковців присвячені використанню модифікованих продуктів піролізу біовідходів, зокрема твердого біовугілля, як сорбентів (ремедіантів) важких металів, радіонуклідів, органічних забруднювачів різної природи, а також регуляторів росту рослин, що покращують показники ґрунтових [5, с. 995; 12, с. 114528; 20, с. 142102] та водних екосистем [28, с. 146; 37, с. 2158; 43, с. 104144]. Згідно з дослідженнями [8, с. 421; 14, с. 124, 373], піролізовані вуглецеві сорбенти з відходів аграрного виробництва та побічних продуктів володіють високими показниками пористості та здатністю до очищення забруднених екосистем від органічних та неорганічних токсикантів.

Нині громадськість недостатньо обізнана з перевагами біовугілля та не впевнена щодо кількісної оцінки стабільності вуглецю, що оцінюється за допомогою польових і лабораторних інкубацій,

моделювання та/або методів інструментального аналізу [23, с. 213].

Сучасні аспекти та механізми рециклінгу відходів рослинного походження [32, с. 1773], які краще репрезентують промислове приготування біовугілля, і критичне порівняння різних методів оцінки стабільності зміцнюватимуть довіру до оцінювання стабільності карбону в біовугіллі [30, с. 139990].

Постановка завдання. Наше завдання – зацентрувавши увагу на відходах аграрного сектору, охарактеризувати можливості їхнього використання та апробовані методи піролізу, модифікування для утворення функціонального біовугілля з його подальшим використанням у різних галузях, особливо для покращання стану ґрунтів та сорбування токсинів.

Виклад основного матеріалу.

Відходи біомаси та їхнє використання.

Біомаса має потенціал для використання як паливо, включно з деревиною, швидкоростучими деревними культурами, сільськогосподарськими та тваринницькими відходами, а також спеціально вирощеними трав'янистими культурами.

Основною масою органічних відходів сільськогосподарського (аграрного) виробництва України є відходи соняшника, кукурудзи, солома злакових, бобових культур та ріпаку, залишки овочів та фруктів, обрізки деревини (кора, тирса) тощо.

Як правило, біовідходи аграрного виробництва мають такі переваги: доступність, низька вартість, короткий цикл відновлення, хімічна стабільність, низькі вимоги до оброблення та екологічність, зокрема вуглецева нейтральність [18, с. 1753; 23, с. 211].

Чимало досліджень минулих років присвячено технологіям високотемпературної переробки до активованого вугілля відходів аграрного виробництва, що містять високомолекулярні полімери полісахаридів целюлози, геміцелюлози та лігніну [34, с. 249]. Ці основні компоненти володіють полярними функціональними групами ефірів, альдегідів, кетонів, спиртів (карбоксильні, фенольні, гідроксильні групи (рис. 1)), котрі після піролізу, модифікування здатні формувати підвищену адсорбційну здатність завдяки пористості

новоутворених матеріалів із великою питомою площею, будовою поверхні та властивостями [25, с. 143–139].

Як відомо, найважливішими екстрактивними компонентами біомаси є моно- та полімерні фе-

ноли, як-от флавоноїди, таніни та фенольні кислоти, котрі після високотемпературної обробки та активування хімічними реагентами здатні до іонообмінних реакцій (наприклад, етерифікації) на поверхні біосорбента [37, с. 21–60].

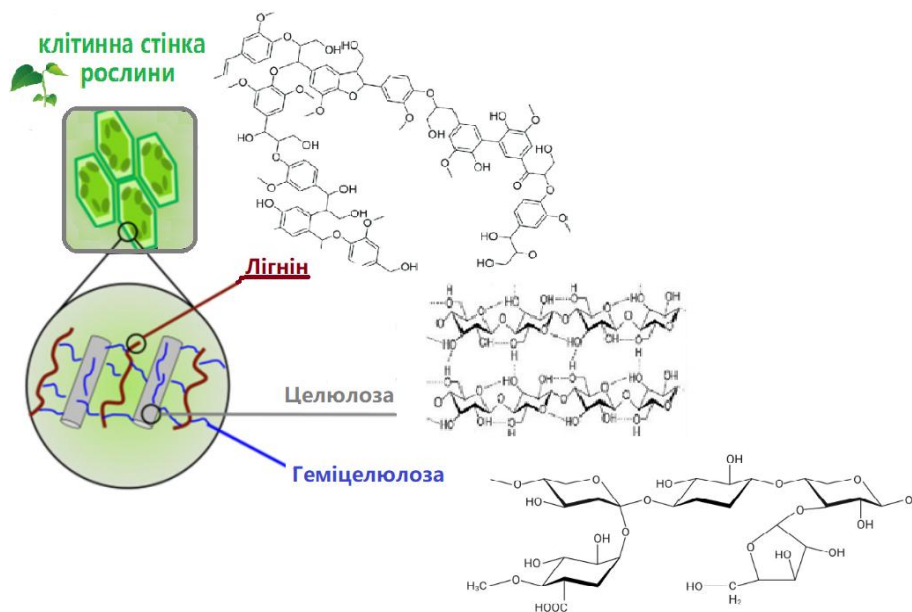


Рис. 1. Структурні формули целюлози, лігніну та геміцелюлози

Стабільність вуглецю та накопичування карбоновмісної компоненти ґрунтів [38, с. 107–532] за зниження емісії парникових газів, навіть порівняно з варіантами традиційного поводження (компостування чи рециклінгу), відносять до переваг використання біочару [29, с. 167–169].

Методи досліджень біосорбентів. Для вивчення активних центрів генерованих біосорбційних структур (біосорбентів), що адсорбують забруднювальні речовини, а також для визначення концентрації забруднювальних речовин, використовують низку складних аналітичних методик та фізико-хімічного інструментарію: атомно-абсорбційну спектроскопію; індуктивно зв'язану плазму, чи спектрофотометрію для визначення концентрації іонів металу, або барвника; інфрачервону абсорбційну спектроскопію або Фур'є трансформовану інфрачервону спектроскопію, для визначення активних центрів біосорбенту. Сканувальною електронною мікроскопією візуально підтверджують морфологію поверхні біосорбентів, а методом електронної мікроскопії здійснюють візуалізацію для підтвердження внутрішньої морфології біомаси, особливо клітин, ілюстрування диспергування енергії. Рентгенівська спектроскопія використовується для елементного аналізу та хімічної характеристики металів, зв'язаних із

біосорбентом. Рентгеноструктурний аналіз застосовують для досліджень кристалографічної структури та хімічного складу металу. Ядерним магнітним резонансом досліджують активні центри біосорбенту. Рентгенівською фотоелектронною спектроскопією визначають ступінь окиснення зв'язаного на біосорбенті металу та його лігандні ефекти [3, с. 1390; 39, с. 448].

Технології одержання біовугілля та його властивості. Щодо способів виробництва біовугілля розрізняють карбонізацію, піроліз, гідротермальне зрідження [16, с. 17; 22, с. 425] та газифікацію [13, с. 599; 24, с. 11765] з використанням різних типів біосировини. Сьогодні піроліз вважають найбільш оптимальним методом, який забезпечує унікальну економічну перевагу завдяки низькій вартості, безперервності виробничих процесів і різноманітності продуктів. Технологію активно вивчають і широко застосовують [9, с. 593] у піролізерах із киплячим шаром, піролізаторах із обертовим конусом, шнекових піролізаторах тощо.

Одержання біовугілля піролізом передбачає три етапи. Перший етап – це попередній піроліз (температура до 200 °С; випаровуються вода, легкі леткі речовини, руйнуються зв'язки з утворенням гідропероксидів, карбонільних та карбоксильних груп. Другий етап ($T \sim 200 \div 500$ °С) передбачає

швидке випаровування з розкладанням геміцелюлози та целюлози [17, с. 1395]. Останньою стадією (вище ніж 500 °С) є деградація лігніну та інших органічних речовин із сильнішими хімічними зв'язками. Доведено кореляційний зв'язок між підвищенням температури піролізу та зміною фізико-хімічних властивостей біовугілля, зокрема збільшенням площі поверхні, карбонізованих фракцій, рН і летких речовин, проте певне зниження катіонообмінної здатності та вмісту поверхневих функціональних груп [22, с. 422; 36, с. 197].

Результати дослідження [32, с. 12961] показують, що під час піролізу за температури, нижчої ніж 500 °С, біомаса переважно перетворюється на поліциклічні ароматичні та низькомолекулярні сполуки, а за підвищення температури (більше ніж 600 °С) – на неконденсовані гази, схожі на піролізні, а також піролізні масла та залишки біовугілля. Проте згідно з дослідженнями [9, с. 591], лігнін за нижчих температур (≥ 50 °С) не перетворюється на гідрофобні поліциклічні ароматичні вуглеводні, а біовугілля стає більш гідрофільним. За температур вище ніж 650 °С біовугілля є термічно стабільним і стає більш гідрофобним. Зростання ароматичності структури зі збільшенням температури піролізу підвищує стійкість до мікробного розкладання [4, с. 807]. Доведено також [15, с. 124–375], що високий вміст лігніну в сировині призводить до більшого утворення біовугілля.

Різноманітні результати досліджень можуть апроксимуватися типом сировини біомаси, швидкістю нагрівання та температурою піролізу, а також за використання каталізаторів.

Системи піролітичної полігенерації біомаси забезпечують ширший спектр комерційних продуктів за незначну вартість та здатні перетворювати біомасу відходів у різноманітні комерційні продукти (рис. 2), включно з піролізним газом, біонафтою (біомасло) та біовугіллям [10, с. 4; 27, с. 599; 35, с. 112–963].



Рис. 2. Продукти конверсії біомаси

Піролізний газ можна використати безпосередньо як біометан після очищення [22, с. 11765], а біонафту також як засіб проти обмерзання та очищення, адже вона містить високу концентрацію органічних сполук [19, с. 30]. Біовугілля широко використовують як сільськогосподарське добриво завдяки функціональним групам та важливим біоелементам [14, с. 582], а також його здатності ефективно покращувати рН ґрунту, перешкоджаючи поглинанню важких металів, що слід використовувати для ремедіації екосистем [40, с. 105–152].

Досліджено піроліз азотовмісної біомаси [41, с. 162217] для вивчення характеристик біопалива, розгляду міграції сполук нітрогену під час піролізу, перспектив застосування та унікальності переваг легованих азотом карбоновмісних матеріалів для каталізу, адсорбції та зберігання енергії, а також їхню доцільність у виробництві нітрогеновмісних хімікатів (ацетонітрилу та азотних гетероциклічних сполук).

Біовугілля, отримане з рослинної сировини, часто має низький вміст поживних речовин, що можна пояснити втратами нітрогену під час піролізу, а також низьким початковим вмістом і складом золи, яка переважно складається з SiO_2 і CaO . Однак вміст нітрогену, як правило, досягає максимуму в діапазоні температур від 300 до 400 °С через наявність гетероциклічних N-сполук [8, с. 424]. Унаслідок випаровування знижується вміст фосфору в біомасі за дещо вищих температур (760 °С). Незважаючи на це, проведення піролізу за інших температурних діапазонів може сприяти накопиченню поживних речовин у біовугіллі [42, с. 143658; 8, с. 422; 19, с. 189].

Дослідження стабільності біовугілля, отриманого при спільному копіролізі соломи злакових та відходів вугільної шахти при 300, 450 та 600 °С, переконало у підвищенні показників його термічної та хімічної стабільності на 1,16 %–8,25 % та 39,17 %–68,36 % відповідно [11, с. 14].

Активування та структурні особливості модифікованого біовугілля. Попередні спроби модифікування були зроблені із застосуванням: а) фізичних модифікацій з активацією парою і очищенням газом; б) магнітної обробки та синтезу магніточутливих адсорбентів для видалення як катіонних, так і аніонних забруднень [7, с. 20; 28]; в) методів просочення, включно з мінеральними оксидами, а також хімічної модифікації кислотами, основами, органічними розчинниками або поверхнево-активними речовинами [6, с. 1158944; 5, с. 421].

Хімічна активація може бути дешевим і простим способом орієнтованих змін поверхні та сорбційних властивостей біовугілля і може призвести до отримання продукту, націленого на бажані механізми взаємодії в ґрунті, наприклад, шляхом комплексоутворення, поверхневої фізичної адсорбції, донорно-акцепторного механізму, сил Ван-дер-Ваальса та π - π -взаємодій – залежно від типу забруднювальних речовин [6, с. 115–895].

Хімічне окислення агросировини означає поверхневе окислення біовугілля до ескалації кисневмісних функціональних груп. При цьому розмір і структура пор біовугілля змінюються, а його адсорбційна здатність для полярного адсорбату – посилюється [33, с. 16]. Окиснювачами, які часто вводять для зміни природи біовугілля, є HCl , HNO_3 , H_2O_2 та H_3PO_4 [24, с. 370; 26, с. 143137].

Біовугілля містить велику кількість поверхневих оксигеновмісних ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, фенольних тощо) та інших функціональних груп у целюлозній матриці, або в матеріалах, пов'язаних із целюлозою, таких як геміцелюлоза та лігнін [13, с. 18]. Функціональні групи здатні підвищувати гідрофільність поверхні біовугілля, його катіонообмінні властивості та здатні перетворюватися на життєво важливі джерела енергії (речовини) на основі карбону [29, с. 167–172; 42, с. 143–658].

Біовугілля, одержане шляхом піролізу біомаси при температурах $400 \div 600^\circ\text{C}$, має меншу площу поверхні, але крім карбону ($\sim 60\%$) все ще містить значну кількість функціональних груп і різноманітних біогенних елементів (O, N, P, S, Ca, Mg і K). Численні дослідження [31, с. 371; 35, с. 112–959] показали, що ємність катіонного обміну біовугілля зменшується зі збільшенням температури піролізу.

Різні фізико-хімічні властивості біовугілля дозволяють використовувати його як біоадсорбент, каталізатор, засіб для зберігання енергії тощо. Зокрема, його змінна пористість і функціональність поверхні роблять його універсальною платформою для вирощування різних додаткових функціональних матеріалів [26, с. 26; 34, с. 248].

У літературних джерелах трапляється суперечлива інформація про вплив модифікаторів на фізико-хімічні властивості вуглецевих матеріалів, зокрема біовугілля: з одного боку, вказують на відсутність ефекту, або погіршення властивостей після модифікації, тоді як інші дослідження – на покращення тих же властивостей [4, с. 115–894; 11, с. 581].

Механізми впливу біовугілля на ґрунти. Одним із потужних напрямків використання піро-

лізованих відходів аграрного виробництва є покращання властивостей ґрунтів. Загалом у більшості досліджень відображено позитивні тенденції застосування біовугілля у формі модифікаторів ґрунтових систем, що покращують їхні властивості та продуктивність, знижуючи емісію парникових газів та інших поллютантів.

Біовугілля потенційно є альтернативою спалюванню органічних залишків у присадибних ділянках, запобігаючи втратам біоти та фауни в екосистемах, поживних речовин із ґрунтів, одночасно підвищуючи їхню родючість.

Аналіз хімічного складу та фізичних властивостей золи з відходів деревини та рослин, у тому числі бур'янів, дає змогу визначити її оптимальне застосування як добрив, оскільки вона містить багато біогенних елементів [29, с. 167–173]. Так, зола, отримана із соломи, яка містить багато кальцію та калію та фосфору, придатна для створення калійних та фосфорно-калійних добрив, підвищуючи рівень рН кислих ґрунтів [14, с. 582].

У науковій літературі виокремлено чотири основні типи лужності біовугілля: з поверхневими органічними функціональними групами (як спряжені основи), розчинні органічні сполуки (також спряжені основи слабких кислот), карбонати та луи (неорганічні оксиди, гідроксиди, сульфати, сульфіді, ортофосфати) [32, с. 1771]. Кожна з цих груп по-різному впливатиме на рН ґрунтів. Якщо розчинні форми забезпечують швидке зниження кислотності, то поверхневі органічні групи здійснюють довготривале буферування рН та катіонний обмін у середовищі ґрунтів [31, с. 370].

Результати інфрачервоної та рентгенівської спектроскопії доводять, що окси- та нітрогеновмісні групи на поверхні синтезованого біочару відіграють помітну роль в адсорбції важких металів через утворення хелатного комплексу з мультилігандом [40, с. 162–215].

Додавання біовугілля до ґрунту покращує виробництво біомаси, збільшуючи продуктивність культур та змінюючи властивості (покращує якість) ґрунту, такі як мікробіом, органічний вуглець, катіонний обмін, вологоутримувальна здатність та утримання поживних речовин. Дослідження показують, що біовугілля сприяє кращій доступності поживних речовин, проростанню, росту пагонів і коренів, а також виживанню рослин [38, с. 107532; 20, с. 142102] внаслідок дії поллютантів, зокрема важких металів та органічних токсикантів.

Згідно з дослідженнями максимальної ємності (перша адсорбція) біовугільного сорбента з кукурудзяної целюлози за одночасного видалення

адсорбованих на біовугіллі іонів важких металів (Pb^{2+} , Cu^{2+} і Zn^{2+}), та порівнянням його характеристик з іншими технічними адсорбентами, виготовлений сорбент має хороші адсорбційні характеристики [43, с. 104142]. Ємність усіх трьох іонів металів, адсорбованих на зазначеному біочарі, була набагато вищою, ніж для інших неорганічних адсорбентів (зокрема для нанодропу TiO_2 , Fe -гідротальциту і цеоліту, покритого залізом). Адсорбційна здатність, розрахована за допомогою моделі ізотерми Ленгмюра, становила 59,10 мг/г для Cu^{2+} , 68,92 мг/г для Pb^{2+} і 60,79 мг/г для Zn^{2+} , що дещо перевищувало експериментальні дані внаслідок конкуренції між іонами металів під час процесу гібридної за природою адсорбції [33, с. 4530; 43, с. 104143].

Незважаючи на відому здатність біовугілля підвищувати та стабілізувати рН ґрунту, залишається багато невідомого щодо природи його лужних компонентів, впливу вихідної сировини та умов виробництва на лужність, а також її мінливість [40, с. 105–152]. Для подальших досліджень впливу біовугілля на рН ґрунту необхідне глибше розуміння механізмів взаємодії його лужних складових із ґрунтом.

Хоча біовугілля має численні переваги, його широке застосування для покращення ґрунту та управління довкіллям стикається з певними перешкодами та обмеженнями: залежність ефективності від типу ґрунту та клімату [12, с. 114528; 38, с. 107532], висока вартість виробництва, потенційні екологічні ризики викидів токсинів та потреба в подальших дослідженнях довгострокових наслідків. Вирішення таких питань важливе для повної реалізації потенціалу біовугілля.

Висновки. Аналіз наукових публікацій показує, що біовугілля можна отримувати з різноманітної сировини та технологічних особливостей. Властивості кінцевого продукту можна змінювати, контролюючи ці параметри та застосовуючи підходи для надання біовугіллю бажаних функціональних характеристик. Це дозволяє виробляти біовугілля з характеристиками, адаптованими до конкретних потреб.

Потенційними шляхами вирішення проблем використання піролізованої біомаси з відходів аграрного виробництва є необхідність проведення подальших наукових досліджень з біовугіллями на основі різних видів біовідходів, розвитку інфраструктури та розробки відповідної нормативно-правової бази та політики щодо управління відходами.

Бібліографічний список

1. Брунеткін В. О., Давидов В. О., Тарахтій О. С. Дослідження термохімічної конверсії органічних речовин з використанням рівноважної моделі. *Вісник Херсонського НТУ. Інженерні науки*. 2023. № 2 (85). С. 9–19. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.2.1>
2. Коріненко Б. В. та ін. Циркулярна економіка та термохімічна конверсія твердих відходів. *Вісник ВПІ*. 2021. № 4. С. 7–19. <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2652>
3. Abdi O., Kazemi M. A review study of biosorption of heavy metals and comparison between different biosorbents. *J. Mater. Environ. Sci.*, 2015. Vol. 6 (5). P. 1386–1399.
4. Ali N. et al. Biochars reduced the bioaccessibility and (bio)uptake of organochlorine pesticides and changed the microbial community dynamics in agricultural soils. *Chemosphere*. 2019. Vol. 224. P. 805–815. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.163>
5. Alkharabsheh H. M. et al. Biochar and its broad impacts in soil quality and fertility, nutrient leaching and crop productivity: a review. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. № 5. . 993. 10.3390/AGRONOMY11050993
6. Boguta P. et al. Chemically engineered biochar – Effect of concentration and type of modifier on sorption and structural properties of biochar from wood waste. *Fuel*. 2019. Vol. 256. № 15. P. 115893. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115893>
7. Bordun I. Structural and Magnetic Properties of Ni/C Composites Synthesized from Beet Pulp and Corn Stems. *Magnetochemistry*. 2021. Vol. 7 (3). 31 p. DOI: 10.3390/magnetochemistry7030031
8. Cantrell K. B. et al. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresource Technology*. 2012. Vol. 107. P. 419–428.
9. Czemik. S., Bridgewater, A. V. Overview of Applications of Biomass Fast Pyrolysis. *Energy Fuels*. 2004. Vol. 18. P. 590–598.
10. Chen D., Liu W., Wang Y. Effect of biochar aging on the adsorption and stabilization of Pb in soil. *Journal Soils Sediments*. 2022. Vol. 22. No 1. P. 56–66. 10.1007/s11368-021-03059-x
11. Chen M., Sun Y., Peng Y. Effect of low-carbon coal gangue on the stability and dissolved organic matter characteristics of co-pyrolysis biochar: insights on pyrolysis temperatures and minerals. *Carbon Res*. 2025. Vol. 4. № 19. 14 p. <https://doi.org/10.1007/s44246-024-00186-1>
12. Choudhary Payal et al. Exploring invasive weed biochar as soil amendment: A study on fodder oats productivity and soil biological properties. *Environmental Research*. 2023. Vol. 216. (2) 1. P. 114527. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114527>
13. Couto N. Influence of the Biomass Gasification Processes on the Final Composition of Syngas: [Text]. *Energy Procedia*. 2013. Vol. 36. P. 596–606. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.068>
14. Dai Z., Zhang X., Tang C. Potential role of biochars in decreasing soil acidification: a critical review. *Sci. Total Environmental*. 2017. Vol. 601. No 1. P. 581–582. 10.1016/j.scitotenv.2016.12.169

15. Das S. K., Ghosh G. K., Avasthe R. Morpho-mineralogical exploration of crop, weed and tree derived biochar. *J. Hazard. Mater.* 2020. Vol. 407. No 7. P. 124370. 10.1016/j.jhazmat.2020.124370
16. Fang J. et al. Minireview of potential applications of hydrochar derived from hydrothermal carbonization of biomass: *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2018. Vol. 57. No 25. P. 15–21.
17. González P. G. Activated carbon from lignocellulosics precursors: A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications. *Citation Data Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82. P. 1393–1414.
18. Gheewala S. H. et al. Sustainability assessment of palm oil-based refinery systems for food, fuel, and chemicals. *Biofuel Research Journal*. 2022. Vol. 36. P. 1750–1763. DOI: 10.18331/BRJ2022.9.4.5
19. Ippolito J. et al. Designer, acidic biochar influences calcareous soil characteristics. *Chemosphere*. 2016. Vol. 142. P. 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.05.092>
20. Kapoor T. R., Zdarta J. Fabrication of engineered biochar for remediation of toxic contaminants in soil matrices and soil valorization. *Chemosphere*. 2024. Vol. 358. P. 142101. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142101>
21. Hong Yu. et al. Innovative use of silvichemical biomass and its derivatives for heavy metal sorption from wastewater. *Int. J. Environment and Pollution*. 2008. Vol. 34. No 1–4. P. 427–450.
22. Keri B. et al. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresource Technology*. 2012. Vol. 107. P. 419–428. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.11.084>
23. Leng Lijian et al. Biochar stability assessment methods: a review. *Bioproducts and Biosystems Engineering: review article. Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 647. P. 210–222 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.402>
24. Lyons Cerón A. Effect of Woody Biomass Gasification Process Conditions on the Composition of the Producer Gas [Text]. Special Issue Selected Papers from the 9th European Conference on Renewable Energy Systems (ECRES2021). Sustainability, 2021. Vol. 13, No 21. P. 11763.
25. Marathe S., Sadowski Ł. Developments in biochar incorporated geopolymers and alkali activated materials: a review. *Journal of Cleaner Product*. 2024. Vol. 469. P. 143136. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143136>
26. Miao Z. and Zixin P. Porous carbon materials with different dimensions and their applications in supercapacitors. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2024. Vol. 57, No 43. 26 p. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024JPhD...57Q3001Z/abstract>
27. Nuno Couto et al. Influence of the Biomass Gasification Processes on the Final Composition of Syngas. *Energy Procedia*. 2013. Vol. 36. P. 596–606.
28. Qiu M. et al. Biochar for the removal of contaminants from soil and water: a review. *Biochar*. 2022. Vol. 4, 19. <https://doi.org/10.1007/s42773-022-00146-1>
29. Ranjeet Kumar Mishra, Kaustubha Mohanty. A review of the next-generation biochar production from waste biomass for material applications. *Science of The Total Environment*. 2023. Vol. 904, No 15. P. 167171. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167171>
30. Resego Phiri, Sanjay Mavinkere Rangappa, Suchart Siengchin. Agro-waste for renewable and sustainable green production: a review. *Journal of Cleaner Production*. 2024. Vol. 434, No 1. P. 139989. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139989>
31. Rivka B. et al. Characterization and quantification of biochar alkalinity. *Chemosphere*. 2017. Vol. 167. P. 367–373. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.09.151>
32. Singh B. P., Cowie A. L., Smernik R. J. Biochar carbon stability in a clayey soil as a function of feedstock and pyrolysis temperature. *Environmental Science and Technology*. 2012. Vol. 46, No 21. P. 1770–1778. 10.1021/es302545b
33. Shahbazi R., Behbahani, F. K. Synthesis, modifications, and applications of iron-based nanoparticles. *Mol. Divers*. 2024. Vol. 28. P. 4515–4552. <https://doi.org/10.1007/s11030-023-10801-9>
34. Shahzadi T. et al. Advances in lignocellulosic biotechnology: A brief review on lignocellulosic biomass and cellulases. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2014. Vol. 5, No 3. P. 246–251. DOI: 10.4236/abb.2014.53031
35. Song G. et al. Quality of gaseous biofuels: Statistical assessment and guidance on production technologies. *Renew Sustain Energy Rev*. 2022. Vol. 169. P. 112959.
36. Tomczyk A., Sokolowska Z., Boguta P. Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 2020. Vol. 19. P. 191–215. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3>
37. Tran H. et al. Removal of various contaminants from water by renewable lignocellulose-derived biosorbents: *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2019. P. 2155–2219.
38. Waheed A. et al. Biochar in sustainable agriculture and Climate Mitigation: Mechanisms, challenges, and applications in the circular bioeconomy. *Biomass and Bioenerg*. 2025. Vol. 193. P. 107531. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107531>
39. Wang J. and Chen. C. Biosorption of Heavy Metals by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology Advances*. 2006. Vol. 24. P. 427–451. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.03.001>
40. Xingxiu Huang et al. Combined resource utilization of ash from biomass power generation and wheat straw biochar for soil remediation. *Applied Soil Ecology*. 2024. Vol. 193. P. 105150.
41. Xiong J. et. al. Research progress on pyrolysis of nitrogen-containing biomass for fuels, materials, and chemicals production. *The Science of The Total Environment*. 2023. Vol. 872 (3). P.162214. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162214
42. Yang Lu. et al. Effects of biochar addition on the abundance, speciation, availability, and leaching loss of soil phosphorus. *Science of The Total Environment*. 2021. Vol. 758, No 1. P. 143657.
43. Zhao D. et al. Recycling corn stalks as an effective biosorbent for heavy metal removal from wastewater: Investigation on the adsorption performance and mechanism. *Environmental Technology & Innovation*. 2025. Vol. 38. P. 104140. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104140>

Стаття надійшла 13.01.2025

УДК 574.1:630*27(477.83)

РОЛЬ ПРИРОДООРІЄНТОВАНИХ ЕКОРЕКРЕАЦІЙНИХ ПРАКТИК У ЗБЕРЕЖЕННІ ЕКОТУРИСТИЧНОГО ТА БІОТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ НПП «БОЙКІВЩИНА»

Ю. Жилищич¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-0413-9096

Б. Кректун^{1,2}, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-0224-8144

Г. Візінгер³, проф., PhD.

ORCID ID: 0000-0003-2633-2129

П. Хірівський¹, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-7246-9260

І. Саламаха¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-9089-5036

Н. Панас¹, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0003-3737-6338

О. Германович¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0009-0003-7846-4251

Ю. Корінець¹, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-8920-3186

Львівський національний університет природокористування¹

Львівський національний університет імені Івана Франка²

*Федеральний інститут аграрної економіки, досліджень сільських
та гірських територій, Відень Австрія³*

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.044>

Жилищич Ю., Кректун Б., Візінгер Г., Хірівський П., Саламаха І., Панас Н., Германович О., Корінець Ю. Роль природоорієнтованих екорекреаційних практик у збереженні екотуристичного та біотичного потенціалу НПП «Бойківщина»

Встановлено, що в умовах посилення антропогенного навантаження та кліматичних змін національні природні парки набувають стратегічного значення для підтримки екологічної рівноваги, збереження біорізноманіття і охорони унікальних природних комплексів, формування екологічної свідомості населення, сприяють розвитку екологічної рекреації, виконують соціально-реабілітаційні функції. НПП «Бойківщина» відіграє важливу роль як багатофункціональний природоохоронний осередок, простір для екотуризму, лісотерапії, гідротерапії та соціальної реабілітації. Природні екосистеми парку характерні розмаїттям біотичних ресурсів: понад 1000 видів тварин, серед яких рідкісні хижаки, і понад 700 видів судинних рослин, включно з 32 червонокнижними. Лісові масиви та природні води гірських річок та джерел мають значний оздоровчий потенціал. Підтверджено позитивний вплив природних ландшафтів на психоемоційний стан людини. Проаналізовано можливі шляхи розвитку сенсорних оздоровчих методологій, в основі яких лежить використання флористичного середовища парку, як складова лісотерапевтичних практик. Показано, що в екоосвітній діяльності НПП «Бойківщина» застосовуються елементи лісової педагогіки та екологічної просвіти, зокрема через розвиток мережі тематичних екостежок, проведення інтерактивних занять, мастер-класів, екологічних уроків та акцій.

Розкрито перспективи інтеграції парку у процеси сталого розвитку регіону, соціальної адаптації постраждалих від війни, а також упровадження європейських практик Green Care та природоорієнтованих Wellness spa. Підкреслено необхідність подальшої міждисциплінарної співпраці науковців, екологів та місцевих громад задля ефективного використання рекреаційного і природоохоронного потенціалу парку.

Ключові слова: національний природний парк, біорізноманіття, екологічна рекреація, лісотерапія, соціальна реабілітація.

Zhylishchych Yu., Krektun B., Wiesinger G., Khirivskiy P., Salamakha I., Panas N., Hermanovych O., Korinetes Yu. Nature-oriented eco-recreational practices as a tool for sustaining the ecotourism and biotic potential of Boikivshchyna National Park

The conducted research confirms that under increasing anthropogenic pressure and climate change, national nature parks acquire strategic importance in maintaining ecological balance, conserving biodiversity and unique natural complexes,

shaping environmental awareness, supporting the development of ecological recreation, and fulfilling socio-rehabilitation functions. The Boikivshchyna National Nature Park plays a significant role as a multifunctional nature conservation area and a space for ecotourism, forest therapy, hydrotherapy, and social rehabilitation. The park's ecosystems are distinguished by the richness of their biotic resources, with over 1,000 animal species, including rare predators, and more than 700 vascular plant species, 32 of which are listed in the Red Book of Ukraine. Forest landscapes and natural waters of mountain rivers and springs possess substantial therapeutic potential. The research has confirmed the positive impact of natural landscapes on the psycho-emotional state of individuals. The article analyzes the prospects for developing sensory-based wellness methodologies founded on the use of the park's floristic environment as a component of forest therapy practices. Additionally, it is shown that Boikivshchyna NNP applies elements of forest pedagogy and environmental education, particularly through the development of thematic ecological trails, interactive lessons, workshops, environmental classes, and community campaigns.

The article outlines the potential for the park's integration into regional sustainable development processes, social adaptation of war-affected populations, and the implementation of European Green Care practices and nature-based wellness spa concepts. The need for continued interdisciplinary collaboration among scientists, ecologists, and local communities is emphasized to ensure effective use of the park's recreational and conservation potential.

Keywords: national nature park, biodiversity, ecological recreation, forest therapy, social rehabilitation.

Постановка проблеми. Збереження біорізноманіття – одне із ключових завдань глобальної та національної екологічної політики, оскільки природні екосистеми забезпечують широкий спектр екосистемних послуг – регулювання клімату, підтримку водного балансу, збереження родючості ґрунтів, очищення повітря та води, а також формування стійких ландшафтів, середовище для рекреації та оздоровлення [1; 7; 11]. Як наслідок, підвищення рівня антропогенного навантаження та змін клімату суттєвої трансформації зазнають природоохоронні та соціальні функції національних природних парків (НПП). У сучасних умовах НПП відіграють критично важливу роль не тільки у підтриманні екологічної рівноваги, охороні унікальних видів рослинного і тваринного світу, а й у екотуристичній діяльності, рекреації та реабілітації постраждалого внаслідок війни населення [1; 7].

НПП «Бойківщина», розташований у гірському регіоні, є природоохоронним осередком, основними функціями якого (відповідно до «Положення про національний природний парк «Бойківщина»» (наказ № 492 від 11.07.2023) є збереження генетичного, видового і ландшафтного різноманіття Українських Карпат, інших природних комплексів і об'єктів, що мають важливе природоохоронне, наукове, естетичне, рекреаційне та оздоровче значення. Лісові екосистеми парку відіграють важливу роль у збереженні карбонового балансу, регулюванні температурного режиму та пом'якшенні наслідків екстремальних погодних явищ. Біологічне різноманіття парку є основою для формування стійких екосистем, що забезпечують високу екологічну продуктивність і підтримують численні екологічні взаємозв'язки [3; 7; 8; 14].

Окрім природоохоронної місії НПП «Бойківщина», метою діяльності парку є розвиток екологічної освіти та рекреації, що, у свою чергу,

сприяє зростанню рівня екологічної свідомості населення та залучення місцевих громад до природоохоронної діяльності [2; 10]. Однак, з огляду на те, що парк було створено напередодні повномасштабного російського вторгнення, а також зважаючи на сучасні виклики у сфері рекреації та екологічної освіти в країні, постає потреба в пошуку нових підходів до вирішення проблем, спричинених війною.

У сучасних умовах національні парки можуть слугувати просторами для соціальної адаптації, психологічного відновлення та реабілітації населення, яке зазнало впливу воєнних дій. Біорізноманіття та екосистемні послуги, які надає НПП «Бойківщина», є не лише основою природної рівноваги, а й важливим ресурсом для збереження здоров'я та добробуту людей. На особливу увагу заслуговує використання природних ресурсів з метою рекреації, що ґрунтуються на унікальних властивостях місцевих екосистем [1; 3].

З огляду на це, нашою метою був аналіз можливих напрямків застосування природоорієнтованих екорекреаційних практик у Національному природному парку «Бойківщина» в контексті збереження екотуристичного та біотичного потенціалу, формування екологічної свідомості та реалізації соціальної місії установи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Національні природні парки України відіграють ключову роль у збереженні біорізноманіття, наданні екосистемних послуг, підтримці здоров'я населення та сталого розвитку громад [3; 16]. Аналіз новітніх досліджень і публікацій засвідчує, що останнім часом особливої ваги набувають комплексні суспільно орієнтовані функції національних природних парків: від екологічної та освітньої діяльності до реабілітаційних і соці-

альних ініціатив. У цьому плані особливого значення набуває реалізація програм з екологічної рекреації, метою яких є сприяння фізичному та психічному відновленню здоров'я населення. В Україні вже існують перші успішні приклади таких підходів, однак їхнє подальше поширення потребує більшої уваги з боку науковців, екологів та органів влади. У сучасних умовах воєнного стану їхнє значення набуває ще більшого масштабу, адже вони виконують реабілітаційні функції, сприяючи екологічному та соціальному відновленню країни [1; 2; 13].

В українському контексті важливе місце посідає лісова педагогіка, концепція якої детально описана у Загальноєвропейській стратегії з лісової педагогіки [5; 6; 9; 14]. Ця методологія орієнтована на активне навчання та використання сенсорного сприйняття (зір, слух, дотик, смак), що сприяє не лише здобуттю знань про природу, а й розвитку екологічної свідомості [6; 12; 13]. У НПП «Бойківщина» вже здійснюються перші кроки у впровадженні цих практик, що підтверджено дослідженнями у сфері екологічної освіти та природотерапії [5; 10; 13].

Наукові публікації свідчать про значний позитивний вплив лісових і природних ландшафтів на фізичне та психічне здоров'я людини [3; 16]. У Японії популярна практика «лісових купань» (Shinrin-yoku), яка сприяє зниженню рівня кортизолу, покращанню серцево-судинної системи та загальному зміцненню імунітету. Європейські дослідження підтверджують ефективність таких методик у контексті психосоціальної реабілітації. В Україні існує потенціал для розвитку подібних практик, зокрема в Карпатському регіоні, де є багатий природний потенціал для реалізації програм лісотерапії та природних реабілітаційних методів [4; 8; 12].

В Україні природні ресурси лісових екосистем дедалі частіше використовують для соціальної та фізичної реабілітації різних груп населення. Західний реабілітаційно-спортивний центр Національного параолімпійського комітету України на Турківщині – яскравий приклад інтеграції природних ресурсів у систему реабілітації. Цей центр застосовує природні чинники для фізичного відновлення людей з інвалідністю, ветеранів, військових та інших осіб, які потребують особливої уваги. Аналогічний підхід використовується в багатьох європейських країнах, де національні парки виконують функції рекреаційних просторів для ветеранів бойових дій [1; 3; 16].

Останні наукові дослідження підтверджують, що природоохоронні території – важливі осередки

екологічної стабільності та соціальної інтеграції [2; 3]. У Європі та США активно розвивається концепція «зеленого догляду» (Green Care), яка передбачає використання природних територій для терапевтичних і реабілітаційних цілей [3; 16]. За даними Європейської мережі Green Care, такі підходи вже впроваджені в багатьох країнах, зокрема у Німеччині, Швеції та Великій Британії, де природні парки використовують для медичної, психологічної та соціальної реабілітації різних груп населення [3; 16].

Під час воєнного стану національні природні парки стали не лише осередками збереження природи, а й центрами гуманітарної допомоги та соціальної підтримки. Згідно з останніми даними, багато парків приймають внутрішньо переміщених осіб, надаючи їм тимчасове житло та соціальну допомогу. Крім того, співробітники парків активно залучені до волонтерської діяльності, що посилює їхню роль у суспільстві [3].

Постановка завдання. Наше завдання – дослідити екологічний потенціал Національного природного парку «Бойківщина» аналізом його природних ресурсів, біорізноманіття та рекреаційних можливостей; оцінити вплив природоорієнтованих екорекреаційних практик на збереження екотуристичного та біотичного потенціалу парку; визначити перспективи їхнього застосування для формування екологічної свідомості, розвитку сталого туризму та реалізації соціальної місії НПП.

Методи дослідження. Проаналізовано науково-технічну звітність за період діяльності парку, зокрема щодо проведення еколого-освітніх заходів. З метою розробки лісотерапевтичних активностей проведено польові дослідження на екотуристичних маршрутах, вивчено показники психоемоційного та сенсорного впливу аудіовізуального середовища парку на показники туристичної привабливості природних екосистем парку. Застосовано комплекс наукових методів аналізу та синтезу, порівняльного зіставлення, логічного узагальнення й аналогій, у поєднанні з монографічними дослідженнями та графоаналітичними методами, що забезпечило комплексний підхід до вивчення об'єкта дослідження.

Виклад основного матеріалу. Національний природний парк «Бойківщина» створено з метою збереження унікальних високогірних екосистем Бескидського масиву та лісових природних комплексів Вододільно-Верховинського хребта. Проект парку, розроблений Інститутом екології Карпат НАН України у 2013–2014 роках, перед-

бачав інтеграцію природоохоронних територій загальнодержавного та місцевого значення [13].

До складу парку увійшли ландшафтні заказники – загальнодержавного значення «Пікуй», та місцевого значення «Либохорівський», а також регіональний ландшафтний парк «Надсянський» та водно-болотного угіддя міжнародного значення – болота «Надсяння» (Рамсарське угіддя № 2392).

НПП «Бойківщина» підпорядковане Державному агентству лісових ресурсів України. Основні функції парку охоплюють охорону природних і культурних комплексів, моніторинг біорізноманіття, розвиток екологічного туризму, наукові дослідження та просвітницьку діяльність. Управлінська структура охоплює чотири лісництва: Либохорівське, Міжгірське, Сянківське та Яблунське.

У межах НПП «Бойківщина» зафіксовано 1043 види тварин (Animalia), що належать до 179 родин, 49 рядів, 10 класів і 3 типів. Оскільки дослідження фауни парку перебуває на початковому етапі, таксономічне вивчення різних груп тварин нерівномірне [10]. Найбільш детально

досліджені представники типу Хордові (Chordata), зокрема хребетні тварини (Vertebrata), яких тут відомо 215 видів, що належать до 75 родин, 31 ряду та 5 класів [10]. Найчисленнішою групою є птахи (Aves) – 123 види, натомість найменш представлені плазуни (Reptilia), яких виявлено лише п'ять видів. На території парку мешкають бурі ведмеді, рисі, видри, що свідчить про належний стан природних екосистем регіону [10] (рис.).

На території парку виявлено понад 700 видів вищих судинних рослин, серед яких 32 види занесені до Червоної книги України. Лісові масиви представлені ялицево-буковими, буковими та ялиновими фітоценозами, які активно виділяють фітонциди – природні антисептики, що сприяють очищенню повітря, мають протизапальні та імунomodуючі властивості. Чисте гірське повітря з високим вмістом фітонцидів позитивно впливає на дихальну систему, а висока концентрація негативно заряджених іонів сприяє зменшенню рівня стресу та втоми. Особливо цінними є 500 га старовікових лісів, які формують мікроклімат та є осередком природного біорізноманіття.

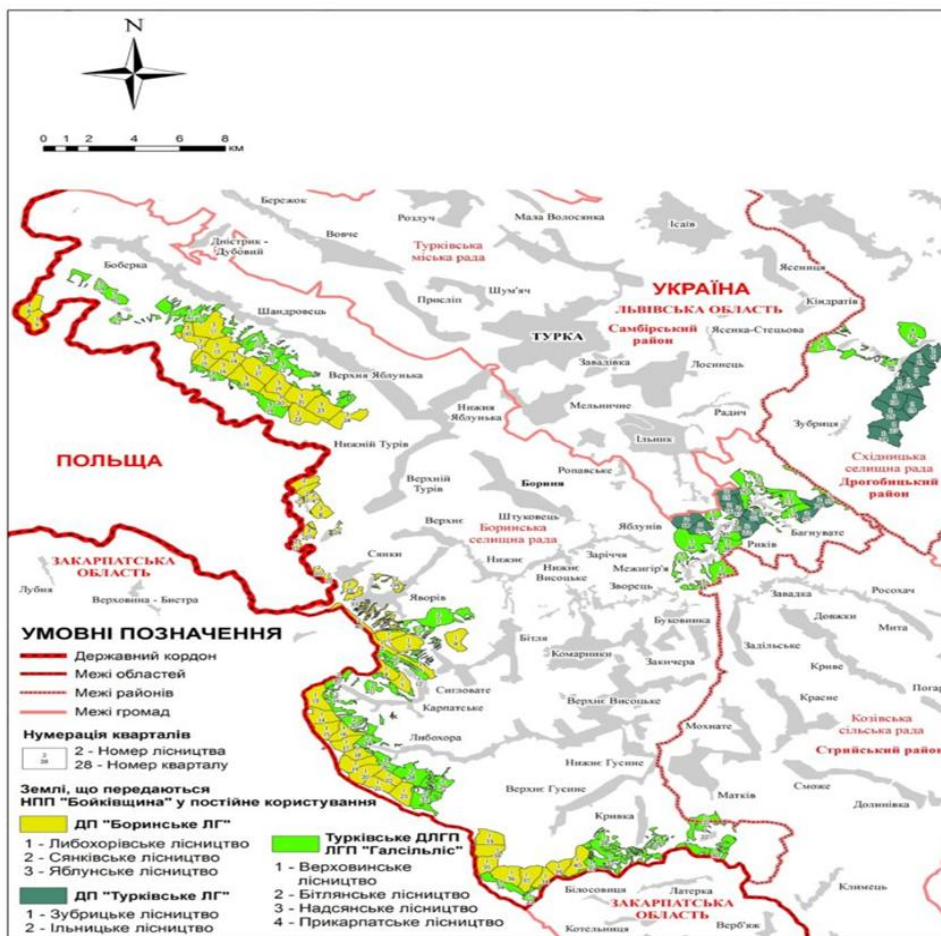


Рис. Схематичне розташування земель НПП «Бойківщина» [5]

Гідрологічна особливість території НПП «Бойківщина» – розташування його водотоків у межах водозборів Балтійського та Чорного морів. На території парку є комплексна пам'ятка природи «Витік р. Дністер» (54 га), розташована між селами Вовче, Розлуч і Шумяч. Басейн річки Сян охоплює західну частину національного парку та належить до Балтійського басейну, тоді як річки сточища Стрия входять до Чорноморського басейну. Притоками р. Стрий у межах Турківщини є ціла група малих річок, а саме Сможанка, Гуснянка, Либохора, Гнила, Завадка, Яблунька, Ясінка та інші. Через територію парку проходить Головний європейський вододіл, що тягнеться від Ужогоцького перевалу до українсько-польського кордону поблизу с. Боберка.

Водні ресурси парку відіграють важливу роль у розвитку гідротерапевтичних процедур. Гірські річки Сян і Стрий мають чисту воду з підвищеним рівнем мінералізації, що позитивно впливає на загартування організму, покращує кровообіг та зміцнює імунітет. Болото «Надсяння» – унікальна природна територія, що зберігає особливий мікроклімат із підвищеною вологістю та біологічно активними речовинами.

З метою популяризації регіону парк активно співпрацює з Управлінням туризму і курортів Львівської ОДА. Завдяки спільній ініціативі створено віртуальні мандрівки на гору Пікуй (1408 м). У межах парку облаштовано цілюще джерело «Гістьова вода» в с. Карпатське, де щорічно проводяться богослужіння.

Національний природний парк «Бойківщина» має винятковий природний потенціал для розвитку різних форм екологічної рекреації в умовах лісових екосистем та гірських територій. Його унікальні екосистеми формують сприятливе середовище для відпочинку, оздоровлення та реабілітації людей.

Для розвитку екотуризму в парку розроблена мережа екологічних стежок і маршрутів, зокрема:

- велосипедний маршрут «Прикордонна веломандрівка Беньова-Боберка» (35 км);
- інклюзивна стежка «Краєвиди Бескидів» (9 км);
- історично-краєзнавча стежка «Історичні та природні таємниці урочища Бабінець» (2 та 5 км);
- еколого-пізнавальна стежка «Як вирощують ліси» (2,8 км) [10];
- еколого-етнографічна стежка «Бойківська автентика біля підніжжя гори Пікуй» (27 км) [13].

Місцева об'єднана територіальна громада с. Бориня долучилася до облаштування еколого-краєзнавчої стежки в урочищі Бабінець, та оновлення надгробних хрестів воїнів УПА, встановлення пам'ятного знака.

Національний природний парк «Бойківщина» створений в Українських Карпатах відповідно до Указу Президента України від 11.04.2019 року № 130/2019 р. на площі 12240 га, яка охоплює лише землі лісового фонду. З огляду на це, лісові екосистеми НПП «Бойківщина» – важливі елементи неформальної екоосвіти з використанням засад лісової педагогіки для різних вікових груп [12; 13; 15]. Важлива складова лісової педагогіки – організація екологічної школи для дітей та молоді, які навчатимуть природоохоронних практик і гармонійному співіснуванню з довкіллям.

Аналіз екоосвітньої діяльності НПП «Бойківщина» засвідчив активний розвиток такого напрямку як лісова педагогіка. Протягом останніх років у парку започатковано інтерактивні заняття для дошкільнят і молодших школярів, що охоплюють читання екологічних казок, творчі майстер-класи та екоігри. Для учнів середнього та старшого шкільного віку організовуються екологічні уроки й акції, спрямовані на формування екологічної свідомості та відповідального ставлення до природи. А на базі парку проводяться такі тематичні заняття, як: «Мертва деревина – живий ліс», «Навіщо нам ліси?», «Первоцвіти – короткі миттєвості лісової краси», «Біорізноманіття лісових екосистем», «Зубр – володар лісу», «Чорний лелека – рідкісний птах лісових екосистем» [13]. Студенти профільних спеціальностей проходять практику в парку, беручи участь у розробці тематичних екостежок і здобуваючи практичні навички екопросвітницької діяльності. Для популяризації елементів лісової педагогіки проведені такі заходи із залученням дошкільнят і школярів, як екскурсії стежкою «Історичні та природні таємниці урочищ», акції «Нагодуй птахів взимку», «Бойківська зима» тощо. Впровадження навчальних програм для різних вікових груп, від екологічних екскурсій до спеціалізованих курсів, сприяє формуванню екологічної свідомості населення. Подібні практики спостерігаються у європейських країнах, зокрема в Німеччині та Австрії, де лісова педагогіка є складовою екологічної освіти.

Порівняно з іншими національними парками України, НПП «Бойківщина» має більш виражений акцент на інтеграцію місцевих громад у процеси

екологічного навчання та стійкого природокористування. Це проявляється в активній співпраці структур НПП «Бойківщина» з громадами через упровадження заходів із екологічної освіти та просвіти для населення, яке традиційно займається активним лісокористуванням.

Лісова терапія, або Shinrin-yoku, є ефективним методом оздоровлення, заснованим на взаємодії людини з природним середовищем. Лісові екосистеми Карпат, окрім оздоровчого потенціалу, дають змогу зануритися в середовище, в якому існували попередні покоління, які володіли ефективними механізмами співіснування в природній екосистемі. Для розвитку екологічної рекреації на території парку можуть бути створені «стежки здоров'я», які передбачають заняття медитацією, дихальними вправами та скандинавською ходьбою. Також доцільна організація кемпінгів і екотаборів, що сприятимуть покращенню психоемоційного стану відвідувачів.

Практичні аспекти реалізації лісової терапії в НПП «Бойківщина»

Для інтеграції лісової терапії в діяльність парку необхідно розробити спеціалізовані екологічні маршрути, які відповідатимуть різним терапевтичним цілям:

1. Маршрути релаксації – короткі прогулянки через лісові зони з високим фітонцидним впливом (букові, смерекові ліси).
2. Маршрути екотерапії – маршрути вздовж гірських річок та водоспадів для зниження рівня стресу та нормалізації дихальної активності.
3. Маршрути для соціальної взаємодії – адаптовані лісові стежки для групових занять, медитацій та комунікації.
4. Маршрути активного відновлення – пішохідні маршрути для ветеранів та осіб із психологічними травмами, що охоплюють елементи фізичної активності.

Для ефективного використання таких маршрутів важливо розвивати інфраструктуру природної реабілітації:

- Облаштування лісових рекреаційних зон із місцями для медитації та спокійного відпочинку;
- Використання екологічних арт-об'єктів та природних інсталяцій для стимуляції сенсорного сприйняття;
- Інтеграція освітніх програм для місцевих гідів та волонтерів, які дозволяють проводити терапевтичні групи.

Упровадження лісової терапії в діяльність парку сприяє його сталому розвитку та підви-

щенню його соціально-екологічної значущості. Очікувані позитивні наслідки передбачають:

- розширення туристичної привабливості парку за рахунок унікальних реабілітаційних програм;
- підвищення рівня екологічної освіти серед місцевих громад та відвідувачів;
- розвиток соціальних ініціатив та підтримку ветеранів через природну реабілітацію;
- збереження біорізноманіття за рахунок популяризації екологічної культури та відповідного туризму.

Отже, лісова терапія є не лише засобом оздоровлення, а й елементом соціальної реабілітації та екологічної освіти. НПП «Бойківщина» має всі необхідні природні, інфраструктурні та наукові передумови для розвитку цього напрямку, що сприятиме формуванню нової моделі гармонійної взаємодії людини з природою.

Особливу роль у соціальній адаптації та реабілітації населення відіграє концепція Green Care – природноорієнтованого догляду та терапії. На території парку можуть бути створені центри для реабілітації людей з особливими потребами, ветеранів, переміщених осіб. Важливим напрямком є розвиток агротуризму та психологічної реабілітації в умовах сільської місцевості, що передбачає залучення учасників програм до роботи в еко-фермах, збору лікарських трав та догляду за тваринами. Впровадження програм екотерапії сприятиме підтримці ментального здоров'я та боротьбі зі стресом.

Залучення місцевих громад до розвитку рекреаційних програм може реалізовуватися у таких напрямках:

- розвиток природоорієнтованих wellness-практик як оздоровчих технологій сфери гостинності та відновлення в умовах природного середовища;
- підтримка екотуристичних ініціатив – створення зелених садиб, організація гастротурів із місцевими продуктами, розвиток ремесел;
- освітні та екологічні майстер-класи – залучення місцевого населення до проведення тематичних заходів (збору лікарських трав, виготовлення еко-продукції, майстер-класів із традиційних бойківських ремесел);
- співпраця з науковцями для розвитку наукового туризму, екскурсій, а також популяризації природоохоронної діяльності.

У 2021 році, завдяки підтримці Франкфуртського зоологічного товариства, проведено

конкурс на створення екологічного підприємництва, переможець якого отримав обладнання для сушіння та пакування місцевої продукції. У 2023 році презентовано продукцію під брендом «Бойків дар».

У такий спосіб, завдяки розвитку туристичної інфраструктури, етно-екологічним ініціативам та підтримці екологічного підприємництва, НПП «Бойківщина» сприяє формуванню позитивного іміджу регіону, залученню місцевих громад до збереження природного середовища та демонструє потенціал національного природного парку як центру сталого розвитку.

Висновки. Національний природний парк «Бойківщина» виділяється серед інших природоохоронних територій регіону своїм унікальним біорізноманіттям, яке охоплює понад 700 видів рослин і 172 види хребетних тварин, зокрема 34 види, занесені до Червоної книги України. Його екосистеми, такі як букові та ялицеві праліси, верхові болота (зокрема Рамсарське угіддя «Болото Надсяння»), мають міжнародне значення та є ключовими для збереження природного балансу.

Як рекреаційний центр природоорієнтованого відпочинку з обмеженим туристичним потоком і помірним рекреаційним навантаженням, НПП «Бойківщина» пропонує значні переваги для розвитку екотуризму та екологічної рекреації, зокрема лісової терапії, гідротерапії та інших природоорієнтованих методів оздоровлення, що є особливо актуальними для реабілітації постраждалих від воєнних дій. Унікальний мікроклімат, чиста вода та культурна спадщина бойків створюють ідеальні умови для створення центру природного оздоровлення, який може бути інтегрований у міжнародні програми з екологічної освіти та сталого розвитку.

Порівняно з іншими природоохоронними територіями Східних Бескидів, НПП «Бойківщина» має вигідне розташування в межах Європейського вододілу, що підсилює його екостабілізаційну роль. Для кращого використання потенціалу парку пропонується:

- розвивати туристичну інфраструктуру з урахуванням екологічних стандартів;
- активізувати екологічну освіту та залучення місцевих громад до природоохоронних ініціатив;
- впроваджувати міжнародний досвід у сфері екорекреації, природоорієнтованого wellness спа відпочинку для підвищення ефективності використання ресурсів.

Отже, НПП «Бойківщина» може стати моделлю для інших природоохоронних територій, демонструючи, як поєднання природоохоронних, рекреаційних та соціальних ініціатив сприяє сталому розвитку регіону.

Бібліографічний список

1. Земан В., Марискевич О. Серце Бойківського краю (НПП «Бойківщина»: здобутки і перспективи). *Зелені Карпати*. 2023. № 1–4. С. 44–51.
2. Ісаєнко В. М., Ніколаєв К. Д., Бабікова К. О., Білявський Г. О., Смирнов І. Г. Стратегія сталого розвитку (туристична галузь). Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2014. 295 с.
3. Кректун Б. В., Жилищич Ю. В., Кректун Н. М. Дикоросла деревно-чагарникова рослинність екосистем Львівщини і шляхи її використання в екорекреації та оздоровчому харчуванні. *Ліси природно-заповідних територій в умовах глобальних змін: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 25-ї річниці національного природного парку «Сколівські Бескиди»* (Сколе–Львів, 5 липня 2024 року). Сколе, 2024. С. 145–149.
4. Кректун Б. В., Хірівський П. Р., Іщенко О. Я., Любінець І. П., Годованець О. Б. Екологічна рекреація у національних природних парках. Львів: ЛНУП, 2024. 130 с.
5. Любінець І. П. Використання природотерапевтичних технологій в рекреаційній діяльності Яворівського НПП. *Сучасний стан збереження природного різноманіття та сталого використання ресурсів природно-заповідних територій. Матеріали Міжнародної науково-практичної 133 конференції, присвяченої 25-річчю створення Яворівського національного природного парку* (сmt. Івано-Франкове, липень 2023 р.). С. 308–311.
6. Малишевська І. А. Методика використання природотерапії як технології корекції здоров'я учнів початкової школи: монографія. Умань: ВПЦ «Візаві», 2013. 162 с.
7. Марискевич О., Казибрид І., Демчишин Н., Данилюк К. Інвентаризація рідкісних і зникаючих видів вищих судинних рослин на території НПП «Бойківщина» (Українські Карпати). *Ліси природно-заповідних територій в умовах глобальних змін: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 25-ї річниці національного природного парку «Сколівські Бескиди»* (Сколе–Львів, 5 липня 2024 року). Сколе, 2024. С. 305–308.
8. Ментух О., Панас Н., Жилищич Ю., Лисак Г., Кректун Б. Інтразональні плодово-ягідні культури в лісових фітоценозах Західної України. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2021. № 25. С. 84–88. <https://doi.org/10.31734/agronomy2021.01.084>
9. Микитин Т., Остапчук С., Машта Н., Прокопчук А. Організаційні механізми створення та

функціонування екологічних стежок: монографія. Рівне: Волин. обереги, 2018. 182 с.

10. Офіційний сайт НПП «Бойківщина». URL: <https://boikivshchyna-park.in.ua/pro-nas/pro-park/> (дата звернення: 11.01.2025).

11. Про природно-заповідний фонд України: Закон України від 16.06.1992 р. № 2456–ХІІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12> (дата звернення: 11.01.2025).

12. Турок О. С. Лісова педагогіка як засіб формування екологічно свідомої поведінки учнів. *Міжгалузеві диспути: динаміка та розвиток сучасних наукових досліджень*. Вінниця, 2020. Т. 2. С. 61–62.

13. Шпаківська І., Яворська І., Смуток О. Лісові екосистеми як елементи екоосвіти на території НПП «Бойківщина». *Ліси природно-заповідних територій в*

умовах глобальних змін: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 25-ї річниці національного природного парку «Сколівські Бескиди» (Сколе–Львів, 5 липня 2024 року). Сколе, 2024. С. 278–281.

14. Common European Strategy on Forestpedagogy, 2018. URL: http://forestpedagogics.eu/portal/wpcontent/uploads/2018/01/6seitig_rz_FarbenUnver%C3%A4ndert_rz_korr.pdf (дата звернення: 11.01.2025).

15. Convention on Biological Diversity. URL: <https://www.cbd.int/intro> (дата звернення: 11.01.2025).

16. Wiesinger, Georg. Soziale Landwirtschaft und Green Care in Österreich. Die Potentiale sozialer Integration, In: Hofmann, Christian; Spieker, Michael (Hg.): Potentiale der Sozialen Landwirtschaft – Vielfalt und Anerkennung für Menschen und Höfe, Weimar bei Marburg: Metropolis-Verlag, 2024.

Стаття надійшла 14.01.2025

УДК 5045:364.122.5(477.83)

ОЦІНКА СТАНУ РЕКРЕАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ГІРСЬКИХ РАЙОНІВ ЛЬВІВЩИНИ

Н. Лопотич, к. с.-г. н.*ORCID ID: 0000-0002-3319-0723***О. Шкумбатиук, к. вет. н.***ORCID ID: 0009-0000-0257-8314***Г. Верхола, ст. викладач***ORCID ID: 0009-0000-1636-4990**Львівський національний університет природокористування*<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.052>

Лопотич Н., Шкумбатиук О., Верхола Г. Оцінка стану рекреаційної інфраструктури гірських районів Львівщини

Представлено результати наукових досліджень трансформаційних процесів у гірських районах Львівської області. Доведено, що глибокі зміни корінного рослинного покриву й перетворення земель у різні угіддя тепер мають украй негативний вплив на стабільність природного середовища та істотно зменшують туристично-рекреаційну привабливість теренів.

Зауважено, що економічне стимулювання збереження й реставрації автентичного рослинного покриву і ґрунтів сприятиме стабілізації довкілля. Науково й економічно обґрунтований розвиток туристично-рекреаційної інфраструктури за умови відкритості міждержавних кордонів та ефективного самоврядування допоможе поступово вийти гірським громадам Львівщини із глибокої стагнації регіону. Відновлення фінансування розвитку соціальної інфраструктури стабілізує демографічну та економічну ситуацію в регіоні й державі загалом.

Оцінено стан рекреаційної інфраструктури гірських районів Львівщини, що є важливим аспектом розвитку туристичної галузі регіону. Проаналізовано основні складові рекреаційної інфраструктури, такі як готелі, туристичні бази, маршрути для пішохідного та велосипедного туризму, а також об'єкти культурної спадщини.

Завдяки методам статистичного аналізу та польовим дослідженням визначено рівень розвитку інфраструктури, її відповідності сучасним вимогам та потребам туристів. Виявлено, що, незважаючи на наявність природних ресурсів та потенціал для розвитку рекреації, є суттєві проблеми, пов'язані з недостатнім фінансуванням, низькою якістю сервісу та недостатньою популяризацією регіону.

Запропоновано рекомендації щодо покращання стану рекреаційної інфраструктури, включно з розвитком державних програм підтримки, залученням інвестицій та активізацією співпраці між державними установами та приватними підприємствами.

Ці заходи можуть сприяти не лише підвищенню якості обслуговування туристів, а й сталому розвитку гірських районів Львівщини в цілому.

Ключові слова: рекреаційна інфраструктура, біогеоценотичний покрив, трансформація рослинності, рослинний покрив.

Lopotych N., Shkumbatiuk O., Verkhola H. Assessment of the state of recreational infrastructure in mountainous areas of Lviv region

The article presents the findings of scientific studies focused on the transformation processes occurring in the mountainous districts of Lviv region. It highlights the profound changes in indigenous vegetation and land use in the area, which have severely impacted environmental stability and diminished the appeal of tourism and recreational lands.

To counteract these negative effects, economic incentives aimed at the conservation and restoration of native vegetation and soil are essential for stabilizing the environment. Additionally, promoting and economically developing the tourism and recreation infrastructure, especially with the gradual easing of international borders and improved governance, could alleviate the long-standing stagnation faced by mountain communities in Lviv.

This study assesses the condition of recreational infrastructure in the mountainous areas of Lviv region, an important factor in the advancement of the region's tourism sector. It evaluates key components of this infrastructure, including hotels, tourist bases, hiking and cycling routes, as well as sites of cultural heritage.

Employing statistical analysis methods and field research, the study determines the level of infrastructure development, measuring its alignment with contemporary standards and tourist needs. The findings reveal that, despite the region's natural resources and recreational potential, significant challenges persist, such as inadequate funding, low service quality, and insufficient promotional efforts.

To enhance the state of recreational infrastructure, the article proposes several recommendations, including the development of government support programs, attracting investment, and fostering collaboration between state institutions and private enterprises.

Implementing these measures could not only elevate the quality of tourist services but also promote the sustainable development of the mountainous areas of Lviv region as a whole.

Keywords: recreational infrastructure, bioheotsenotychnyy cover, the transformation of vegetation, vegetation.

Постановка проблеми. Соціальні проекти модернізації регіонів, особливо в умовах економічної нестабільності, мають бути науково й економічно обґрунтовані в частині екобезпечного (сталого) природо- і, зокрема, землекористування. Гірська частина Львівщини – особлива за природними, історичними й теперішніми етносоціальними умовами.

Одним із найпереконливіших напрямів перспективного економічного поступу в гірських районах є розвиток відпочинкової інфраструктури. Проблема розвитку рекреації в Українських Карпатах сьогодні гостро постає перед вітчизняними архітекторами-практиками та науковцями з огляду на стабільний попит на відпочинок і сучасні динамічні ринкові умови розвитку рекреаційної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стан та різноманіття рослинного покриву, а також естетична привабливість природних пейзажів, є важливими складовими туристично-рекреаційної цінності території. Унаслідок тривалої господарської діяльності, що тривала понад три століття, природний ландшафт і біогеоценотичний покрив гірських регіонів Львівщини зазнали значних змін. Сучасна структура цих територій суттєво відрізняється від первісної, особливо в межах земель із різними функціональними призначеннями. У компонентній структурі нативних екосистем змін зазнали і рослинний покрив, і тваринний світ, і ґрунти.

Постановка завдання. Наше завдання – оцінити рівень розвитку об'єктів туристичного обслуговування, транспортної доступності та інженерної інфраструктури; виявити просторові диспро-

порції у розвитку рекреаційної інфраструктури між двома гірськими територіями; визначити фактори, які впливають на стан та розвиток рекреаційної інфраструктури; запропонувати напрями вдосконалення інфраструктурного забезпечення рекреаційної діяльності в гірських регіонах Львівської області.

Виклад основного матеріалу. Стан і різноманітність рослинності, а також мальовничі природні краєвиди, є одними з ключових чинників, що визначають туристично-рекреаційну привабливість території. Багатовікова господарська діяльність істотно трансформувала ландшафт і біогеоценотичну структуру гірських районів Львівської області. У сучасних умовах ці території значно відрізняються від первісного природного середовища, особливо в межах земель із різними формами використання. Тепер він значно відрізняється від корінного у межах земель різного призначення (табл. 1).

Площа лісів сьогодні знижена на Сколівщині до 64,9 %, а на Турківщині – до 47,5 % від загальної (табл. 2). Таке істотне зменшення спричинене їх трансформацією у чагарники, агрофітоценози, а також освоєнням земель під будівництво сіл і міст, інфраструктури, промислових і рекреаційних об'єктів тощо.

Порівнюючи структуру біогеоценотичного покриву двох регіонів за співвідношенням угідь у межах громад, можна зауважити, що на Сколівщині кожна третя громада має відповідно найбільшу (понад 75 %), середню (60–75 %) або найменшу (менше 60 %) частку лісових площ. На Турківщині за цими ж критеріями 23 громади характерні низькою лісистістю, тоді як лише три мають значну частку лісових масивів.

Таблиця 1

**Господарська структура земель Сколівщини та Турківщини
(над рискою – га, під рискою – %) [1]**

Регіон	Загальна площа території	Землі районів				
		лісові	сільсько- господарські	водний фонд	забудовані	інші
Сколівщина	<u>147091</u> 100	<u>104790</u> 71,2	<u>37388</u> 25,4	<u>1035</u> 0,7	<u>2510</u> 1,8	<u>1369</u> 0,9
Турківщина	<u>119340</u> 100	<u>68040</u> 57,0	<u>45736</u> 38,3	<u>1237</u> 1,0	<u>3286</u> 2,8	<u>1041</u> 0,9

**Структура теперішнього біогеоценотичного покриття
Сколівщини та Турківщини (над ризикою – га, під ризикою – %) [1]**

Регіон	Укриті лісовою рослинністю землі	Чагар- ники	Сади	Лучні вгіддя	Рілля	Інші землі
Сколівщина	<u>95437</u> 64,9	<u>2651</u> 1,8	<u>427</u> 0,3	<u>28802</u> 19,6	<u>12859</u> 8,7	<u>6915</u> 4,7
Турківщина	<u>56717</u> 47,5	<u>7718</u> 6,5	<u>210</u> 0,2	<u>25628</u> 21,5	<u>22428</u> 18,8	<u>6639</u> 5,5

На Сколівщині частка земель, зайнятих лісами, варіюється від 82 % у Корчинській громаді до 32 % у Нижньосиньовидненській, тобто зменшується у 2,5 раза. І на Турківщині цей показник коливається ще суттєвіше – від 86 % у Головській до 18 % у Шум'яцькій сільраді, тобто зменшується у 4,8 раза.

З урахуванням рівня лісистості, зона з незначним ступенем трансформації біогеоценотичного покриття простягається з північного заходу на південний схід, охоплюючи п'ять сільрад Турківщини (починаючи від с. Ісаїв) та центральну частину Сколівщини (до с. Нижня Рожанка). Решта сільрад утворюють зони інтенсивної трансформації ландшафту: на північному заході це 24 території Турківщини та три сусідні громади Сколівщини, а на північному сході – ще п'ять самоврядних територій.

Загальна площа сектору значної трансформації майже дорівнює всій території Турківщини. У ньому лише 38,6 % угідь займають ліси, тоді як 6,2 % припадає на чагарникові ділянки, 22 % – на рілля, а 22,3 % – на лучні угіддя. При цьому цей сектор найщільніше забудований у регіоні.

Сектор середньої трансформації займає 24 % сукупної території двох районів. У ньому 58 % угідь зайняті лісами та лише 3 % чагарниками. Пропорції решти угідь середні. Сектор малої трансформації покриття найбільше лісистий (72 % угідь). Отже, для сектора властива мала трансформація лісового покриття – здебільшого перетворення корінних лісів у похідні. Тому тут досі збереглися ділянки корінних деревостанів, є більше умовно корінних.

Економічний аналіз наслідків трансформації рослинності й ґрунтів засвідчує, що використовувати досі природні ресурси гірської Львівщини практично виснажені [2]. Водночас, на жаль, заготівля деревини збільшилася лише від рубань, пов'язаних із веденням господарства – доглядом за лісом, санітарними рубаннями, розчистками вітровалів, буреломів, заготівлею дров тощо.

Мізерний внесок промисловості в загальний валовий продукт гірських районів майже не впливає на економіку регіону.

Тому рівень бідності місцевого населення, незважаючи на певні фінансові потуги й адресні субсидії з боку держави, найвищий на Львівщині.

У розрахунку на одного мешканця гірських районів у рослинництві вироблено значно менше продукції, ніж у середньому в області. Проте продукція тваринництва значно перевищує середньообласний показник на особу, особливо на Турківщині. Проте обидві території перевищують середньообласні показники у тваринницькій галузі, зокрема щодо утримання в середньому на особу великої рогатої худоби, коней, овець і кіз. Турківщина переважає Сколівщину і Львівщину загалом за поголів'ям свиней у розрахунку на одного мешканця [4; 5].

За нормативних річних потреб споживання 80 кг м'яса на особу наявні обсяги виробництва в гірських районах недостатні навіть для повного самозабезпечення [2; 3]. Виробництво яєць у розрахунку на одного мешканця становило 56 % на Турківщині та 65 % на Сколівщині від нормативного (280 шт. на рік) внутрішнього споживання. Натомість молока гірські райони виробляли майже удвічі-тричі більше від внутрішньої потреби (380 кг на рік).

Зерно власного виробництва гірських районів непридатне для хлібобулочної промисловості через низьку якість, тому його використовують лише на фураж. Картопля була єдиним продуктом рослинництва, який селяни вирощували в обсягах, що перевищували нормативну потребу в 1,5 на Сколівщині та 3,6 раза на Турківщині. Натомість овочів вирощено лише 10 % від потреби на Сколівщині та 60 % на Турківщині.

Економічну ефективність господарювання можна оцінювати за фінансовими результатами діяльності підприємств до оподаткування. Якщо 2020 року Сколівщина мала 765 тис. грн сумарного прибутку, а Турківщина – 82 тис. грн збитку, то 2022 року обидва райони отримали прибутки:

проте перший лише 51 тис. грн, а другий – 460 тис. грн. При цьому сільське й лісове господарство Турківщини значно знизили сукупні прибутки, а обробна промисловість, транспорт, будівництво й особливо гуртова торгівля стали значно прибутковішими, ніж 2020 року. Частка збиткових підприємств від загальної кількості за п'ять років на Сколівщині зменшилася від 38 до 35 %, на Турківщині – від 43 до 18 %.

Водночас кількість активних суб'єктів Єдиного державного реєстру підприємств, організацій та установ у 2020 році зменшилася порівняно з 2021 роком на Сколівщині з 275 до 264 одиниць, на Турківщині з – 227 до 174 одиниці. Від 2020 до 2023 року зменшилася кількість підприємств – суб'єктів підприємницької діяльності: відповідно з 109 до 99 одиниць та від 100 до 84 одиниць.

На тлі описаних змін індекс інвестицій в основний капітал, що відображає витрати на нове будівництво, модернізацію основних засобів тощо, порівняно з попереднім роком, на Сколівщині 2020 року становив 53 %, 2023 – 108 %, у Турківському – відповідно 95 та 118 %. Проте впродовж цих чотирьох років він істотно коливався. 2023 року найбільший обсяг вкладень в основний капітал як Сколівщини, так і Турківщини, спостерігали в добувній промисловості, згодом – в операції з нерухомістю, транспорт і зв'язок. Від загального обсягу інвестицій упродовж 2015 року у сільськогосподарський і лісовий сектори на Сколівщині вкладено 3 %, та на Турківщині – 4 %, в охорону здоров'я – відповідно 5 і 2 %, у торгівлю й послуги – ще менше. Структура вкладених коштів у підприємства 2015 року свідчить про те, що як в області загалом, так і в районах, проблема фінансування їхнього розвитку фактично перекидана на самі підприємства (Турківщина) або на пошук кредиторів. Мінімальну роль у цьому процесі відіграють державний і місцевий бюджети, а також іноземні інвестиції. Натомість кошти населення та інші

джерела у гірських районах залучені в більших пропорціях. Вигідне географічне положення гірських районів мало би сприяти міжнародній економічній співпраці.

Надходження прямих іноземних інвестицій залишається вкрай нестабільним, а у 2023 році на Сколівщині їх не було взагалі. Фінансування заходів зі стабілізації екологічної ситуації в гірських районах, охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів у 2023 році не передбачалося [2; 3].

Обсяги експорту товарів за 2020–2023 роки поступово зростали в обох регіонах. Імпорт теж мав тенденцію до зростання, проте на Турківщину він здійснювався в обсягах, на 1-2 порядки менших, ніж в інші райони. Послуги гірські райони за вказаний період не експортували і не імпортували.

Рекреаційна сфера та взаємовигідна міжнародна співпраця й надалі залишаються нереалізованими резервами економічного зростання регіону. Водночас ринок туристичних послуг в Україні поступово розвивається, а інтерес іноземних громадян, зокрема туристів, до країни зростає. Проте цей процес значною мірою залежить від економічної та політичної стабільності як у державі, так і в світі.

Сьогодні мережа закладів ресторанного господарства у гірських районах Львівщини залишається менш розвиненою порівняно з іншими регіонами. У 2020 році із 44 розважальних закладів на Сколівщині та 19 на Турківщині лише 18 та 7 відповідно були розташовані в селах. Невелика кількість посадкових місць у цих закладах, навіть з урахуванням високої лісистості території, значно обмежує їхню привабливість для розвитку сільського туризму. У 2020 році в розрахунку на десять тисяч жителів на Турківщині налічувалося 180 посадкових місць у ресторанах, а на Сколівщині – 350. За даними Єдиного державного реєстру, у 2023 році на Турківщині було зареєстровано лише сім готелів і ресторанів (табл. 3).

Таблиця 3

Відпочинкова інфраструктура гірських регіонів Львівщини [3]

Показник	Сколівщина	Турківщина	Львівщина
Готелі й ресторани, од. (2020 р./2023 р.)	37/47	5/7	1766/1969
Припадає одиниць на 1 тис. мешканців			
Готелів і ресторанів (2020 р./2023 р.)	0,74/0,98	0,09/0,13	0,67/0,76
Ресторанних закладів	0,64	0,31	0,95
Сидячих місць у всіх ресторанних закладах	23,6	16,9	48,1
Сидячих місць у закладах сільської місцевості	14,2	7,8	7,3
Санаторно-курортних та оздоровчих закладів	0,48	0,04	0,06
Ліжок у санаторно-курортних та оздоровчих закладах	34,5	0,9	8,9

Мережа ресторанних закладів на Сколівщині була вдвічі більше розвинутою за кількістю цих об'єктів на 1 тис. мешканців, ніж на Турківщині. Потужність їх, з огляду на наявність місць, теж була меншою. За цим показником у сільській місцевості Турківщина значно відстає від Сколівщини.

З-поміж усіх районів Львівщини Сколівщина лідирує. Завдяки особливостям своїх природних ландшафтів та клімату вона має великий потенціал для розвитку рекреаційно-туристичної діяльності. Перспективним є подальший розвиток інфраструктури району з центром у місті Сколе. Активному розвитку туризму тут особливо сприятимуть розташовані поблизу бальнеологічні курорти Східниця, Трускавець, пам'ятки періоду Київської Русі – руїни твердині Тустань – та могила київського князя Святослава Володимировича біля р. Опір. Особливого значення на Сколівщині набуває розвиток спортивної рекреаційно-туристичної діяльності, зокрема гірськолижного туризму. Великий, ще не освоєний потенціал місцевих ландшафтів та їхня морфологічна структура, сприяють організації тут усіх зимових видів спорту, що підтверджують численні проєктні розробки гірськолижних комплексів на теренах краю [4; 5].

Висновки. Завдяки значній лісистості, наявності ділянок первинного лісу та розвиненій відпо-

чинковій інфраструктурі, Сколівщина вважається найбільш перспективною для розвитку туризму. Водночас, за умови належної уваги до соціальної інфраструктури, обмеження вирубки лісів і активного їх відновлення, а також з урахуванням прикордонного розташування, Турківщина також має реальні можливості для розвитку рекреаційно-туристичної діяльності.

Бібліографічний список

1. Гнатів П. С., Гринчак М. М. Стан рослинного покриву і втрати екологічного потенціалу наземних екосистем у гірському регіоні Львівщини у зв'язку з їхніми середовищестабілізаційними функціями. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2009. № 135. С. 13–21. URL: http://www.nbu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnau/2009_135/gps.pdf (дата звернення: 02.02.2025).
2. Голубець М. А., Гнатів П. С., Козловський М. П. Концептуальні засади сталого розвитку гірського регіону. Львів: Поллі, 2007. 288 с.
3. Статистичний щорічник Львівської області за 2020 рік. Львів: ГУС у Львівській області, 2021. 455 с.
4. Статистичний щорічник України за 2021 рік. Львів: ГУС у Львівській області, 2022. 447 с.
5. Статистичний щорічник Львівської області за 2022 рік. Львів: ГУС у Львівській області, 2023. 387 с.

Стаття надійшла 04.02.2025

Розділ 2

ЗЕМЛЕРОБСТВО

УДК 504.453:630*232(477.87)

ВПЛИВ ЕРОЗІЇ НА ГІРСЬКІ ЛІСОВІ ҐРУНТИ В ЗОНІ ЗМІШАНИХ ЯЛИНОВИХ ЛІСІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ ТА ПРОТИЕРОЗІЙНІ ЗАХОДИ НА ЛІСОСІКАХ

Ю. Корінець, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-8920-3186

В. Снітинський, д. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-9633-1004

П. Хірівський, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-7246-9260

Н. Панас, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0003-3737-6338

С. Сапелюк, аспірант

ORCID ID: 0009-0009-0793-8441

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.057>

Корінець Ю., Снітинський В., Хірівський П., Панас Н., Сапелюк С. Вплив ерозії на гірські лісові ґрунти в зоні змішаних ялинових лісів Українських Карпат та протиерозійні заходи на лісосіках

Охарактеризовано ерозійні процеси, які виникають у гірських лісових ґрунтах у межах зони змішаних ялинових лісів, а також проаналізовано їхню залежність від комплексу природних і антропогенних чинників. Встановлено типи й особливості прояву ерозії, зумовлені проведенням лісозаготівельних робіт та специфічними властивостями бурих лісових ґрунтів Карпатського регіону. Визначено масштаби та обсяги ґрунтових втрат, спричинених ерозійними процесами. Подано дані щодо різноманітного впливу крутизни схилів на інтенсивність ерозії, а також оцінено величину виносу дрібнозему внутрішньогрунтовым стоком. Виявлено, що досліджувані ділянки істотно відрізняються за ступенем ґрунтових втрат, спричинених як механічним руйнуванням, так і подальшою водною ерозією. Типовим для вирубаних площ є посилення ерозійної активності у напрямку від верхніх до нижніх частин схилів. Переміщення ґрунту та формування наносів у межах лісосік переважно відбуваються під впливом механічних сил, пов'язаних із початковим транспортуванням деревини. Порівняно з контрольними ділянками, на зрубках спостерігається значне ущільнення поверхневого горизонту ґрунту та зменшення його пористості. Фізичні властивості ґрунту змінюються у прямій залежності від рівня порушення верхнього шару. Механічні дії під час валки дерев і транспортування суттєво погіршують водно-фізичні характеристики ґрунтів, що призводить до інтенсифікації поверхневого стоку й розвитку водної ерозії. Погіршення фізико-хімічного стану ґрунтів на еродованих ділянках вирубок негативно впливає на їхні лісорослинні властивості. Це суттєво ускладнює процес штучного відновлення лісу, а також знижує темпи росту та якісні показники нового покоління деревостанів. Запропоновано систему протиерозійних заходів, що мають бути впроваджені на територіях вирубок з метою зменшення негативного впливу ерозії.

Ключові слова: гірські лісові ґрунти, ерозія, рубки лісу, лісосіка.

Korinets Yu., Snitynskyi V., Khirivskyi P., Panas N., Sapelyuk S. Impact of erosion on mountain forest soils in the zone of mixed spruce forests of the Ukrainian Carpathians and anti-erosion measures on logging sites

The study offers a thorough characterization of the erosion processes occurring in mountain forest soils within the mixed spruce forest zone, examining their dependence on various natural and anthropogenic factors. It identifies the types and specific characteristics of erosion resulting from logging activities and assesses the properties of brown forest soils in the Carpathian region. The extent and volume of soil loss due to these erosion processes have been quantified. The paper provides insights into the varying influence of slope steepness on erosion intensity and estimates the quantity of fine soil particles transported by subsurface runoff. It was found that the studied areas exhibit significant differences in the degree of soil loss, which results from both mechanical disruption and subsequent water erosion. A notable feature of logged areas is

the intensification of erosion from the upper to the lower parts of the slope. Soil displacement and sediment deposition at logging sites predominantly occur under the influence of mechanical forces related to initial timber transportation. In comparison to control plots, marked compaction of the topsoil and a reduction in its porosity were observed in clear-cut areas. The physical properties of the soil are directly correlated with the level of disturbance to the upper soil layer. Mechanical impacts during tree felling and transportation significantly impair the hydrophysical characteristics of soils on slopes, leading to increased surface runoff and enhanced water erosion. The decline in the physical and chemical condition of soils on eroded logging sites adversely affects their capacity for forest growth. This poses substantial challenges for artificial reforestation and diminishes the growth rates and quality of subsequent forest generations. To mitigate the adverse effects of erosion, a system of anti-erosion measures has been proposed for implementation in logged areas.

Keywords: mountain forest soils, erosion, forest cutting, logging.

Постановка проблеми. Метою проведених досліджень було встановити абсолютну величину виносу дрібнозему на сильнокам'янистих ґрунтах за різних умов рельєфу, способів трелювання деревини та сезонів лісозаготівель. Ці дані стали основою для розробки інноваційних методів лісозаготівлі, новітньої техніки та технологій, адаптованих до умов гірських територій. Завдяки їм з'явиться можливість значно скоротити інтенсивність ерозійних процесів, зберегти екологічний баланс лісових екосистем і підвищити родючість ґрунтів. Запровадження цих рішень сприятиме сталому розвитку лісового господарства, зменшенню негативного впливу на довкілля та покращенню продуктивності лісових ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інтенсивний вплив людини на ґрунт не міг залишитися без наслідків. Дедалі частіше спостерігається погіршення фізичних і воднофізичних властивостей ґрунтів, зменшення вмісту гумусу, зміна катіонного складу ґрунтового вбирного комплексу. Це призводить до порушення екологічної рівноваги в ґрунтовому покриві, внаслідок чого посилюються ерозійні процеси, а родючість ґрунту знижується до критичного рівня.

Зі збільшенням антропогенного навантаження на навколишнє середовище порушується природна рівновага, що негативно позначається на флорі та фауні, особливо на видах, тісно пов'язаних із лісовими екосистемами. Інтенсивні вирубки лісів, масштабні ерозійні процеси та деградація ґрунтів набули глобального характеру, спричиняючи втрату біорізноманіття, зменшення популяцій рідкісних видів і зміну природних ландшафтів. Це призводить до порушення екосистемних зв'язків, зміни кліматичних умов і загострення екологічних проблем, які потребують термінового впровадження ефективних заходів з охорони та відновлення лісових ресурсів.

Ліси, що зростають на гірських схилах, відіграють важливу роль не лише як джерело цінної деревини, а й як ключовий природний

чинник захисту довкілля. Вони виконують комплексні екосистемні функції, зокрема протиерозійну, водорегулювальну, водоохоронну та ґрунтозахисну. Завдяки своїй кореневій системі гірські насадження ефективно закріплюють ґрунт, запобігаючи його змиву та розмиву, а також утворенню зсувів і обвалів. Вони знижують ризик виникнення селевих потоків і паводків, захищають річки та долини від руйнівної дії водних стихій. Крім того, такі ліси сприяють збереженню стабільного рівня ґрунтових і мінеральних вод, підтримуючи водний баланс регіону та забезпечуючи чистоту джерел. Їхня роль у збереженні біорізноманіття та підтриманні кліматичної рівноваги також надзвичайно важлива [2].

Для ефективного вирішення проблеми ерозії ґрунтів перед лісівниками постають масштабні та відповідальні завдання. На основі глибокого аналізу причин і механізмів ерозійних процесів необхідно розробити комплексні системи лісогосподарських заходів, спрямованих на запобігання деградації ґрунтів і мінімізацію негативного впливу ерозії. Це передбачає створення спеціальних лісозахисних насаджень, упровадження природоохоронних методів лісокористування, регулювання водного режиму ґрунтів та застосування технологій, адаптованих до особливостей гірських екосистем [3; 4].

Важливу роль у цьому процесі відіграватиме використання сучасної техніки та екологічно безпечних технологій лісозаготівлі, які враховують природні особливості гірських лісів. Інноваційні підходи до ведення лісового господарства, поєднання традиційних методів із сучасними науковими розробками сприятимуть збереженню родючості ґрунтів, зниженню ризику зсувів і паводків, а також забезпечать сталий розвиток лісових екосистем. Реалізація таких заходів дозволить гармонізувати лісокористування з природними процесами, сприяючи довготривалому збереженню біорізноманіття та екологічної рівноваги в гірських регіонах [5; 6].

Постановка завдання. Наше завдання – вивчити динаміку формування та інтенсивності поверхневого стоку на лісозрубках з урахуванням різних природних і антропогенних чинників. У дослідженні аналізували вплив таких характеристик схилів, як крутизна, експозиція, геологічна будова, а також стан ґрунтового покриття – рівень його ущільнення та вологість. Важливу роль відігравало оцінювання трав'яного укриття, його здатності утримувати вологу й запобігати розвитку ерозійних процесів.

Крім того, в межах експериментальних робіт вивчали вплив кліматичних умов, зокрема інтенсивності й частоти опадів, температурного режиму та сезонних змін, що визначають характер поверхневого стоку. Результати досліджень мають важливе значення для розробки ефективних природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення ерозії, стабілізацію ґрунтового покриття та покращання водного балансу в лісових екосистемах. Вони також слугують науковою основою для впровадження раціональних методів лісозаготівлі, що мінімізують негативний вплив на довкілля та сприяють збереженню природного ландшафту.

Виклад основного матеріалу. Змішані ялинові насадження за участю бука, ялиці, явора формують два геоботанічні райони, що відповідають висотній зональності рослинного покриття Карпат: район ялицево-буково-ялинових Ворохтянсько-Путильських насаджень та район буково-ялицево-ялинових Верхньотисенських лісів.

Район змішаних ялинових насаджень вирізняється досить однорідними едафічними умовами. Найбільш поширеними тут є типові бурі лісові ґрунти з однорідною будовою ґрунтового профілю.

На особливу увагу в зоні змішаних ялинових лісів заслуговують сильнокам'яністі ґрунти, сформовані на кам'янистих розсипищах із досить обмеженим вмістом активного дрібнозему. На двох лісосіках механічний склад дрібнозему – суглинковий, а на одній – супіщаний у двох верхніх горизонтах, і лише в перехідному горизонті – легкосуглинковий.

Скелетність ґрунтових горизонтів є досить мінливим показником і коливається в межах від 20 до 40 %, що є типовим для бурих лісових ґрунтів Карпат.

Загальні фізичні властивості верхніх горизонтів визначали на двох лісосіках. Порівняно з

контрольними ділянками на вирубках зафіксовано істотне ущільнення верхнього горизонту ґрунту та зниження його пористості; найбільш значне погіршення властивостей верхнього шару виявлено на лісокультурній площі, де пористість знизилась на 24 %.

Типові бурі лісові ґрунти на пробних площах характерні значним вмістом перегною та загального азоту; на деяких ділянках вони також досить багаті на обмінний калій. У всіх досліджених місцях відзначається дуже низький вміст рухомого фосфору.

За рівнем рН досліджувані ґрунти належать до кислих і слабокислих.

У межах досліджуваного району природного поширення чистих і змішаних ялинових лісів спостерігається вплив низки чинників, які зумовлюють розвиток ерозійних процесів. Східні Карпати, де домінують ялинові ліси, відзначаються крутішими схилами, що часто мають значну протяжність – від вершини хребта до підніжжя.

Дослідження ерозійних процесів у районах чистих і змішаних ялинових насаджень проводили на шести вирубках різного віку. Встановлено, що досліджувані ділянки неоднорідні за масштабами втрат ґрунту, спричинених механічним зносом і подальшою водною ерозією. Здебільшого фіксували незначні втрати дрібнозему. Однак одна з лісосік виявилася найбільш ураженою ерозійними процесами: середні вагові показники змиву та зносу становили 471 т/га, а максимальні втрати в нижній частині схилу досягли надзвичайного рівня – 1072 т/га. Отже, у нижній частині схилу протягом короткого періоду було знесено й змито близько 10 см верхнього горизонту. Це свідчить про повне руйнування верхнього акумулятивного горизонту, а в окремих місцях – часткове руйнування перехідного шару.

Розподіл ерозії на площах вирубок у типовому випадку демонструє тенденцію до посилення процесу з верхньої до нижньої частини схилу.

Площинний змив і механічний знос на лісосіках – складне явище, яке охоплює: відокремлення ґрунтових частинок від субстрату, винесення дрібнозему за межі лісосіки або переміщення ґрунтової маси з підвищених ділянок у понижені. Такі переміщення спричинені зсувами деревних стовбурів та поверхневим стоком. У період вирубування поєднання механічного зносу та змиву формує складний ерозійний процес.

Після завершення заготівлі втрати ґрунту зумовлені вже виключно водною ерозією.

Матеріали дослідних ділянок Яворницького лісництва показують вплив низки чинників на ступінь розвитку ерозійних процесів після суцільної рубки лісу. Окрім сприятливих строків лісорозробок, позитивну роль у зменшенні ерозії могли відігравати невеликі площі згаданих лісосік Яворницького лісництва, а також помірна крутизна схилів (18–26°). Винятком є лісосіка № 9, де крутизна в нижній частині сягала 36°, однак втрати ґрунту залишались помірними.

Іншу комбінацію чинників виявлено на лісосіці № 8, де спостерігали значну крутизну в середній і нижній частинах схилу. Результати спостережень та аналіз технологічної схеми показали, що первинне транспортування лісоматеріалів здійснювалось самоспуском у поєднанні з кінним підтрелюванням на пологіших ділянках вирубки. Лісозаготівлі проводили як у літній, так і в зимовий періоди.

У таких природних і техніко-експлуатаційних умовах середній рівень змиву й механічного зносу ґрунту на всій лісосіці становив 286 т/га, а в середній її частині досягав 351 т/га. Такий рівень ерозії був спричинений: крутизою схилу (до 45°), застосуванням самоспуску лісоматеріалів, а також проведенням лісосічних робіт у весняний період, коли ґрунт перебував у перезволоженому стані.

Для запобігання гірській ерозії та для ефективної боротьби з нею рекомендується впровадження таких заходів:

- Застосування методів головних рубок і лісозаготівельних технологій, які забезпечують збереження водорегулювальних, ґрунтозахисних та інших екологічних функцій лісу, а також сприяють успішному поновленню деревостанів цінними породами.

- У різновікових змішаних насадженнях доцільно переважно використовувати довгострокові групово-вибіркові, улоговинні та добровільно-вибіркові способи рубок.

- В одновікових чистих ялинниках допускається проведення дрібнолісосічних суцільних рубок, причому лісосіки мають розміщуватись відповідно до форм рельєфу: їхня орієнтація має бути діагональною до основного схилу, а на локальних схилах – наближеною до поперечної.

- Для запобігання ерозійним процесам слід припиняти заготівлю деревини та транспортування у періоди весняного водонасичення ґрунту, особливо під час сильних дощів і танення снігу.

- Обсяг рубок має бути обмеженим і не перевищувати встановлену розрахункову річну лісосіку.

- Необхідно обов'язково впроваджувати прості протиерозійні заходи одразу після завершення вирубки. Зокрема: своєчасно очищати лісосіки, укладаючи дрібні рештки в поперечні, невисокі вали (до 0,6 м), розташовані в шаховому порядку, щільно притиснуті до ґрунту та закріплені кілками; укріплювати великі волоки поперечними плетеними конструкціями або кілками з інтервалом 20–50 м, устеляючи дно волоків хмизом; на малих волоках висівати трави (наприклад, люпин) і влаштовувати водовідвідні канали з інтервалом 5–20 м залежно від крутості схилу.

Паралельно з протиерозійними заходами необхідно дбати про збереження підросту та покращання його якості.

Боротися з ерозією в гірських регіонах треба комплексно та в тісній координації між різними установами. Першочерговими завданнями є раціональна організація використання гірських територій, розробка довгострокових планів комплексного природокористування, яке охоплює не лише лісове господарство, а й мисливство, водні ресурси, сільське господарство, а також рекреаційні, оздоровчі та інші функції лісу.

Висновки. У межах досліджуваного району, де природно поширені як чисті, так і змішані ялинові ліси, спостерігається дія комплексу чинників, що суттєво впливають на активізацію ерозійних процесів. Аналіз ділянок засвідчує їх неоднорідність за обсягами ґрунтових втрат, які виникають як унаслідок механічного зносу, так і під впливом подальшої водної ерозії.

Ерозійні процеси на територіях вирубок мають просторову специфіку: як правило, інтенсивність ерозії зростає у напрямку від верхньої частини схилу до його підніжжя. Такий розподіл можна пояснити природним переміщенням ґрунтової маси під дією сили тяжіння та техногенних механічних впливів, зокрема під час початкових етапів заготівлі деревини.

Порівняння показників ґрунту на вирубках із контрольними, незайманими ділянками свідчить про істотне ущільнення верхнього горизонту ґрунту та зниження його пористості. Ці зміни фізичних властивостей перебувають у тісному зв'язку з інтенсивністю механічного навантаження на поверхневий шар. Процеси валки дерев і транспортування лісоматеріалів значно погіршу-

ють водно-фізичні характеристики ґрунтів на схилах, що, у свою чергу, стимулює утворення поверхневого стоку та прискорює розвиток водної ерозії.

Унаслідок ерозійних змін спостерігається також деградація фізико-хімічних властивостей ґрунтів, що негативно позначається на їхній лісорослинній продуктивності. Це ускладнює вживання заходів зі штучного лісовідновлення, а також негативно впливає на ріст, якість і бонітет майбутніх лісонасаджень.

Бібліографічний список

1. Андрущенко Г. О. Ґрунти західних областей УРСР. Львів; Дубляни: Вільна Україна, 1970. Ч. I. II. 295 с.
2. Голубець М. А., Марискевич О. Г., Крок О. Б. Екологічний потенціал наземних екосистем. Львів: Поллі, 2003. 180 с.
3. Горшенін М. М., Пешко В. С. Ерозія гірських лісових ґрунтів та боротьба з нею. Львів: Видавництво Львівського університету, 1972. 148 с.
4. Корінець Ю. Я., Хірівський П. Р., Зеліско О. В., Рижук Р. І. Вплив ерозії на гірські лісові ґрунти Українських Карпат та протиерозійні заходи на лісосіках. *Сучасні ековиклики. Стратегії екологічної безпеки довкілля*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 25-річчю кафедри екології Львівського НУП, 22–23 травня 2024 р. [Електронний ресурс]. Львів-Дубляни: ЛНУП, 2024. С. 55–58.
5. Ковальчук І. П., Сорока Л. М. Вплив вирубок на ерозійні процеси у гірських лісах Карпатського регіону. *Вісник лісівництва*. 2020. № 4. С. 89–95.
6. Олійник В. С. Особливості формування ерозійно-селевих процесів у гірсько-лісових умовах Карпат. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2000. Вип. 98. Харків: Оригінал, 2000. С. 110–115.
7. Олійник В. С. Водорегулювальні особливості бурих лісових ґрунтів під насадженнями і на зрубках Карпат. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: збірник науково-технічних праць*. 2011. Вип. 21.14. С. 54–60.

Стаття надійшла 14.01.2025

УДК 633.31:631.5:631.8

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ
ТА ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ****І. Дудар, к. с.-г. н.***ORCID ID: 0000-0002-4467-9946***І. Шувар, д. с.-г. н.***ORCID ID: 0000-0002-4149-1761***Г. Корпіта, к. с.-г. н.***ORCID ID: 0000-0002-0908-0129***С. Павкович, к. с.-г. н.***ORCID ID: 0000-0002-0844-3071***В. Ткачук, д. с.-г. н.***ORCID ID: 0000-0001-6392-4241***М. Рацький, к. с.-г. н.***ORCID ID: 0009-0004-6368-1664**Львівський національний університет природокористування*<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.062>

Дудар І., Шувар І., Корпіта Г., Павкович С., Ткачук В., Рацький М. Технологічні особливості формування продуктивності та поліпшення якості зеленої маси конюшини лучної

Висвітлено технологічні особливості формування продуктивності та поліпшення якості зеленої маси конюшини лучної в сучасному землеробстві.

Розглянуто наукові підходи до оцінки впливу технологій обробітку ґрунту та удобрення на рівень продуктивності і якісні характеристики зеленої маси конюшини лучної.

Відзначено, що пріоритетним завданням аграрної науки та практики є забезпечення тваринництва високоякісними кормами. Окреслено шляхи оптимізації використання енергоресурсів через створення високопродуктивних агрофітоценозів багаторічних бобових трав, зокрема конюшини лучної, адаптованої до умов західного Лісостепу України як високобілкової культури.

Представлено результати дослідження варіабельності якісних показників зеленої маси конюшини лучної залежно від обробітку та удобрення, виконаних у 2023–2024 роках.

Досліджено три способи основного обробітку ґрунту: звичайний (контроль), чизельний та ярусний, з особливим акцентом на позитивний вплив оранки плугом ПЯ-4-40 на глибину 14–16 см за двох систем удобрення (органічна і органо-мінеральна).

Встановлено, що спосіб основного обробітку та система удобрення темно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту істотно не впливає на якісні показники врожаю зеленої маси конюшини лучної сорту Трускавчанка.

Доведено, що оранка плугом ПЯ-4-40 призводить до незначного збільшення поживності зеленої маси конюшини лучної порівняно зі звичайним і чизельним обробітком ґрунту. Перевага основного обробітку ґрунту ярусними плугами у покращанні водного, повітряного, поживного режимів і забезпеченні умов для одержання якісного корму.

Поєднання ярусного обробітку з органо-мінеральним удобренням забезпечує найвищі показники вмісту сухих речовин (18,23 %), виходу перетравного протеїну (12,80 ц/га) та концентрації макроелементів (азоту – 2,73 %, фосфору – 0,37 %, калію – 2,13 %).

Ключові слова: обробіток ґрунту, удобрення, продуктивність конюшини лучної, якість зеленої маси.

Dudar I., Shuvar I., Korpita H., Pavkovich S., Tkachuk V., Ratskyi M. Technological features of productivity formation and quality improvement of meadow clover green biomass

The article emphasizes the technological aspects of enhancing productivity and improving the quality of meadow (also called red) clover (*Trifolium pratense* L.) green mass in contemporary agriculture.

It explores scientific methods for assessing the effects of soil tillage and fertilization techniques on both the yield and qualitative characteristics of meadow clover green mass.

The provision of high-quality feed for livestock remains a top priority for agricultural science and practice. The article outlines strategies to optimize energy resources through the establishment of high-yielding agrophytocenoses of perennial leguminous grasses, specifically red clover, which is well-suited for the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine due to its high protein content.

The study presents findings on the variability of qualitative indicators of red clover green mass based on different tillage and fertilization methods, conducted during 2023–2024.

Three primary tillage methods were evaluated: conventional (control), chisel, and tiered (layered), with a particular focus on the beneficial impact of the PYa-4-40 plow at a depth of 14–16 cm, under two types of fertilization systems (organic and organic-mineral).

The research indicated that the method of primary tillage and the fertilization system applied to dark gray podzolic light loam soil did not significantly impact the qualitative indicators of green mass yield for the Truskavchanka red clover variety.

Plowing with the PYa-4-40 plow resulted in a modest increase in the nutritional value of the green mass when compared to conventional and chisel tillage methods. The benefits of tiered plowing include enhanced water, air, and nutrient conditions, which create optimal circumstances for producing high-quality feed.

Furthermore, the integration of tiered tillage with organic-mineral fertilization yielded the highest levels of dry matter content (18.23%), digestible protein yield (12.80 c/ha), and concentrations of key macrolelements (nitrogen – 2.73%, phosphorus – 0.37%, potassium – 2.13%).

Keywords: soil tillage, fertilization, meadow clover productivity, green biomass quality.

Постановка проблеми. Забезпечення населення України продуктоходження – стратегічно важливе завдання. Розвиток тваринництва залежить від створення якісної кормової бази, зокрема забезпечення раціонів перетравним протеїном. Брак білкових кормів спричиняє перевитрату ресурсів і знижує ефективність виробництва.

Оптимізація енергоресурсів можлива завдяки створенню високопродуктивних агрофітоценозів багаторічних бобових трав, зокрема конюшини лучної, яка є адаптованою високобілковою культурою для зони західного Лісостепу України. Проте недостатньо вивчені аспекти впливу способів обробітку ґрунту та систем удобрення на її продуктивність та якісні показники корму. Розуміння та управління цими факторами є основою для ефективного регулювання якості корму й збільшення ефективності кормовиробництва. Це визначає актуальність досліджень у контексті забезпечення кормовим білком у господарствах різних форм власності.

Основними критеріями оцінки якості кормів є масова частка сухих речовин у кормі та їхня перетравність, яка значною мірою відображає енергетичну поживність корму та вміст у ньому перетравного протеїну.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Конюшина лучна (*Trifolium pratense* L.) – одна з провідних багаторічних бобових культур, що вирізняється високою продуктивністю за збором перетравного протеїну та амінокислот з одиниці площі. Завдяки симбіотичній взаємодії з бульбочковими бактеріями здатна ефективно фіксувати атмосферний азот, поліпшуючи азотний баланс

ґрунту. Культура характерна високою агрономічною цінністю як попередник у сівоzmінах, а також має значний експортний потенціал насіннєвої продукції. Широко використовується у кормовиробництві для заготівлі зеленої маси, силосу, сіна, сінного борошна та вітамінних кормів, забезпечуючи повноцінне білкове живлення тварин [1, с. 464, 7, с. 6–7, 11, с. 294].

Високі кормові якості та агротехнічне значення конюшини лучної зумовлюють її широке застосування в кормових і польових сівоzmінах як у чистих посівах, так і в травосумішках [4, с. 16–17]. Її листостеблова маса характерна високою перетравністю, значним умістом вітамінів і мінеральних елементів для худоби, здатна до швидкого відростання після скошування чи випасання [8, с. 44]. Фаза розвитку рослин, система удобрення та сортові особливості істотно впливають на формування врожайності та вихід кормових одиниць [2, с. 155–158; 3, с. 50–53; 13, с. 740–741].

Рациональний, енергоощадний і ґрунтозахисний обробіток ґрунту суттєво впливає на ріст, розвиток і продуктивність сільськогосподарських культур. Він сприяє покращанню агрофізичних властивостей орного шару [9, с. 32–35], регулює біохімічні процеси, трансформацію органічних речовин та вологи, підвищує протиерозійну стійкість ґрунту й ефективність засвоєння елементів живлення [5, с. 312–315]. Окрім того, обробіток ґрунту впливає на зменшення забур'яненості агрофітоценозів, поширення шкідників і хвороб та на поліпшення поживного режиму ґрунту, змінюючи склад, чисельність і функціональну активність мікробіоти [12, с. 29–35; 14, с. 2–6].

За умов ведення інтенсивного землеробства мінеральні добрива є визначальним чинником у збільшенні врожайності кормових культур на 30–80 % [6, с. 3–11]. Дослідження показують, що система удобрення попередника суттєво впливає на продуктивність багаторічних трав. Зокрема конюшина досягає найвищої продуктивності при застосуванні органо-мінерального удобрення цукрових буряків у зерно-просапній сівозміні.

Якість травостою конюшини лучної, у свою чергу, залежить від використаних добрив і норми висіву покривної культури [10, с. 215–224].

Отже, аналіз наукових публікацій свідчить про те, що управління продукційними процесами і формуванням продуктивності конюшини лучної вивчено недостатньо. У технології вирощування цієї культури важливу роль відіграють як обробіток ґрунту, так і система удобрення. Створення нових сортів конюшини та вдосконалення технології вирощування культури потребують адаптації технологічних елементів до біологічних особливостей культури та ґрунтово-кліматичних умов конкретного регіону.

Постановка завдання. У західному Лісостепу України недостатньо експериментальних даних щодо комплексного впливу способу обробітку ґрунту та удобрення на кількісні та якісні показники конюшини лучної. Це зумовлює необхідність удосконалення теоретичних і практичних елементів технології вирощування, пов'язаних із оптимізацією цих заходів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Без такого підходу неможливо забезпечити ефективність агротехнічних заходів в умовах інтенсифікації землеробства. Тому подальші дослідження впливу обробітку ґрунту і удобрення є важливим етапом, спрямованим на збільшення врожайності та поліпшення якісних характеристик зеленої маси конюшини лучної за вдосконаленої системи землеробства,

Виклад основного матеріалу. Польові дослідження виконано впродовж 2023–2024 років. Дослід закладали за триразового повторення, розташування ділянок – систематичне. Загальна площа ділянки 220 м², облікова – 160 м². Дослід передбачав такі варіанти способу основного обробітку ґрунту: 1. Звичайний (контроль) – оранка плугом лемішним начіпним чотирикорпусним із шириною корпусу 35 см (ПЛН-4-35) на глибину 20–22 см; 2. Чизельний – обробіток плугом чизельним шириною захвату 4,5 м (ПЧ-4,5) на глибину 20–22 см; 3. Ярусний – оранка плугом ярусним чотирикорпусним із шириною корпусу

40 см (ПЯ-4-40) на глибину 14–16 см і дві системи удобрення: органічну (зі стартовою дозою N₄₀) і органо-мінеральну (N₂₀P₃₀K₃₀). Обидві системи удобрення збалансовані за поживними елементами в перерахунку на 1 га ріллі.

Сорт конюшини лучної Трускавчанка, виведений з урахуванням особливостей західного регіону України, що забезпечує його високу адаптивність до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Технологія вирощування конюшини лучної – загальноприйнята для умов західного Лісостепу України. Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений легкосуглинковий, характерний низьким умістом гумусу (2,80–2,85 %). Реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН сольове – 5,7–5,8). Забезпечення ґрунту азотом, що легко гідролізується, – низьке (106–110 мг/кг ґрунту), фосфором (188–193 мг/кг ґрунту) і калієм – середнє (122–126 мг/кг ґрунту).

Для ефективної годівлі тварин необхідно ретельно вивчати хімічний склад кормів та постійно контролювати раціони. Це дає змогу забезпечити тварин необхідними поживними речовинами у відповідній кількості, що сприяє їхньому здоров'ю, нормальному ростові та розвитку, а також збільшенню загальної продуктивності. Оцінка поживної цінності кормів допомагає точно сформувати раціони, враховуючи потреби тварин у білках, вуглеводах, жирах, мінералах та вітамінах, що критично важливо для досягнення високих результатів у тваринництві.

Ми виявили якісні показники врожаю зеленої маси конюшини лучної залежно від способу обробітку ґрунту і удобрення і встановили, що вміст сухих речовин у зеленій масі конюшини лучної залежав від дослідних чинників (рис. 1). За органічної системи удобрення він становив 17,45–17,83 %, тоді як за органо-мінеральної цей показник був вищим – 17,71–18,23 %.

Максимальні значення вмісту сухих речовин отримано за ярусного обробітку ґрунту незалежно від системи удобрення: 17,83 % (органічна) та 18,23 % (органічно-мінеральна). Отримані результати вказують на високу ефективність глибокого розпушування з диференціацією за глибиною (ярусний обробіток), що покращує аерацію ґрунту, водно-повітряний режим і створює сприятливі умови для розвитку кореневої системи конюшини лучної.

Оранка плугом ПЯ-4-40 забезпечила приріст сухих речовин на 0,23 % та 0,38 % порівняно до контролю і чизельним обробітком за органічної системи удобрення, а також на 0,32 % та 0,52 % за органо-мінеральної системи удобрення (Нір₀₅ = 0,55).

Отримані результати дослідження свідчать про тенденцію до позитивного впливу ярусного обробітку ґрунту на якість фітомаси у конюшини лучної, зокрема на вміст сухих речовин в зеленій масі.

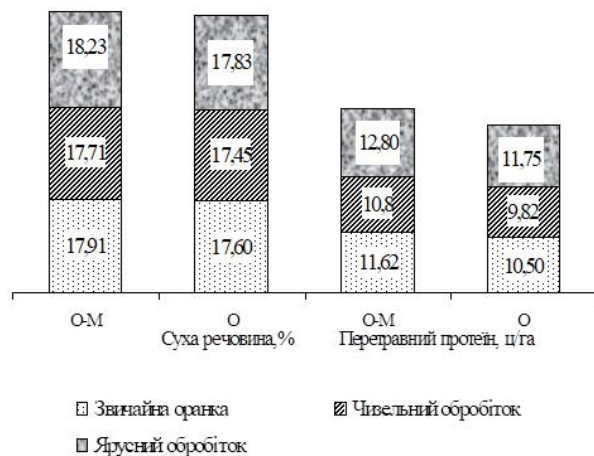


Рис. 1. Вплив способу основного обробітку ґрунту та системи удобрення на нагромадження сухих речовин та вихід перетравного протеїну із зеленої маси конюшини лучної (середнє за два укоси)

Такий підхід, зокрема поєднання органо-мінерального удобрення та ярусного обробітку ґрунту, позитивно впливає на продуктивність культури та її кормову цінність, демонструючи високий потенціал для ефективного вирощування конюшини лучної.

Однак на основі отриманих нами результатів дослідження встановлено, що вміст сухих речовин у зеленій масі конюшини лучної не проявляє суттєвої варіативності залежно від способу обробітку ґрунту та системи удобрення.

Аналіз отриманих результатів за виходом перетравного протеїну із зеленої маси конюшини свідчить про чітку тенденцію до переваги органо-мінеральної системи удобрення над органічною. Зокрема на органо-мінеральному фоні удобрення вихід перетравного протеїну становив 10,8–12,80 ц/га, тоді як на органічному – 9,82–11,75 ц/га.

Найвищий вихід перетравного протеїну отримано у варіанті за ярусного обробітку ґрунту в поєднанні з органо-мінеральним удобренням – 12,80 ц/га. Найменше значення отримано у варіанті чизельного обробітку за органічної системи удобрення (10,50 ц/га), різниця становила +2,30 ц/га, або 21,9 %.

Встановлено також, що на фоні однакового способу обробітку ґрунту застосування органо-мінерального удобрення сприяло збільшенню виходу перетравного протеїну на 0,87–1,07 ц/га порівняно з органічним. Водночас ярусний обробіток стабільно забезпечував найвищі показники

незалежно від системи удобрення, що показує вищу ефективність ярусного обробітку ґрунту. Отже, поєднання ярусного обробітку з органо-мінеральною системою живлення – найефективніший агротехнічний захід для збільшення протеїнової продуктивності конюшини.

У сучасному кормовиробництві однією з основних вимог до зелених кормів є їхня збалансованість за вмістом основних поживних речовин, у тому числі макро- та мікроелементів. Мінеральні речовини, зокрема азот, фосфор і калій, є незамінними компонентами раціону жуйних тварин, оскільки беруть участь у процесах метаболізму, формуванні ферментних систем, кісткової тканини, а також впливають на продуктивність і загальний фізіологічний стан тварин.

У процесі вирощування конюшини лучної мінеральний склад зеленої маси формується під впливом комплексу агротехнічних факторів: системи удобрення, способу обробітку ґрунту, фаз розвитку рослин і кратності скошування тощо. Внесення мінеральних або органо-мінеральних добрив здатне суттєво змінювати як абсолютний вміст макроелементів у біомасі, так і співвідношення між ними, що критично важливо у формуванні якісного повноцінного корму.

Практика кормовиробництва свідчить, що не лише загальний рівень мінералів у рослинній масі, а оптимальне співвідношення між N, P та K визначає рівень засвоєння поживних речовин та їхню ефективність у раціоні. Надмірне внесення добрив без урахування цих пропорцій може призвести до погіршення якості корму навіть за високої врожайності.

З огляду на це, важливим завданням є впровадження раціонального удобрення, що забезпечує високу продуктивність травостою та формування зеленої маси з високою біологічною цінністю для годівлі тварин. Саме такий підхід – основа сталого розвитку кормовиробництва, спрямованого на забезпечення тваринництва повноцінними й безпечними кормами.

Важливе значення для тваринництва має також уміст азоту, фосфору та калію в сухих речовинах зеленої маси конюшини лучної залежно від способу основного обробітку ґрунту та системи удобрення (рис. 2).

Уміст азоту в сухих речовинах становив 2,44–2,73 %. Найбільша кількість цього елемента (2,73 %), що свідчить про покращення білкової цінності корму, була у варіанті застосування ярусного обробітку ґрунту у поєднанні з органо-мінеральним удобренням. Найменше значення (2,44 %) отримано за чизельного обробітку ґрунту за органічної системи удобрення. Порівняння усіх варіантів

показало, що різниця між органо-мінеральною та органічною системами удобрення залишалася порівняно стабільною – у межах 0,11–0,20 %.

Уміст фосфору в масі сухих речовин становив 0,23–0,37 %. Найвищі показники цього макроелемента також отримано за органо-мінерального удобрення, незалежно від способу обробітку ґрунту, що вказує на ефективність комбінованого внесення органічних і мінеральних добрив у поліпшенні фосфорного живлення рослин. Максимальне значення (0,37 %) отримано у варіанті ярусного обробітку ґрунту та органо-мінерального удобрення. Різниця за вмістом фосфору між системами удобрення сягала до 0,07 %.

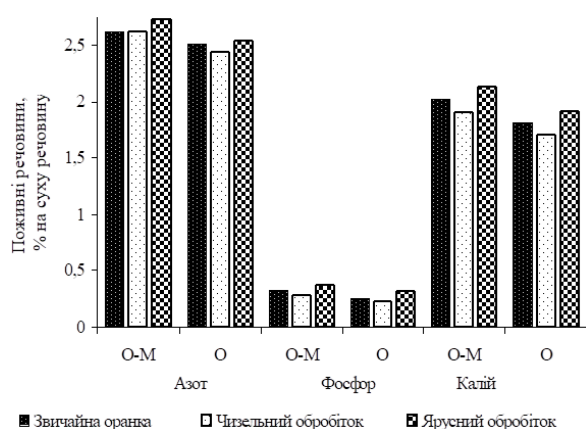


Рис. 2. Вплив способу основного обробітку ґрунту та удобрення на вміст поживних речовин, % на суху речовину (за два укоси)

Показник умісту калію становив 1,70–2,13 %. Найбільше калію (2,13 %) отримано за ярусного обробітку ґрунту у поєднанні з органо-мінеральною системою удобрення, тоді як найменший показник (1,70 %) встановлено за чизельного обробітку з органічним удобренням. У всіх варіантах дослідження різниця між системами удобрення не перевищувала 0,21 %.

Отже, у формуванні якісної фітомаси конюшини лучної позитивний ефект забезпечувало поєднання ярусного обробітку ґрунту з органо-мінеральною системою удобрення.

Висновки. Продуктивність і якість зеленої маси конюшини лучної залежать від способу обробітку ґрунту та системи удобрення. Ярусний обробіток ґрунту в поєднанні з органо-мінеральним удобренням забезпечує максимальний вміст сухих речовин, підвищує накопичення перетравного протеїну та вміст азоту, фосфору й калію, що покращує кормову цінність рослин.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні вмісту сирого жиру, безазотистих екстрактивних речовин (БЕР), клітковини та інших складових хімічного складу зеленої маси з метою підвищення її кормової цінності та ефективності виробництва кормів.

Бібліографічний список

1. Гудзь В. П., Примак І. Д., Танчик С. П., Шувар І. А. Землеробство. 3-тє вид., переробл. та допов. Київ: ЦУЛ, 2014. 480 с.
2. Забарна Т. А. Кормова продуктивність сортів конюшини лучної залежно від способу вирощування та удобрення в умовах Лісостепу Правобережного: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.12. Вінниця: Вінницький нац. аграр. ун-т, 2012. 200 с.
3. Коник Г. С., Байструк-Глодан Л. З. Характеристика перспективного сорту конюшини повзучої Східничанка. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2012. Вип. 54, ч. II. С. 50–53.
4. Мащак Я. І., Мізерник Д. І. Урожайність вироджених травостоїв залежно від всіяних видів і норм бобових трав. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 9. С. 16–19.
5. Шувар І. А., Гудзь В. П., Печенюк В. І. [та ін.]. Обробіток ґрунту у адаптивно-ландшафтних системах землеробства. Львів, 2011. 382 с.
6. Патица В. П., Петриченко В. Ф. Мікробна азотфікація у сучасному кормовиробництві. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 3–11.
7. Петриченко В. Ф. Обґрунтування технологій вирощування кормових культур та енергозбереження в польовому кормовиробництві. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 10 (спецвип.). С. 6–10.
8. Прогресивні технології вирощування кормових культур / за ред. Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнева. Харків: Майдан, 2008. 333 с.
9. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ: ВД «ЕКМО», 2007. 44 с.
10. Стоцька С. В., Мойсеєнко В. В., Панчишин В. З. Вплив елементів технології вирощування конюшини лучної на якість листостеблової маси. *Агробіологія*. 2018. № 1 (138). С. 215–224.
11. Фурсова Г. К., Фурсов Д. І., Сергєєв В. В. Рослинництво: лабораторно-практичні заняття. Технічні та кормові культури. Ч. II. Харків: ТО Ексклюзив, 2008. 356 с.
12. Dudar I., Shuvar I., Korpita H., Balkovskyi V., Shuvar B., Shuvar A., Kropyvnytskyi R. The effect of tillage method on the nutrient regime of soil during the growing of *Trifolium pratense*. *Acta Technologica Agriculturae*. 2023. Vol. 26, No 1. P. 29–35. DOI: 10.2478/ata-2023-0004.
13. Mihovsky Ts., Naydenova G. Comparative study on Czech cultivars of red clover (*Trifolium pratense* L.) in the conditions of the central northern Bulgaria. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2017. Vol. 23, № 5. P. 739–742.
14. Shuvar I., Dudar I., Dudar O., Korpita H., Shuvar B. Formation of soil microflora in *Trifolium pratense*'s agrocenosis depending on the method of tillage. *BIO Web of Conferences*. 2021. Vol. 36. Art. 03008. DOI: 10.1051/bioconf/20213603008.

Стаття надійшла 18.02.2025

Розділ 3

РОСЛИННИЦТВО

УДК 635.655:631.527

УРОЖАЙНІСТЬ ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМИ ВИСІВУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО УКРАЇНИ

В. Лихочвор, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-0377-6157

М. Андрушко, доктор філософії

ORCID ID: 0000-0002-4099-7605

О. Андрушко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-3825-6960

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.067>

Лихочвор В., Андрушко М., Андрушко О. Урожайність гороху залежно від норми висіву в умовах Лісостепу Західного України

З метою встановлення оптимальної норми висіву гороху сорту Саламанка в умовах достатнього зволоження Західного Лісостепу були проведені польові дослідження на дослідному полі Львівського національного університету природокористування у 2022–2024 роках. Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений з умістом гумусу 2,2 %. Облікова площа 50 м², повторність дослідів – триразова. Розміщення ділянок систематичне. Досліджували норми висіву в діапазоні 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4 млн/га. Вирощували горох за інтенсивною технологією, яка передбачала дотримання усіх елементів технології. Попередник гороху – озима пшениця. Система удобрення передбачала: P₆₀K₆₀ + N₆₀ + Mg₂₀ + S₃₀ + Інтермаг бобові (2 л/га). Азотні добрива (аміачна селітра, N₃₄) були використані для мінералізації соломки і внесені в жнива після збирання озимої пшениці перед дискуванням. Суперфосфат потрійний (P₄₆), хлористий калій (K₆₀) та сірчані добрива (Вігор, S₉₀) вносили восени під оранку. Магнієві (сульфат магнію, S₃₀Mg₂₀) навесні у передпосівний обробіток ґрунту. Мікродобриво Інтермаг бобові вносили на початку фази бутонізації гороху одночасно з фунгіцидом Фокс. Строки сівби 1–3 квітня. Норма висіву згідно зі схемою дослідів. Глибина сівби 5 см.

Встановлено, що найвища врожайність (5,60 т/га) зерна сорту Саламанка в середньому за три роки досліджень формувалась за норми висіву 1,0 млн/га. Високою вона залишалась також за норми висіву 0,9 млн/га – 5,54 т/га. Загущення посівів гороху призводило до зменшення урожайності зерна. Так, за норми висіву 1,1 млн/га вона становила 5,48 т/га, що менше порівняно з нормою висіву 1,0 млн/га на 0,12 т/га. За норми висіву 1,2 млн/га відбулось подальше зниження урожайності до 5,38 т/га. Збільшення норми висіву до 1,3 млн/га спричинило падіння врожайності до 5,29 т/га, що менше з найурожайнішим варіантом на 0,31 т/га. Підвищення норми висіву до 1,4 млн/га зумовило зниження врожайності до 5,15 т/га, що менше порівняно з нормою 1,0 млн/га на 0,45 т/га. За результатами досліджень встановлено, що найвищу врожайність зерна (5,76 т/га) гороху одержано у 2024 році. У 2023 році урожайність була дещо меншою – 5,56 т/га, а найнижчою вона виявилась у перший рік досліджень – 4,90 т/га. Під впливом гідротермічних умов року врожайність гороху змінювалась у ширшому діапазоні (0,86 т/га), ніж під впливом норми висіву (0,45 т/га).

Ключові слова: горох, норма висіву, гідротермічні умови, урожайність.

Lykhochvor V., Andrushko M., Andrushko O. Pea yield depending on sowing rates in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine

During 2022 - 2024, field studies were carried out at the experimental site of Lviv National Environmental University to determine the optimal sowing rate for the Salamanca pea variety under conditions of sufficient moisture in the Western Forest-Steppe region. The soil at the experimental plot is classified as dark gray podzolized, with a humus content of 2.2%. The accounting area measures 50 m², and the experiments were repeated three times. The layout of the plots was systematic, with sowing rates evaluated in the range of 0.9; 1.0; 1.1; 1.2; 1.3; 1.4 million seeds per hectare. The peas were cultivated using intensive agricultural practices, ensuring adherence to all technological components. The preceding crop for the peas was winter wheat. The fertilization regimen included P₆₀K₆₀ + N₆₀ + Mg₂₀ + S₃₀ + InterMag legumes (2 l/ha). Nitrogen fertilizers (ammonium nitrate, N₃₄) were applied for straw mineralization following the wheat harvest, before disking. In the fall, triple superphosphate (P₄₆), potassium chloride (K₆₀), and sulfur fertilizers (Vigor, S₉₀) were applied during plowing. Magnesium (magnesium sulfate, S₃₀Mg₂₀) was introduced in the spring as part of the pre-sowing soil cultivation. Additionally, InterMag

legumes microfertilizer was applied at the onset of the pea budding phase, concurrently with the fungicide Fox. Sowing occurred from April 1 to 3, with the seeding rates adhering to the experimental design and a sowing depth of 5 cm.

It was found that the highest yield (5.60 t/ha) of Salamanca variety grain on average over three years of research was formed at a seeding rate of 1.0 million/ha. It also remained high at a seeding rate of 0.9 million/ha – 5.54 t/ha. Thickening of pea crops led to a decrease in grain yield. Thus, at a seeding rate of 1.1 million/ha it was 5.48 t/ha, which is 0.12 t/ha less than the seeding rate of 1.0 million/ha. At a seeding rate of 1.2 million/ha, there was a further decrease in yield to 5.38 t/ha. Increasing the seeding rate to 1.3 million/ha resulted in a yield of 5.29 t/ha, which is 0.31 t/ha lower than the most productive option. Increasing of the seeding rate to 1.4 million/ha caused a decrease of yield to 5.15 t/ha, which is 0.45 t/ha less than the rate of 1.0 million/ha. According to the research results, the highest grain yield of peas (5.76 t/ha) was obtained in 2024. In 2023, the yield was slightly lower – 5.56 t/ha, and the lowest was in the first year of research – 4.90 t/ha. Under the influence of hydrothermal conditions of the year, the yield of peas varied in a wider range (0.86 t/ha) than under the influence of the seeding rate (0.45 t/ha).

Keywords: peas, seeding rate, hydrothermal conditions, yield.

Постановка проблеми. Для формування високопродуктивних посівів потрібна певна площа живлення, за якої рослини будуть мати достатньо поживних речовин, води і сонячної енергії для створення необхідної вегетативної маси і наливу зерна. Урожайність гороху найвища за оптимальної норми висіву, яка залежить від кліматичних умов, родючості ґрунту, попередника, удобрення, сорту, строків і способів сівби, якості насіння тощо.

На думку Грищука П. І. [2], науковці та виробничники донині не мають єдиної думки щодо встановлення оптимальної норми висіву для польового ценозу гороху посівного. Дослідження з цієї тематики виконані за різних регіональних умов, а комплексні дослідження з вивчення впливу норм висіву, способу сівби та погодних умов на формування врожаю зерна гороху в багатьох підзонах майже не проводили.

Важливо встановити оптимальну норму висіву сортів гороху для певних ґрунтово-кліматичних умов [7]. Норма висіву має забезпечити оптимальну густоту посіву. Її встановлюють залежно від біологічних особливостей сорту і ґрунтово-кліматичної зони вирощування. Вона коливається від 0,8 до 1,4 млн схожих насінин на гектар [6]. У посушливих умовах висівають насіння менше, у зоні достатнього зволоження більше.

Трапляється чимало суперечливих даних про вплив норми висіву на урожайність зерна гороху, що зумовлено різними ґрунтово-кліматичними умовами, рівнем інтенсифікації технології вирощування тощо, що свідчить про необхідність подальшого проведення досліджень з оптимізації норм висіву нових сортів гороху в умовах Західного Лісостепу.

Потрібно враховувати, що в різних ґрунтово-кліматичних зонах оптимальна густота рослин може коливатися в широких межах і не залишається сталою впродовж вегетації. Тому для високопродуктивних сортів гороху необхідно оптимізувати норми висіву в умовах достатнього

зволоження за вирощування їх за інтенсивною технологією.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Незважаючи на великий обсяг теоретичних і експериментальних досліджень, питання встановлення норми висіву гороху неоднозначне і має дискусійний характер. У частини дослідників вищу врожайність зерна гороху одержано за менших норм висіву, в інших – за більшої.

Так, в умовах Одеської області за вивчення норм висіву в діапазоні 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 млн/га найвищу врожайність у сорту Світ (1,16 т/га) та сорту Дарунок Степу (1,89 т/га) одержано за норми висіву 0,9 млн/га. За інших норм висіву врожайність була нижчою [10].

Подібні результати одержано і в інших дослідженнях. Вивчення чотирьох норм висіву (0,8; 1,0; 1,2; 1,4 млн/га) в умовах Лісостепу України показало, що оптимальна норма висіву гороху сорту Аватар становить 1,0 млн/га і забезпечує урожайність 3,27 т/га. Зменшення і збільшення норми висіву призводять до падіння врожайності [9].

У наших дослідженнях у 2017–2019 роках оптимальною нормою висіву гороху сорту Мадонна в умовах достатнього й надмірного зволоження (сума опадів 2017 року була 761 мм, 2018 року – 818 мм, 2019 року – 803 мм) Західного Лісостепу України є 1,0 та 1,1 млн/га. У цих варіантах урожайність зерна в середньому за три роки була найвищою і становила 6,52 т/га та 6,55 т/га. Такий рівень урожайності одержано внаслідок раціонального поєднання густоти рослин перед збиранням (77 та 82 шт./м²) та підвищення показника маси зерна з однієї рослини до 8,96 г та 8,51 г. Збільшення і зменшення норми висіву понад 1,0 і 1,1 млн/га спричинює зниження врожайності [3].

Вищу врожайність сорту Мадонна (6,87 т/га) одержано у перший рік досліджень унаслідок

кращих гідротермічних умов. У 2018 році вона знизилася до 6,25 т/га, або на 0,62 т/га, а в 2019 році була найменшою – 6,00 т/га, що нижче на 0,87 т/га порівняно з 2017 роком. Зменшення врожайності у 2018 році можна пояснити меншою кількістю опадів у квітні (-18 мм від середньобогаторічної норми) та травні (-18 мм) і надмірним зволоженням у червні (+69 мм) та липні (+35 мм). У 2019 році зниження врожайності спричинено перезволоженням у травні (+92 мм). У сорту Мадонна за норми висіву 0,9 млн/га урожайність становила 6,34 т/га. При підвищенні норми висіву до 1,0 та 1,1 млн/га урожайність зросла і була найвищою, відповідно, 6,52 та 6,55 т/га. Подальше збільшення норми висіву до 1,2; 1,3 та 1,4 млн/га призводило до закономірного зменшення врожайності [4].

Для оптимізації норми висіву гороху необхідно також враховувати особливості сорту. Ми встановили, що для досліджуваних сортів оптимальні норми висіву були різними. Так, якщо у сорту Мадонна оптимальною нормою висіву були 1,0 та 1,1 млн/га, то в сорту Готівський найвища продуктивність формувалась за дещо вищої норми висіву, яка становила 1,2 млн/га. У сорту гороху Отаман діапазон оптимальної норми висіву ширший, подібно до сорту Мадонна. Але якщо найвища продуктивність сорту Мадонна формувалась за норми висіву 1,0 та 1,1 млн/га, то в сорту Отаман – за норм висіву 1,1 та 1,2 млн/га [13]. Отже, економічно доцільною нормою висіву для сорту Мадонна є 1,0 млн/га, для сорту Отаман – 1,1 млн/га, для сорту Готівський – 1,2 млн/га [5].

Наші дослідження показали, що достатнє забезпечення вологою та удосконалення елементів технології вирощування в умовах достатнього зволоження Західного Лісостепу України дозволяє стабільно одержувати урожайність зерна гороху на рівні 6–7 т/га [14].

За іншими даними доцільно норму висіву збільшувати до 1,2 млн/га. В умовах Полтавської області вивчали норми висіву (0,8; 1,0; 1,2 млн/га) гороху сорту Мадонна. Найвищу врожайність одержано за норми висіву 1,2 млн/га. За менших норм висіву урожайність зменшувалась, що пояснювалось збільшенням рівня забур'янення [12].

Урожайність сортів гороху Оплот і Меценат вивчали за норм висіву 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 млн/га. Найвищу врожайність в умовах Харківської області одержано за норми висіву 1,2 млн/га [1; 8].

Отже, встановлення оптимальної кількісної норми висіву гороху потребує подальшого вивчення з обов'язковим урахуванням сортових

особливостей, морфотипу рослин, регіону вирощування тощо.

Постановка завдання. Наше завдання – встановити оптимальну норму висіву гороху сорту Саламанка. Польові дослідження проводили в умовах достатнього зволоження Західного Лісостепу на дослідному полі Львівського національного університету природокористування у 2022–2024 роках. Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений з умістом гумусу 2,2 %. Облікова площа 50 м², повторність досліду – триразова. Розміщення ділянок систематичне. Досліджували норми висіву 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4 млн/га.

Вирощували горох за інтенсивною технологією, яка передбачала дотримання усіх елементів технології. Протруювали насіння протруйником Максим XL (флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л) з нормою 1,0 л/т та обробляли бактеріальним добривом Оптімайз Пульс (3,3 л/т). Цей препарат містить чисту культуру азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum* та ліпохіто-олігосахарид, який продовжує термін виживання бактерій на насінні.

Попередником гороху була озима пшениця. Система удобрення така: $P_{60}K_{60} + N_{60} + Mg_{20} + S_{30} + \text{Інтермаг бобові}$ (2 л/га). Азотні добрива (аміачна селітра, N_{34}) використали для мінералізації соломи і внесли у жнива після збирання озимої пшениці перед дискуванням. Суперфосфат потрійний (P_{46}), хлористий калій (K_{60}) вносили восени під оранку. Магнієві та сірчані добрива (сульфат магнію, $S_{30}Mg_{20}$) – навесні у передпосівний обробіток ґрунту. Мікродобриво Інтермаг бобові вносили на початку фази бутонізації гороху одночасно з фунгіцидом Фокс. Строки сівби – 1–3 квітня. Норма висіву згідно зі схемою досліду. Глибина сівби 5 см.

Для боротьби із дводольними та злаковими бур'янами у фазі 5-ти листків вносили гербіцид Базагран (бентазон, 480 г/л) з нормою 2,5 л/га. Навесні для захисту від хвороб двічі посіви обприскували фунгіцидами: у фазі початку бутонізації вносили фунгіцид Фокс (трифлуксистеробін, 150 г/л + протіоконазол, 175 г/л) у нормі 0,5 л/га, та у фазі цвітіння препарат Амістар Екстра (ципроконазол, 80 г/л + азоксистеробін, 200 г/л) у нормі 0,5 л/га. Проти шкідників двічі використовували інсектициди: Фастак (альфа-циперметрин, 100 г/л) у фазі початку цвітіння з нормою 0,20 л/га та Енжіо (тіаметоксам, 141 г/л + лямбда-цигалотрин, 106 л/га) у фазі цвітіння з нормою 0,18 л/га.

Характеристика сорту Саламанка. Оригіна́тор NPZ LEMBKE, сорт зареєстрований у 2014 році. Середньоранній, вегетаційний період до 90 днів. Вусатий, квітки білі, насіння жовте. Висота рослин до 105 см. У бобі міститься до дев'яти зерен. Стійкість до вилягання дуже висока. Високостійкий до розтріскування та осипання. Ідеально підходить для прямого комбайнування. Посухостійкість середня, тому рекомендовано для вирощування в Поліссі, Лісостепу і Степу. Реальна врожайність в Україні – до 55 ц/га, рекорд – 59,5 ц/га у Вінницькій області. Потенціал, згідно з інформацією німецьких селекціонерів, становить 65–70 ц/га. Маса 1000 насінин – 220–260 г. Вміст протеїну – 21–23 %. Високостійкий до хвороб, проте доцільне внесення фунгіцидів. Норма висіву в ранні строки – 85–90 н/м², в оптимальні – 90–100 н/м², у пізні – 100–110 н/м². Глибина сівби – 4–6 см.

Виклад основного матеріалу. Гідротермічні умови – один із найважливіших чинників впливу на формування урожаю зерна гороху. Аналіз даних табл. 1 показує, що температура повітря в роки досліджень була вищою від середніх багаторічних даних, за винятком квітня 2022 та 2023 років, де вона була нижчою від норми відповідно на 0,8 °C та 0,3 °C. Температура повітря у червні та липні у фазах формування бобів та наливу зерна була вищою від норми в усі роки досліджень. У 2024 році, на відміну від двох попередніх років, у квітні

температура була вища за норму аж на 3,1 °C, у травні – на 1,7 °C. Це позитивно вплинуло на формування кореневої системи, на темпи стартового росту рослин, інтенсивність симбіотичної діяльності, що ймовірно призвело до формування найвищої врожайності у цей рік досліджень.

Опади в період вегетації випадали нерівномірно. У травні 2022 року сума опадів була нижча від норми на 48 мм, а в червні – на 57 мм (табл. 2). Певний брак вологи в період інтенсивного наростання біомаси негативно вплинув на розвиток рослин. Відтак урожайність зерна гороху першого року досліджень була найменша.

У 2023 році спостерігали брак вологи у травні (-55 мм). Проте достатні запаси вологи в ґрунті внаслідок квітневих дощів та достатньо вологи у червні забезпечили збільшення врожайності порівняно з 2022 роком. До того ж, певні втрати зерна під час збирання були спричинені великою кількістю опадів (120 мм) у липні 2023 року.

Незважаючи на відсутність опадів у травні 2024 року, саме третього року досліджень одержали найвищу врожайність зерна гороху сорту Саламанка. Достатня кількість опадів у квітні й червні у поєднанні з вищими температурами повітря у 2024 році, забезпечили добру симбіотичну продуктивність, вищу кількість бобів і насінин на рослині, масу 1000 насінин.

Таблиця 1

Температура повітря в роки проведення досліджень, °C [11]

Місяць	Середні багаторічні дані	2022 р.	Відхилення від середніх багаторічних	2023 р.	Відхилення від середніх багаторічних	2024 р.	Відхилення від середніх багаторічних
Квітень	8,1	7,3	-0,8	7,8	-0,3	11,2	+3,1
Травень	14,0	14,1	+0,1	14,0	0,0	15,7	+1,7
Червень	16,9	19,4	+2,5	18,0	+1,1	19,4	+2,5
Липень	18,6	19,5	+0,9	19,6	+1,0	21,4	+2,8

Таблиця 2

Сума опадів у роки проведення досліджень, мм [11]

Місяць	Середні багаторічні дані	2022 р.	Відхилення від середніх багаторічних	2023 р.	Відхилення від середніх багаторічних	2024 р.	Відхилення від середніх багаторічних
Квітень	42	67	+25	59	+17	58	+16
Травень	69	21	-48	14	-55	5	-64
Червень	84	27	-57	109	+25	98	+14
Липень	88	120	+32	120	+32	76	-12

За результатами досліджень встановлено, що найвищу врожайність зерна (5,76 т/га) гороху одержано у 2024 році (табл. 3). У 2023 році врожайність була дещо меншою – 5,56 т/га, а найнижчою вона виявилась першого року досліджень – 4,90 т/га. Під впливом гідротермічних умов року врожайність гороху змінювалась у ширшому діапазоні (0,86 т/га), ніж під впливом норми висіву (0,45 т/га).

Аналіз залежності продуктивності рослин гороху залежно від норм висіву насіння показує, що найвища врожайність (5,60 т/га) зерна сорту Саламанка в середньому за три роки досліджень формувалась за норми висіву 1,0 млн/га (табл. 3). Високою вона залишалась також за норми висіву

0,9 млн/га – 5,54 т/га. Різницю в урожайності між цими двома варіантами статистично не доведено. Загущення посівів гороху призводило до зменшення урожайності зерна. Так, за норми висіву 1,1 млн/га вона становила 5,48 т/га, що менше порівняно з нормою висіву 1,0 млн/га на 0,12 т/га. За норми висіву 1,2 млн/га відбулось подальше зниження урожайності до 5,38 т/га. Збільшення норми висіву до 1,3 млн/га спричинило падіння врожайності до 5,29 т/га, що менше з найурожайнішим варіантом на 0,31 т/га. Підвищення норми висіву до 1,4 млн/га зумовило зниження врожайності до 5,15 т/га, що менше порівняно з нормою 1,0 млн/га на 0,45 т/га.

Таблиця 3

**Урожайність зерна гороху сорту Саламанка
залежно від норм висіву, т/га**

Норма висіву, млн/га	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки	Відхилення урожаю, +/-	
					т/га	%
0,9	5,02	5,65	5,95	5,54	-0,06	1,1
1,0	5,05	5,71	6,04	5,60	-	-
1,1	5,10	5,54	5,80	5,48	-0,12	2,1
1,2	4,90	5,54	5,70	5,38	-0,22	3,9
1,3	4,75	5,50	5,62	5,29	-0,31	5,5
1,4	4,58	5,42	5,45	5,15	-0,45	8,0
Середнє за рік	4,90	5,56	5,76	5,41		
НІР _{0,5} т/га	0,12	0,14	0,16	-		

Висновки. 1. Урожайність зерна гороху сорту Саламанка змінювалась під впливом гідротермічних умов року в інтервалі від 4,90 т/га у 2022 році до 5,76 т/га у 2024 році, тобто на 0,86 т/га.

2. Висока врожайність формувалась за норм висіву 0,9; 1,0 та 1,1 млн/га. Найкращі умови для реалізації генетичного потенціалу продуктивності гороху складаються за норми висіву 1,0 млн/га, за якої урожайність була найвищою і становила 5,60 т/га. Під впливом норми висіву урожайність змінювалась від 5,60 т/га у варіанті з нормою висіву 1,0 млн/га до 5,15 т/га за максимальної норми висіву 1,4 млн/га, або на 0,45 т/га.

Бібліографічний список

1. Глибокий О. М. Удосконалення елементів технології вирощування сортів гороху у східній частині Лісостепу України: дис. д-ра філософії: 201-Агрономія. Харків, 2023. 232 с.
2. Гришук П. І. Вплив щільності агроценозу гороху посівного на його зернову продуктивність. *Вісник*

Уманського національного університету садівництва. 2017. № 2. С. 48–51.

3. Лихочвор В. В., Андрушко М. О. Вплив норм висіву гороху на елементи структури та врожайність зерна. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2019. № 4. С. 51–57. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.06>

4. Лихочвор В. В., Андрушко М. О. Урожайність гороху сорту Мадонна залежно від норми висіву. *Науковий журнал Житомирського національного агроекологічного університету. Наукові горизонти.* 2019. № 12. С. 53–59. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-85-12-53-59

5. Лихочвор В. В., Андрушко М. О. Продуктивність гороху залежно від сорту та норм висіву. *Вісник аграрної науки Причорномор'я: науковий журнал.* 2020. Вип. 2. С. 54–62. Миколаїв, 2020. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-2\(106\)-6visnyk.mnau.edu.ua](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-2(106)-6visnyk.mnau.edu.ua)

6. Лихочвор В. В., Проць Р. Р., Долєжал Я. Горох. Львів: Українські технології, 2003. 64 с.

7. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування сільськогосподарських культур. 5-те вид., виправ., допов. Львів: Українські технології, 2021. 806 с.

8. Попов С. І., Глибокий О. М., Авраменко С. В. Формування продуктивності та якості зерна сортів гороху в залежності від норми висіву в умовах східного Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юрєва. 2022. Вип. 121. С. 94–104. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2022.26100194-104>
9. Рибальченко А. М., Косенко В. Ю. Вплив норм висіву гороху на формування елементів структури та врожайності зерна. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 132. С. 204–209. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.25>
10. Руденко В. А. Порівняльна продуктивність зимуючих і ярих сортотипів гороху залежно від норми висіву у південному Степу України: дис. д-ра філософії: 201-Агрономія. Одеса, 2023. 195 с.
11. Статистика погоди. Кліматичні дані по роках і місяцях. Львівська область, Жовківський район, м. Дубляни. URL: <https://meteopost.com/weather/climate/> (дата звернення: 30.01.2025).
12. Шокало Н. С., Бажан Б. О., Озаров А. С. Формування насіннєвої продуктивності гороху залежно від норм висіву. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 1 (96). С. 61–66. DOI: 10.31210/visnyk2020.01.06
13. Andrushko M., Lykhochvor V., Andrushko O. The influence of variety and rate sowing on the yield and quality of pea grain (*Pisum sativum*). *Teka. Quarterly journal of agri-food industry*. Rzeszow-Lviv. 2019. Vol. 19, No 4. Pp. 13–22.
14. Lykhochvor V., Andrushko M., Andrushko O. Influence of variety, elements of the fertilization system, sowing rates of seeds on the pea yield (*Pisum sativum*). *Folia pomeranae universitatis technologiae stetinensis*. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech. 2020. Wydanie 355 (54) 2. Pp. 23–30. DOI: 10.21005/AAPZ2020.54.2.03

Стаття надійшла 03.02.2025

УДК 633.11:631.53.04

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ

В. Лихочвор, д. с.-г.н.

ORCID ID: 0000-0003-0377-6157

В. Альохін, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0009-0008-5657-2303

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.073>

Лихочвор В., Альохін В. Формування врожайності озимої пшениці залежно від строків сівби

Вивчено вплив строків сівби пшениці озимої сорту РЖТ Реформ на урожайність, зокрема надпізніх строків при розміщенні після цукрового буряка. Досліджували з інтервалом 20 днів такі строки сівби: 10 і 30 вересня; 20 жовтня; 10 і 30 листопада; 20 грудня. Відповідно до строків сівби розраховували норму висіву. За вересневих строків вона становила 3,0 млн/га, у жовтні – 5,5 млн/га, у листопаді – 7,0 млн/га, у грудні – 7,5 млн/га. Виявлено, що за пізніших строків сівби польова схожість знижується: у жовтні до 89,2–86,1 %, листопаді – до 81,4 %, грудні – до 76,5 %. Зимостійкість коливалась у межах 98,7–95,0%. Виживаність рослин становила 92,4–88,8 %, теж дещо зменшуючись за пізніших строків сівби. Густота рослин (509–455 шт./м²) була вища за пізніх строків сівби, що можна пояснити вищими нормами висіву. Густота продуктивного стеблостою найвища за сівби у вересні та жовтні (590–630 шт./м²), у листопаді знизилась до 568–535 шт./м², у грудні – до 500 шт./м². Досліджено, що коефіцієнт продуктивного кущіння був найвищим у вересневі строки і становив 2,55–3,33. За сівби у листопаді і грудні рослини не досягали фази початку кущіння, коефіцієнт продуктивного кущіння наближався до одиниці (1,10–1,14). Встановлено, що кількість колосків у колосі була стабільною за всіх строків сівби (16,1–17,4 шт.), максимальна кількість зерен у колосі (48 шт.) була зафіксована за сівби 30 вересня. Маса зерна з колоса у всіх варіантах була високою, за сівби 30 вересня і 20 жовтня вона дорівнювала 1,61–1,60 г, а в листопаді – грудні знизилась до 1,55 г. Найвища урожайність зерна (10,14 т/га) озимої пшениці в умовах Західного Лісостепу України формувалась за сівби 30 вересня. У листопаді урожайність зменшилась порівняно із сівбою 30 вересня, на 1,34 т/га та 1,85 т/га, а в грудні – на 2,39 т/га. Оптимальні строки сівби пшениці озимої сорту РЖТ Реформ в умовах Західного Лісостепу припадають на період із 20 вересня по 10 жовтня. В умовах глобальних кліматичних змін обґрунтована можливість одержання 7–8 т/га зерна за сівби у листопаді-грудні. Зауважено, що для врожайності на рівні 10 т/га оптимальне таке поєднання елементів структури: густота продуктивного стеблостою має становити орієнтовно 630 шт./м², маса зерна з колоса – 1,61 г.

Ключові слова: озима пшениця, строки сівби, структура врожаю, урожайність.

Lykhochvor V., Aliokhin V. Formation of winter wheat yield depending on sowing dates

The influence of sowing dates on the yield of winter wheat, specifically the RZhT Reform variety, was studied, including very late sowing dates following sugar beet cultivation. The examined sowing dates were spaced 20 days apart: September 10 and 30, October 20, November 10 and 30, and December 20. Sowing rates were calculated as follows: for September, it was 3.0 million seeds per hectare; for October, 5.5 million seeds per hectare; for November, 7.0 million seeds per hectare; and for December, 7.5 million seeds per hectare. The results indicated that field germination decreased for later sowing dates: in October, it ranged from 89.2% to 86.1%; in November, it was 81.4%; and in December, it decreased to 76.5%. Winter hardiness varied between 98.7% and 95.0%. Plant survival rates were between 92.4% and 88.8%, also showing a slight decline with later sowing dates. Interestingly, plant density was higher at later sowing dates, recorded at 509 to 455 plants per square meter, which can be attributed to the increased seeding rates. The density of productive stems was highest at the September and October sowing dates, reaching 590 to 630 plants per square meter. In November, this density decreased to between 568 and 535 plants per square meter, and in December, it further declined to 500 plants per square meter. The productive tillering coefficient was highest in September, ranging from 2.55 to 3.33. However, for November and December sowing dates, the plants did not reach the beginning of tillering, resulting in a productive tillering coefficient close to one (1.10 to 1.14). The number of spikelets per ear remained stable across all sowing dates, ranging from 16.1 to 17.4 spikelets. The maximum number of grains per ear (48 grains) was recorded for the September 30 sowing date. The mass of grain per ear was consistently high across all variants; for the September 30 and October 20 sowing dates, it measured 1.61 and 1.60 grams, respectively, while it decreased to 1.55 grams in November and December. The highest grain yield of 10.14 tons per hectare for winter wheat in the Western Forest-Steppe of Ukraine was achieved with the September 30 sowing date. In November, the yield decreased by 1.34 tons per hectare compared to the September 30 date, and by 1.85 tons per hectare in December – a decline of 2.39 tons per hectare. Based on this study, the optimal sowing dates for the RZhT Reform variety of winter wheat in the Western Forest-Steppe region are from September 20 to October 10. Given the conditions of global climate change, it is

feasible to achieve a yield of 7 to 8 tons per hectare when sowing in November or December. For a target yield of 10 tons per hectare, the optimal combination of structural elements should include approximately 630 productive stems per square meter and a grain mass per ear of 1.61 grams.

Keywords: winter wheat, sowing dates, crop structure, yield.

Постановка проблеми. Пшениця озима залишається основною польовою культурою в Україні. Впродовж останніх десятиліть зміна температури та суми опадів зумовлює значні відмінності розвитку рослини у кожний міжфазний період вегетації. Строки її сівби змінилися через глобальну зміну клімату, і не тільки в Україні, а й в усьому світі. Потребують перегляду строки сівби пшениці озимої майже в усіх зонах вирощування. Сіють у пізніші строки без чіткої прив'язки до календаря, більше враховують середньодобову температуру повітря, вологість ґрунту, збір попередника, підготовку ґрунту до сівби та інші чинники. Висока врожайність озимої пшениці можлива лише при науковому обґрунтуванні строків сівби для певних ґрунтово-кліматичних умов. Особливо важливо вивчити вплив норми висіву на урожайність за розміщення пшениці після пізніх попередників: сої, соняшника, кукурудзи на зерно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багаторічні дослідження науково-дослідних установ України і країн ЄС показують, що тільки за сівби в оптимальні строки рослини можуть повністю використати всі необхідні чинники життя для свого росту і розвитку та забезпечити найвищу врожайність зерна озимої пшениці. Встановлено, що продуктивність рослин зменшується як за ранніх, так і за пізніх строків сівби [10; 20].

За ранніх строків сівби відбувається фізіологічне старіння пшениці озимої, вона розвиває велику вегетативну масу і має високу загальну кущистість. Унаслідок переростання рослини починають інтенсивно використовувати запасні речовини і стають менш стійкими до несприятливих умов, знижують зимостійкість, схильні до випрівання. Такі посіви зазвичай більше уражаються хворобами і пошкоджуються шкідниками (злакові мухи, іржа, борошниста роса, кореневі гнилі) [11].

Рослини пізніх строків сівби мають тривалий період сівба-сходи, не встигають восени розкущитись, розвинути достатню кореневу систему і надземну масу. Вони формують переважно одностебловий морфотип рослини.

Сприятливі умови для проведення сівби пшениці озимої настають, коли встановлюється середньодобова температура повітря 14–15 °С, осіння вегетація триває 40–50 днів і рослини формують три пагони [8].

За останні 25 років відбулися значні кліматичні зміни, насамперед щодо температурного режиму. Тому оптимальні строки сівби змістилися на більш пізні практично у всіх ґрунтово-кліматичних зонах. Для прикладу, до 1990 року для умов Західного Лісостепу більшість дослідників вважали оптимальними календарними строками сівби 10–25 вересня, а для зони Полісся – 5–25 вересня. Зараз оптимальні строки сівби змістилися на пізніші: 20 вересня – 5 жовтня. Оптимальні строки сівби для умов Західного Лісостепу за даними дослідників можуть бути різними: 20 вересня [13], 30 вересня [8], 15–30 вересня [11]. У зв'язку з процесами глобального потепління клімату оптимальні строки сівби в умовах Рівненської області змістилися з 15–25 вересня у 80–90-ті роки ХХ ст. до 25 вересня–5 жовтня — на початку ХХІ ст. [9].

У інших дослідженнях теж встановлено тенденцію до зміщення термінів сівби пшениці озимої в бік пізніших: порівняно з термінами сівби в 50-ті роки минулого століття – на 30 днів; 70-ті – 20; 80-ті – 15–20; 90-ті роки – на 10 днів. Нині оптимальні строки сівби припадають на 30 вересня і значною мірою залежать від генотипу [13].

На думку Орлова О. [7], внаслідок подовження осіннього вегетаційного періоду пшениці озимої високу врожайність можуть забезпечити також посіви, висіяні навіть 10–20 жовтня.

Водночас трапляються протилежні дані щодо строків сівби. В умовах Полісся максимальну врожайність зерна пшениці озимої (3,56 т/га) отримано за сівби 10 вересня. За сівби 10 жовтня урожайність зерна пшениці знижувалася на 1,02 т/га [12]. З огляду на низький рівень урожайності, можливо, це наслідок використання «бідної» технології вирощування.

Відстежується також закономірність у Степу України сіяти рано, тоді як у Лісостепу, й особливо Лісостепу Західному, рекомендовані пізніші строки. Також є рекомендації щодо встановлення строків сівби за наявності продуктивної вологи в ґрунті.

В умовах Полтавської області найвищу врожайність пшениці озимої, залежно від погодно-кліматичних умов року, одержували в широкому діапазоні – від 25 серпня до 5 жовтня. Дійдено висновку про необхідність визначення оптимального строку сівби пшениці озимої для умов конкретного

року [6]. За іншими даними, у Полтавській області внаслідок різного рівня метеорологічного забезпечення та різних строків сівби найвищу врожайність (5,36 т/га) забезпечив сорт Богемія за сівби 20 вересня та сорт Косовиця за строку сівби 30 вересня (5,29 т/га) [14]. В умовах південного Лісостепу найвищу врожайність зерна одержано за сівби 5 жовтня [1].

За даними Інституту зернових культур НААН в умовах північної підзони Степу максимальна врожайність у 2016–2018 роках формувалась за оптимального строку сівби (25 вересня). При зміщенні строків сівби як у бік ранніх (5 вересня), так і в бік пізніх (10 жовтня) урожайність зерна пшениці озимої знижувалась у середньому на 0,36 та 0,56 т/га відповідно [15].

Дослідженнями Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН за останні десять років встановлено, що кращими строками сівби в лісостеповій зоні Харківської області є період з 10 по 25 вересня, а в степовій – з 15 по 30 вересня. Допустимими строками сівби для лісостепової зони є 1 жовтня, а для степової – 5 жовтня. За наявності вологи у ґрунті на початку вересня та несприятливого прогнозу щодо вірогідності опадів, доцільно не відкладати сівбу, а сіяти насінням, протруєним комбінованими протруйниками з інсектицидним компонентом [4].

Сівба пшениці озимої ранніх строків сівби (10.09 та 10.10) гарантує оптимальний розвиток та високу продуктивність рослин. У 2023 році сприятливі умови для формування урожайності складались за сівби 10 вересня – 20 жовтня. Найбільш урожайними були сорти Краєвид – 8,02 т/га, Пилипівка – 6,72 т/га, Вигодка – 6,68 т/га, та МПП Вишиванка – 6,54 т/га, максимальні показники яких отримано за сівби 10 жовтня. Найменша урожайність формувалась у більш пізні строки сівби, а саме 10 листопада [3].

Враховуючи необхідність накопичення посівами пшениці озимої впродовж осіннього періоду вегетації близько 350 °С та подовження осіннього періоду її росту і розвитку, необхідно строки її сівби у середньому в зоні Лісостепу Правобережного змістити на 11 днів у напрямі пізніших строків. Проте у деякі роки ці терміни ще можуть бути зміщені на більш пізні [2].

У Республіці Польща залежно від регіону рекомендовано строки сівби від надранніх 5–15 вересня до надпізніх 5–20 жовтня. Відзначається зміщення строків сівби в сторону пізніх [22]. В умовах Узбекистану найвищу урожайність пшениці озимої одержали за пізньої сівби 1–20 жовтня [19]. У зв'язку з глобальним потеплінням про

необхідність зміщення строків сівби на пізніші в різних регіонах світу, вказують також інші дослідники [16–18].

Отже, в результаті проведення експериментальних польових досліджень встановлено, що оптимальні та допустимі строки сівби у різних ґрунтово-кліматичних зонах відрізняються. Проте окремі агроформування сіють і значно пізніше від рекомендованих строків, через попередників, які пізно звільняють поле: переважно це кукурудза на зерно, цукровий буряк, соя, соняшник. Тому виникла потреба дослідити вплив надпізніх строків сівби пшениці озимої на проходження процесів росту і розвитку та формування урожайності та якості зерна.

Постановка завдання. Для виявлення впливу надпізніх строків сівби пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу України були проведені польові дослідження на темно-сірому ґрунті в умовах господарства «АгроЕкспресСервіс» Дубнівського району Рівненської області. Облікова площа – 50 м², повторність досліду – триразова. Розміщення ділянок – систематизоване. У 2022–2024 роках вивчали ранні, оптимальні, пізні й надпізні строки з інтервалом у 20 днів, що нерідко застосовуються на виробництві і які стали можливими у зв'язку з глобальним потеплінням і розміщенням озимої пшениці після соняшнику, сої та особливо після кукурудзи на зерно та цукрового буряку.

Основні елементи технології вирощування були такими. Попередник – цукровий буряк. Підготовка ґрунту – оранка і передпосівний обробіток Компактором. Норма висіву залежала від строку сівби і подана в табл. 1. Сіяли сівалкою СН-16А з міжряддями 15 см. Глибина загортання насіння – 3 см. Сорт озимої пшениці – РЖТ Реформ. Насіння протруєне фунгіцидно-інсектицидним протруйником Селест Топ (1л/т). Норма внесення мінеральних добрив становила N₁₈₀P₉₀K₁₂₀. Фосфорні та калійні добрива вносились під оранку, азотні в три підживлення навесні. Перше підживлення провели по таломерзлому ґрунті (N₇₀), друге на початку виходу рослин у трубку (N₉₀), третє у фазі колосіння (N₄₀). Для забезпечення високоефективного використання добрив, знищення бур'янів-конкурентів за елементи живлення на початкових фазах росту, восени посіви обробили гербіцидом Стомп (4 л/га). Навесні у фазі кушіння для захисту від вилягання, інтенсифікації процесу весняного кушіння і синхронного розвитку стебел внесли морфо-регулятор хлормекватхлорид (1,5 л/га). Для захисту

від хвороб посіви тричі обприскували фунгіцидами: вперше на початку виходу в трубку внесли Флексіті (0,25 л/га), вдруге по прапорцевому листку Абакус (1,25 л/га), втретє у фазі цвітіння Осіріс Стар (1,5 л/га). Для боротьби із шкідниками (трипс, п'явиця) використовували інсектицид Фастак.

Виклад основного матеріалу. Експериментальні дані із встановлення залежності урожайності від досліджуваного чинника найефективніше аргументуються показниками структури врожаю. Дослідники вказують на тісну взаємодію між строками сівби і нормами висіву [16]. У нашому досліді цей взаємозв'язок врахували шляхом збільшення норми висіву. Її встановлювали виходячи з потреби мати до збирання 600 колосів/м². За вересневих строків сівби вона становила 3,0 млн/га, у жовтні – 5,5 млн/га, у листопаді – 7,0 млн/га, у грудні – 7,5 млн/га. Сівба з інтервалом 20 днів давала змогу охопити строки сівби впродовж чотирьох місяців. Враховуючи тривалість яровизації (впродовж 40 днів), озиму пшеницю можна сіяти навіть у зимові вікна у січні та лютому.

Встановлено, що показники польової схожості насіння озимої пшениці за сівби у листопаді – грудні зменшувались до 84,1–76,5 %, що менше порівняно з сівбою 30 вересня – на 14,5 % (табл. 1).

В умовах Західної України загибель озимої пшениці за час перезимівлі незначна і не перевищує 5–10 %. Сівбою в оптимальні строки у добре підготовлений ґрунт можна значно підвищити адаптаційні властивості сортів озимої пшениці, а в роки із сприятливими умовами перезимівлі звести втрати рослин до нуля. Необхідно враховувати, що перенесення строків сівби на жовтень покращує фітосанітарний стан посівів. Зимостійкість рослин у наших дослідженнях залишалась високою і за пізніших строків сівби, коливаючись у межах 92,8–98,7 %.

Виживання рослин за вегетаційний період залежить від багатьох чинників. Значна частина рослин гине внаслідок внутрішньовидової конкуренції. Особливо це характерно для загущених посівів із різноглибинним загортанням насіння. Найбільш гостро проявляється конкурентна боротьба під час росту стебла та інтенсивного наростання біомаси, тобто у фазах виходу в трубку і колосіння. Виживання рослин від сходів до збирання було вищим за сівби 30 вересня та 20 жовтня. Більше рослин випадало за сівби у ранні строки 10 вересня та за пізніх строків. Зниження рівня виживання за ранніх строків сівби можна пояснити надмірним ростом рослин у осінній період їхньої вегетації. За пізніх строків випадання рослин було наслідком комплексу несприятливих умов.

Таблиця 1

Вплив строків сівби на формування густоти рослин і стеблостою озимої пшениці сорту РЖТ Реформ (середнє за 2022–2024 рр.)

10.09	3,0	90,0	96,0	89,2	231	590	2,55
30.09	3,0	91,0	98,7	92,4	249	630	2,53
20.10	5,5	89,2	97,0	90,0	427	590	1,38
10.11	7,0	86,1	95,0	88,8	509	568	1,12
30.11	7,0	81,4	93,7	87,9	469	535	1,14
20.12	7,5	76,5	92,8	85,4	455	500	1,10

Густота рослин під час вегетації постійно змінюється в бік зменшення, оскільки цей показник залежить від трьох складових: польова схожість, перезимівля і виживання за період від сходів до збирання. Високі врожаї одержують як за низької густоти (100 шт./м²), так і у густих посівах (400 шт./м²), застосовуючи певні елементи технології для стимулювання чи обмеження процесу куціння рослин. Густота рослин зростала за пізніх строків сівби за рахунок вищих норм висіву.

Густота продуктивного стеблостою, поряд із масою зерна з колоса, є одним із найважливіших показників структури врожаю. Необхідну густоту

продуктивного стеблостою можна одержати двома шляхами: за оптимальних норм висіву підвищенням коефіцієнта куціння, що спостерігали у наших дослідженнях за ранніх строків сівби; за високих норм висіву з метою одержання одностеблових рослин – за пізніх строків сівби. Необхідно зазначити, що якою б не були норма висіву і строки сівби, рослини за допомогою процесів продуктивного куціння або шляхом редукції пагонів чи утворенням стерильних колосів у процесі стебловідбору, приводять щільність стеблостою до стабільної величини – 550–650 шт./м².

Густота стеблостою перед збиранням залежала насамперед від норми висіву. За пізніх строків сівби, через відсутність осіннього кущіння, неможливо було в усіх варіантах використовувати норму висіву 3,0 млн/га. За допомогою високих норм висіву формували переважно одностеблову рослину, оскільки колос на весняних пагонах кущіння поступається за рівнем індивідуальної продуктивності колосу на головному стеблі. Найвищою густота стеблостою була за сівби 30 вересня (630 шт./м²), що можна пояснити кращим виживанням бокових стебел, зменшенням їх відмирання в процесі стебловідбору порівняно з варіантами з ранньою сівбою. Оскільки за сівби 30 вересня густота колосів найвища, можна вказати на здатність рослин формувати найбільшу густоту продуктивного стеблостою за оптимальних строків сівби, а не за ранніх. За пізніших строків сівби густота колосів зменшувалась до 500–568 шт./м² унаслідок відсутності осіннього кущіння, але була достатньою для формування високих урожаїв.

Коефіцієнт продуктивного кущіння був високим (2,53 та 2,55) за сівби у вересні, що можна пояснити низькою нормою висіву 3,0 млн/га. Пагони кущіння формувались переважно восени, крім варіанта із сівбою 20 жовтня, де бокові пагони одержали також навесні. Коефіцієнт кущіння вище за одиницю одержували за рахунок формування на частині рослин бокових пагонів із відновленням весняної вегетації. Процесу кущіння сприяла тепла погода в листопаді, грудні та навесні. Так, у 2023 році середньомісячна температура у березні становила 4,5 °C (+4,0 °C), у 2024 році – 5,0 °C (+4,5 °C). Крім того, інтенсифікація весняного кущіння обумовлена також достатніми запасами вологи, внесенням навесні N₆₀ та морфорегулятора Хлормекватхлорид.

Під впливом строків сівби змінювались також елементи продуктивності колоса (табл. 2). Довжина колоса була більшою за сівби у вересні. За пізніших строків вона закономірно зменшувалась. Кількість колосків найвища у другому варіанті – 17,4 шт.

Проте у формуванні урожайності більше значення мають кількість зерен у колосі та маса зерна з нього. Ці показники були більшими за сівби 30 вересня. Так, кількість зерен за сівби 1 вересня становила 45 шт., а за сівби 30 вересня зросла до 48 шт.

Кількість зерен із колоса в інших дослідженнях становила 33,1–42,6 шт., що дещо менше порівняно з нашими дослідженнями – 42–48 шт. [5].

Маса зерна з колоса залежить від кількості зерен у колосі та крупності зернівок. Загалом у наших дослідженнях вона була високою. Маса зерна з колоса за сівби 30 вересня зросла до 1,61 г. За сівби у надпізні строки у листопаді та грудні показники продуктивності колоса зменшувались порівняно із сівбою 30 вересня і 20 жовтня. Високу масу зерна з колоса (1,55 г) у варіантах із пізніми строками сівби можна пояснити значним зменшенням густоти продуктивного стеблостою. Вона залишалась високою навіть за листопадових та грудневих строків сівби внаслідок високоінтенсивної технології вирощування озимої пшениці. За пізніх строків сівби формувались одноколосі рослини, але навесні вносились висока норма азоту (N₂₀₀). В таких умовах азот ефективно використовувався на ріст продуктивності одного колоса на головному стеблі.

Отже, у структурі врожаю зерна озимої пшениці двома найголовнішими узагальнюючими показниками є кількість продуктивних стебел на одиниці площі і маса зерна з одного колоса. Добуток цих двох величин, визначений перед збиранням, дає нам величину біологічної врожайності. Відповідними цілеспрямованими агрозаходами можна збільшити як число продуктивних стебел, так і продуктивність колоса. У більшості випадків ці два елементи продуктивності розвиваються у протилежних напрямках, що підтверджено нашими дослідженнями. Збільшення густоти продуктивного стеблостою призводить до зменшення маси зерна з колоса, і навпаки. Тому необхідне їх оптимальне поєднання, яке може бути досить різним.

Строки сівби мали істотний вплив на врожайність зерна озимої пшениці сорту РЖТ Реформ (табл. 3). У середньому за три роки найвища врожайність (10,14 т/га) формувалась за сівби 30 вересня. Це можна пояснити тим, що у цьому варіанті були найвищі показники густоти продуктивного стеблостою (630 шт./м²) та маси зерна з колоса (1,61 г). За раннього строку сівби 10 вересня урожайність зменшилась на 1,00 т/га. Більший вплив на зменшення врожайності мала густота колосів. У третьому варіанті за сівби 20 жовтня урожайність становила 9,44 т/га, що менше порівняно з 30 вересня на 0,70 т/га.

В умовах глобального потепління, в Україні в окремі зимові місяці ґрунт не замерзає, відсутній сніговий покрив, тому є можливість сіяти озиму пшеницю дуже пізно. За пізніших строків сівби, внаслідок плюсової температури, озима пшениця продовжує розвиватися. В окремі роки сходи можна отримати взимку або аж навесні.

Таблиця 2

**Елементи продуктивності колоса озимої пшениці сорту РЖТ Реформ
залежно від строку сівби (середнє за 2022–2024 рр.)**

Строк сівби	Довжина колоса, см	Кількість колосків у колосі, шт.	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерна з одного колоса, г
10 вересня	8,6	17,2	45	1,55
30 вересня	8,6	17,4	48	1,61
20 жовтня	8,5	17,1	46	1,60
10 листопада	8,4	16,8	45	1,55
30 листопада	8,3	16,5	43	1,55
20 грудня	8,2	16,1	42	1,55

Таблиця 3

Урожайність озимої пшениці сорту РЖТ Реформ залежно від строків сівби

Строк сівби	Рік			Середнє за три роки, т/га	Зниження врожайності	
	2022	2023	2024		т/га	%
10 вересня	9,10	8,82	9,50	9,14	-1,00	-10,9
30 вересня	10,02	9,88	10,52	10,14	max	
20 жовтня	9,32	9,21	9,79	9,44	-0,70	-7,4
10 листопада	8,75	8,60	9,05	8,80	-1,34	-13,2
30 листопада	8,07 *	**	8,51	8,29	-1,85	-18,2
20 грудня	**	**	7,75	7,75	-2,39	-23,6

НІР_{0,5}, т/га 0,15 0,14 0,20

*У 2021 році сіяли 24 листопада під урожай 2022 року.

** Сівба у ці строки була неможлива через перезволоження, замерзання ґрунту або наявність снігу.

Аналіз експериментальних даних показує, що за відсутності попередників, які рано звільняють поле, за надпізніх строків сівби можна також одержати високу врожайність. Вона значно нижча, ніж за сівби в оптимальні строки. Так, за сівби 30 листопада урожайність зменшилась на 1,85 т/га, а 20 грудня – на 2,39 т/га. Кліматичні умови дали змогу посіяти 10 листопада в усі три роки досліджень. Середня врожайність становила 8,80 т/га. За сівби 30 листопада в середньому за два роки вона зменшилась до 8,29 т/га. Навіть за сівби 20 грудня у 2023 році озима пшениця формувала в 2024 році урожайність вище ніж 7,75 т/га, що було економічно вигідним. У варіанті із сівбою 20 грудня найменша врожайність (7,75 т/га) одержана внаслідок зменшення густоти колосів до 500 шт./м² і маси зерна з колоса до 1,55 г.

Урожайність змінювалась також за роками, але залежність від строків сівби була аналогічна.

Подібні закономірності та рівні урожайності за вивчення строків сівби озимої пшениці сорту Кубус одержали у попередніх наших дослідженнях у 2016–2018 роках та 2018–2020 роках [23].

Уже зараз розробляють нові ідеотипи пшениці з метою забезпечення високої урожайності з урахуванням майбутніх кліматичних змін на період аж до 2050 року [24].

Із врахуванням нових викликів у аграрному виробництві важливо було проаналізувати процеси росту, розвитку та формування урожайності зерна і встановити можливість сівби озимої пшениці після цукрового буряка у надпізні строки. Необхідно зазначити, що такі пізні строки сівби раніше досліджувались у інших країнах [21].

Висновки. Найвищу врожайність (10,14 т/га) озима пшениця сорту РЖТ Реформ формує за сівби 30 вересня. Урожайність зерна висока також за сівби в період із 10 вересня по 20 жовтня.

Встановлена можливість одержати 7–8 т/га за сівби у надпізні строки у листопаді-грудні. Враховуючи, що тривалість процесу яровизації становить орієнтовно 40 днів, можна сіяти озиму пшеницю навіть у зимові вікна у грудні, січні та лютому, якщо фізичний стан ґрунту дозволяє це зробити.

Урожайність вище ніж 9 т/га досягається за такого поєднання головних показників структури: густота продуктивного стеблостою має становити орієнтовно 630 шт./м², маса зерна з колоса – 1,61 г.

Бібліографічний список

1. Гаврилюк М. М., Каленич П. С. Вплив екологічних чинників на врожайність нових сортів пшениці озимої в умовах Південного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 31. С. 25–29. URL: https://agrovisnyk.com/archive_en_2018_01_04.html (дата звернення: 20.01.2025).
2. Гуцол Г. В., Овчарук І. І. Обґрунтування строків сівби пшениці озимої в умовах глобального потепління. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 41–44. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.5>
3. Желдубовський М. С., Ярошук С. В., Дубовик І. І. Вплив строків сівби на формування показників структури врожаю озимої пшениці. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 67–72. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.9>
4. Кириченко В. В., Попов С. І., Кобизева В. П. Особливості проведення сівби озимих культур у господарствах Харківської області під урожай 2019 року. Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2018. 20 с.
5. Лозінський М. В. Оцінка селекційних номерів пшениці м'якої озимої на адаптивність за кількістю зерен із головного колосу. *Агробіологія: збірник наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету*. 2018. № 2. С. 60–70. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2018-142-2-60-70>
6. Ляшенко В. В., Маренич М. М. Вплив строків сівби на продуктивність посівів пшениці озимої. *Вісник Полтавської аграрної академії*. 2010. № 2. С. 46–50.
7. Орлов О. Зміна термінів сівби озимої пшениці в умовах глобального потепління. *Агроном*. 2022. № 4 (78). С. 52–54.
8. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-ге вид., виправ., доповн. Львів: Українські технології, 2021. 806 с. <https://doi.org/10.31073/roslynnytstvo5vydannya>
9. Польовий В. М., Лукашук Л. Я., Гук Л. І. Ефективність інтенсифікації технології вирощування пшениці озимої в Західному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 35–40. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-05>
10. Соколов В. М., Бушулян О. В., Литвиненко М. А., Лінчевський А. А., Бабаянц О. В. Рекомендації з проведення комплексу осінньо-польових робіт в агроформуваннях Одеської області у 2018 році. Одеса: Астропринт, 2018. 18 с.
11. Стасів О. Ф., Седіло Г. М., Коник Г. С. Особливості технологій вирощування озимих зернових культур під урожай 2020 року (осінній комплекс робіт): рекомендації. Львів-Оброшино: Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2019. 44 с.
12. Ткачук В. П., Тимошук Т. М. Вплив строків сівби на продуктивність пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 3. С. 38–44. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003-05>
13. Уліч О. Л. Тенденції зміни строків сівби пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) у південній частині Правобережного Лісостепу України за трансформації клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 6. С. 19–24. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-03>
14. Шакалій С. М., Баган А. В., Барат Ю. М. Вплив строків сівби на урожайність і якість зерна пшениці озимої. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 1. <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.007>
15. Ярошенко С. С. Морозостійкість та зернова продуктивність пшениці озимої залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Зернові культури: зб. наук. пр. Інституту зернових культур НААН*. 2020. Том 4, № 1. С. 64–70. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0107>
16. Allard F., Vanasse A., Pageau D., Tremblay G., Durand J., Vachon E. Determination of optimal sowing dates and densities of winter wheat under Quebec growing conditions. *Can. J. Plant Sci.* 2019. No 99. P. 221–231. <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0165>
17. Ding D. Y., Feng H., Zhao Y., He J. Q., Zou Y. F., Jin J. M. Modifying winter wheat sowing date as an adaptation to climate change on the loess plateau. *Agron. J.* 2016. No 108. P. 53–63. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0262>
18. Dong Y., Wei B., Wang L., Zhang Y., Zhang H. and Zhang Y. Performance of Winter-Seeded Spring Wheat in Inner Mongolia. *Agronomy*. 2019. No 9. P. 507. DOI: 10.3390/agronomy9090507
19. Gandjaeva L. Effect of sowing date on yield of winter wheat cultivars Grom, Asr and Kuma in Khorezm region. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2019. No 25 (3). P. 474–479.
20. Falcone G., Stillitano T., Montemurro F., De Luca A. I., Gulisano G. and Strano A. Environmental and economic assessment of sustainability in Mediterranean wheat production. *Agronomy Research* 2019. No 17 (1). P. 60–76. <https://doi.org/10.15159/AR.19.011>
21. Madhu U., Begum M., Salam A., & Sarkar S. K. Influence of sowing date on the growth and yield performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Arch. Agr. Environ. Sci.* 2018. No 3 (1). P. 89–94. DOI: 10.26832/24566632.2018.0301014
22. Oleksiak T. Effect of sowing date on winter wheat yields in Poland. *Journal of Central European Agriculture*. 2014. No 15 (4). P. 83–89. DOI: 10.5513/JCEA01/15.4.1513
23. Petrychenko V. F., Lykhochvor V. V., Korniihuk O. V., Olifir Y. M. Yield of winter wheat depending on the terms of sowing in conditions of global climate change. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No 11 (3). P. 161–166. DOI: 10.15421/2021_158
24. Senapati N., Brown H. E., Semenov M. A. Raising genetic yield potential in high productive countries: Designing wheat ideotypes under climate change. *Agric. For. Meteorol.* 2019. No 271. P. 33–45. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.02.025

Стаття надійшла 03.02.2025

УДК 633. 14:631. 53.048]:631.559

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ЧОРНОГО ВІВСА (*AVENA STRIGOSA*) В УМОВАХ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ

І. Мазурак, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0009-0006-2838-5282

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.080>

Мазурак І. Вплив мінерального живлення на врожайність чорного вівса (*Avena strigosa*) в умовах Західної України

У статті представлено результати польових досліджень на темно-сірому опідзоленому ґрунті з формування врожайності зерна чорного вівса залежно від норм добрив в умовах західного Лісостепу України. Досліджували вплив чотирьох варіантів добрив: $N_{60}P_{20}K_{40}$ (контроль), $N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21}$, $N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26}$, $N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26} +$ мікродобрива (1,5 л/га) на врожайність вівса.

Мінеральне живлення у контрольному варіанті ($N_{60}P_{20}K_{40}$) забезпечило найвищу схожість насіння – 83,7 %. Додавання сірки та магнію поступово знижувало цей показник до 80,6–80,7 %. Виявлено, що виживаність рослин вівса зростала із розширенням спектра мінерального живлення: від 88,6 % у контролі до 91,0 % за умов комплексного внесення сірки, магнію та мікродобрив. Найвищу густоту рослин перед збиранням (436 шт./м²) забезпечило внесення повного комплексу добрив.

Доведено, що внесення мінеральних добрив позитивно впливає на врожайність чорного вівса сорту Чорний принц. У контрольному варіанті врожайність вівса становила 4,90 т/га. У другому варіанті додали ще сірку ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21}$). Унаслідок цього врожайність зросла на 4 % порівняно з контролем, досягнувши рівня 5,10 т/га. У третьому варіанті, крім сірки, додатково внесли магній ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26}$), це забезпечило ще 4 % приросту (5,32 т/га) врожайності порівняно з попереднім варіантом, що на 0,42 т/га більше, ніж у контрольному варіанті.

Зазначено, що мікродобрива ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26} +$ мікродобрива (1,5 л/га), внесені у четвертому варіанті у фазі кущіння, сприяли покращанню засвоєння макроелементів, підвищили стійкість рослин до стресових факторів і покращили якість формування зерна. Це, у свою чергу, забезпечило додаткове 3 % збільшення врожайності порівняно з попереднім варіантом. Отже, врожайність у такому разі становила 5,51 т/га, що перевищувало контрольний рівень на 0,61 т/га.

Ключові слова: овес, добрива, польова схожість, виживання, врожайність.

Mazurak I. Influence of mineral nutrition on the yield of black oats (*Avena strigosa*) in the conditions of Western Ukraine

The article presents the findings from field studies conducted on dark gray podzolized soil regarding the yield of black oat grain, specifically focusing on how fertilizer rates affect production in the Western Forest-Steppe region of Ukraine. Four fertilizer treatments were examined: $N_{60}P_{20}K_{40}$ (control), $N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21}$, $N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26}$, $N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26} +$ microfertilizers (1.5 l/ha).

In the control variant with $N_{60}P_{20}K_{40}$ the mineral nutrition provided the highest seed germination rate at 83.7%. However, adding sulfur and magnesium resulted in a slight decrease in germination, with rates dropping to 80.6% and 80.7%, respectively. Interestingly, the survival rate of oat plants improved with the inclusion of a broader range of mineral nutrients, increasing from 88.6% in the control to 91.0% when sulfur, magnesium, and microfertilizers were applied. The application of the complete fertilizer package also resulted in the highest plant density before harvesting, averaging 436 plants per square meter.

The research demonstrated that mineral fertilizers positively influence the yield of black oats, specifically the Black Prince variety. In the control variant, the oat yield was 4.90 tons per hectare. When sulfur was added ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21}$), the yield increased by 4% to 5.10 tons per hectare. The introduction of magnesium in the third variant ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26}$) resulted in another 4% increase, bringing the yield to 5.32 tons per hectare, which is 0.42 tons per hectare higher than the control.

In the fourth variant, where microfertilizers were applied during the tillering phase ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26} +$ microfertilizers at 1.5 l/ha), there was a notable enhancement in the absorption of macronutrients, improved plant resilience to stressors, and better grain quality. This change contributed to an additional 3% increase in yield compared to the previous variant, resulting in a total yield of 5.51 tons per hectare, which exceeds the control level by 0.61 tons per hectare.

Keywords: oats, fertilizers, field germination, survival, yield.

Постановка проблеми. Чорний овес – одна з найперспективніших і маловивчених культур, що викликає дедалі більший інтерес серед дослідників та агрономів завдяки своїм унікальним властивостям і потенціалу для використання в харчовій, фармацевтичній та кормовій промисловості. Ця культура високостійка до стресових факторів, як-от посуха, холод і хвороби, що робить її особливо привабливою для вирощування в умовах змінного клімату.

Незважаючи на це, технології вирощування чорного вівса, його агрономічні особливості та ефективність в умовах сучасного сільського господарства залишаються недостатньо дослідженими. Враховуючи обмежену кількість доступних сортів чорного вівса та відсутність ґрунтовних рекомендацій щодо оптимальних умов вирощування, доцільно визначити оптимальні агротехнічні заходи для забезпечення високої врожайності та якості зерна.

Отож, проблема формування стабільних і високопродуктивних посівів чорного вівса актуальна для аграрної науки та практики. Важливим завданням є вивчення впливу кліматичних умов, якості насіння, норм висіву, системи удобрення та особливостей сівби на ріст і розвиток цієї культури. Це дозволить розробити науково обґрунтовані рекомендації для аграріїв, сприяючи збільшенню врожайності та покращанню якості зерна чорного вівса в умовах різних кліматичних зон. Окрім того, важливим аспектом є вивчення поживних і лікувальних властивостей чорного вівса, що відкриває нові перспективи для його використання у медичних та дієтичних цілях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Овес чорний (*Avena strigosa* Schreb.) належить до диплоїдної підгрупи культурних однорічних видів роду *Avena*, з розкритою і пухкою волоттю. Відрізняється від інших культурних видів цього роду тонким, високим стеблом і зовнішніми лусками, які закінчуються двома тонкими остюковими виростами [6].

Чорний овес – одна з найдавніших злакових культур, яку використовує людина, також відомий як овес щетинистий, є менш поширеним видом вівса, який використовується переважно як кормова культура, покривна рослина та зелене добриво.

Центром походження чорного вівса вважається Піренейський півострів, звідки він поширився в Західну і Центральну Європу і посів низку екологічних ніш на території аж до рівнин Афганістану. Спочатку цей вид був бур'яном в інших зернових культурах, але з бронзового віку

його культивували та використовували в харчуванні людей або як корм для тварин. Згодом вирощування та використання скоротилося, тож наприкінці XX століття він опинився на межі зникнення в Європі [1]. Причиною цього стало впровадження більш продуктивних культурних форм *A. sativa* L. [5; 14; 15].

У Бразилії культура отримала широке поширення в системах органічного землеробства, де її застосовували як сидерат для підвищення родючості ґрунтів. Дослідження, проведені місцевими фахівцями, показали, що чорний овес значно покращує структуру ґрунту та сприяє підвищенню врожайності наступних культур у сівозміні [1].

Останніми роками в Європі докладаються зусилля для збереження генетичних ресурсів чорного вівса, а також відродження його виробництва [12]. Чорний овес відіграє важливу роль у сільському господарстві завдяки своїм унікальним властивостям. Одна з його головних переваг – здатність покращувати ґрунт. Завдяки добре розвиненій кореневій системі він сприяє зміцненню структури ґрунту, запобігає його ущільненню та зменшує ерозію. Крім того, корені чорного вівса покращують аерацію, що створює сприятливі умови для розвитку корисних мікроорганізмів [11].

Ще однією важливою функцією цієї культури є її використання як сидерату. Чорний овес часто висівають як зелене добриво, яке після закладення у ґрунт підвищує вміст органічної речовини та покращує його родючість. Це дозволяє природним шляхом збагачувати ґрунт поживними речовинами, зменшуючи потребу у штучних добривах. Також його використання у сівозмінах дозволяє зменшити втрати азоту та покращити водоутримувальну здатність ґрунту [8; 13].

Окрім агротехнічних переваг, чорний овес є цінною кормовою культурою. Його листя і зерно слугують поживним кормом для великої рогатої худоби, овець і коней. Висока кормова цінність робить його хорошим вибором для фермерів, які прагнуть забезпечити своїх тварин якісними кормами.

Ще одна важлива особливість чорного вівса – його здатність пригнічувати ріст бур'янів. Завдяки швидкому росту він утворює густий рослинний покрив, який не дає бур'янам розвиватися. Чорний овес має алелопатичні властивості, що допомагають контролювати поширення нематод та інших шкідників. Це робить його ефективним вибором у сівозмінах, де необхідно зменшити застосування хімічних препаратів і зробити агровиробництво більш екологічним [8].

За результатами численних досліджень, чорний овес характерний високою стійкістю до різних стресових факторів, таких як посуха, низькі температури та хвороби. Однак особливості його вирощування, а також агротехнічні заходи, що впливають на врожайність, залишаються маловивченими. Чорний овес має кращі адаптивні характеристики порівняно з іншими видами вівса, проте потребує специфічних умов для досягнення високих урожаїв, зокрема помірного внесення добрив і ретельного підбору сорту [2; 4].

У Південній Америці чорний овес культивують як покривну культуру або для виробництва зерна/насіння. Олія насіння чорного вівса має потенціал для використання в харчовій та косметичній промисловості завдяки своїй високій поживній цінності та біоактивним сполукам [7; 9].

В Україні, яка є одним із провідних виробників вівса, також тривають дослідження щодо агрономічного потенціалу чорного вівса. Попри його обмежене поширення, ця культура привертає увагу завдяки потенційно вищій урожайності порівняно з традиційними сортами. За спостереженнями вчених та аграріїв, в окремих регіонах, зокрема в Західному Лісостепу та на Поліссі, врожайність чорного вівса може бути вищою. Однак через відсутність узагальненої статистики необхідні подальші дослідження для уточнення впливу кліматичних чинників та сучасних технологій вирощування на продуктивність цієї культури.

Згідно з дослідженням Pereira et al., урожайність чорного вівса в Європі значно варіюється залежно від країни. У країнах Центральної Європи, як-от Польща та Чехія, цей вид вівса поширеніший, і середні показники врожайності становлять близько 3,0–3,5 т/га. Водночас у Північній Америці та Канаді врожайність чорного вівса залишається обмеженою, зокрема через невелику площу посівів і відсутність відповідних технологій [10].

Дослідження в таких країнах, як Канада, Швеція, Фінляндія показують, що для досягнення оптимальних врожаїв необхідно правильно адаптувати технології вирощування до місцевих кліматичних умов. Крім того, науковці за кордоном наголошують на важливості розвитку сортів чорного вівса, які б мали підвищену стійкість до хвороб і могли б ефективно використовувати місцеві ресурси [3].

Постановка завдання. Наше завдання – вивчити вплив норм добрив на врожайність рослин чорного вівса сорту Чорний принц. Схема досліду

передбачала такі варіанти удобрення: $N_{60}P_{20}K_{40}$ (контроль); $N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21}$; $N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26}$; $N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26} +$ мікродобрива (1,5 л/га). Досліди проводили у 2023–2024 роках на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування на темно-сірих опідзолених ґрунтах.

У роки досліджень ґрунт дослідної ділянки належав до категорій, близьких до нейтральних. За цим стандартом вміст гумусу низький – 1,90–2,01. Вміст азоту (75–88 мг/кг ґрунту) вказує, що за ступенем забезпечення ґрунт належить до класу низьких. Водночас за вмістом рухомого фосфору (146–150 мг/кг ґрунту) і за вмістом калію (80,0–95,0 мг/кг ґрунту) ґрунт належав до середнього ступеня забезпечення. Ґрунтово-кліматичні умови західного Лісостепу сприятливі для отримання сталих урожаїв чорного вівса та виробництва високоякісного зерна.

Попередником була соя. Після збирання попередника провели оранку на глибину 25 см (МТЗ-82, ПН 3-35). Під оранку внесли фосфорні (суперфосфат), калійні (хлористий калій) та сірчані (Вігор, S_{90}) добрива.

Навесні провели передпосівну культивуацію (КПС – 4) та внесли магнієві (сульфат магнію, $Mg_{26}S_{21}$) і азотні (аміачна селітра) добрива згідно зі схемами досліду. Сіяли 2 квітня на глибину 3–4 см із міжряддями 15 см у триразовій повторності. Норма висіву – 6,0 млн нас./га. Для позакореневого підживлення використовували мікродобрива YaraTera Kristalon 13–40–13 Жовтий, які внесли у фазі кушіння. Під час догляду за посівами використовували гербіцид Пріма (6,25 г/л флорасулам + 452,5 г/л 2-етилгексильовий ефір 2,4-Д; 0,4 л/га), який внесли у фазі кушіння. Морфорегулятор Тардер (Етефон, 480 г/л; 0,5 л/га) застосували у фазі прапорцевого листка.

Для захисту від борошнистої роси, септіозу, іржі та інших хвороб у період вегетації проводили обприскування фунгіцидом Маестро (пропіконазол, 250 г/л + ципроконазол, 80 г/л; 0,4 л/га). Проти злакових мух, попелиць та інших шкідників використовували інсектицид шаман (хлорпірифос, 500 г/л; циперметрин, 50 г/л) у нормі 0,75 л/га.

Обробіток ґрунту і догляд за посівами проводили відповідно до прийнятих рекомендацій для західного Лісостепу України. Для статистичного аналізу використовували програму Statistica.

Виклад основного матеріалу. Дані, представлені в табл. 1, відображають вплив різних

варіантів удобрення на польову схожість вівса сорту «Чорний принц» у 2023–2024 роках. Контрольний варіант ($N_{60}P_{20}K_{40}$) продемонстрував найвищу середню схожість насіння – 83,7 %. Це свідчить про те, що збалансоване основне мінеральне живлення (азот, фосфор, калій) сприяє максимальній реалізації потенціалу схожості насіння.

Додавання сірки ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21}$) знизило показник схожості до 82,2 %. Це може бути пов'язано з тим, що сірка активізує білковий обмін, що змінює початковий енергетичний баланс проростків.

Комплексне внесення магнію разом із сіркою ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26}$) призвело до подальшого зниження схожості до 80,6 %. Магній – важливий елемент фотосинтетичних процесів, але на початкових етапах розвитку рослин він може конкурувати з іншими катіонами, впливаючи на проростання насіння.

Варіант із мікродобривами ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26} + \text{мікродобрива}$) показав, що схожість

залишилася на рівні попереднього варіанта – 80,7 %. Адже добрива вносили не за сходами, а у фазі кущіння.

Дані, наведені в табл. 2, показують залежність виживаності рослин вівса від різних варіантів мінерального живлення впродовж вегетаційного періоду. Контрольний варіант ($N_{60}P_{20}K_{40}$) забезпечив початкову густоту сходів 475 шт./м², а перед збиранням залишилося 421 шт./м², що відповідає виживаності 88,6 %.

Варіант із додаванням сірки ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21}$) показав трохи вищу виживаність (88,9%), незважаючи на меншу кількість початкових рослин (459 шт./м²). Сірка підвищила стійкість рослин до стресових факторів.

Комбіноване внесення сірки та магнію ($N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26}$) призвело до збільшення густоти сходів (480 шт./м²) та збереження більшої кількості рослин перед збиранням (429 шт./м²), забезпечивши виживаність 89,4 %. Магній сприяв енергообміну та зміцненню рослин.

Таблиця 1

**Польова схожість вівса сорту Чорний принц
залежно від добрив, %**

Норма добрив, кг др./га	2023 р.	2024 р.	Середня польова схожість
$N_{60}P_{20}K_{40}$ (контроль)	83,3	84,0	83,7
$N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21}$	81,8	82,5	82,2
$N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26}$	80,3	80,8	80,6
$N_{60}P_{20}K_{40} + S_{21} + Mg_{26} + \text{мікродобрива (1,5 л/га)}$	80,5	80,9	80,7



Рис. Посіви та насіння чорного вівса сорту Чорний Принц

Таблиця 2

**Вплив добрив на виживаність рослин вівса сорту Чорний принц, %
(у середньому за 2023–2024 рр.)**

Норма добрив, кг др./га	Кількість рослин у фазі сходів, шт./м ²	Кількість рослин перед збиранням, шт./м ²	Вживаність рослин за вегетаційний період, %
N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀ (контроль)	475	421	88,6
N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀ + S ₂₁	459	408	88,9
N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀ + S ₂₁ + Mg ₂₆	480	429	89,4
N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀ + S ₂₁ + Mg ₂₆ + мікродобрива (1,5 л/га)	479	436	91,0

Таблиця 3

Врожайність вівса сорту Чорний принц залежно від норм добрив

Варіант досліджу	2023	2024	Середня врожайність, т/га	Приріст, т/га
N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀ (контроль)	4,78	5,02	4,90	-
N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀ + S ₂₁	4,98	5,22	5,10	0,20
N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀ + S ₂₁ + Mg ₂₆	5,19	5,45	5,32	0,42
N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀ + S ₂₁ + Mg ₂₆ + мікродобрива (1,5 л/га)	5,38	5,64	5,51	0,61

НІР_{0,05} (т/га):

0,12

0,13

Додавання мікродобрив (N₆₀P₂₀K₄₀ + S₂₁ + Mg₂₆ + мікродобрива) показало найвищу виживаність (91,0 %). Кількість рослин у фазі сходів становила 479 шт./м², а перед збиранням збереглося 436 шт./м². Це може бути наслідком покращеного живлення рослин на всіх етапах розвитку, особливо у критичні періоди.

Дослідження засвідчили, що врожайність чорного вівса сорту «Чорний Принц» значно варіює залежно від норм внесення добрив (табл. 3). У контрольному варіанті, де застосовували лише N₆₀P₂₀K₄₀, урожайність чорного вівса становила 4,90 т/га. Додавання 20 кг/га сірки (S₂₁) у другому варіанті досліджу сприяло незначному підвищенню врожайності на 4 %, що забезпечило приріст у 0,20 т/га (загальна врожайність – 5,10 т/га). Це свідчить про покращення умов живлення рослин завдяки участі сірки в синтезі білків та обміні азоту.

У третьому варіанті, крім сірки, внесли ще 20 кг/га магнію (Mg₂₆). Це забезпечило додаткове підвищення врожайності на 4 % порівняно з попереднім варіантом (5,32 т/га). Порівняно з контрольним варіантом, приріст становив 0,42 т/га. Додавання магнію сприяло кращому фотосинтезу та активному утворенню хлорофілу, що позитивно позначилося на рості рослин.

Четвертий варіант передбачав внесення мікродобрив у кількості 1,5 л/га разом із уже

наявними елементами (S₂₁ + Mg₂₆). Це дало найбільший приріст урожайності (0,61 т/га) порівняно з контрольним варіантом, де вона становила 5,51 т/га. Мікродобрива забезпечили покращення засвоєння макроелементів, підвищили стійкість рослин до стресових факторів та сприяли кращому формуванню зерна.

Висновки. Мінеральні добрива N₆₀P₂₀K₄₀ забезпечили формування врожайності на рівні 4,90 т/га. Додаткове внесення S₂₀ підвищило врожайність до 5,10 т/га. Доповнення системи живлення Mg₂₀ сприяло зростанню врожайності до 5,32 т/га, а під впливом мікродобрив – до 5,35 т/га.

Бібліографічний список

1. Andognini J., Albuquerque J. A., Warmling M. I., Teles J. S., da Silva G. B. Soil compaction effect on black oat yield in Santa Catarina, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2020. Vol. 44. Article e0190157. DOI: 10.36783/18069657rbc20190157.
2. Ashford D. L., Reeves D. W. Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crops. *Am. J. Altern. Agric.* 2003. № 18. P. 37–45. [CrossRef]
3. Baum B. R. *Oats: wild and cultivated: A monograph of the genus Avena L. (Poaceae)*. 1977. Vol. 14. P. 185–193. Canada Department of Agriculture, Research Branch, Ontario, Canada.

4. Dial H. L. Plant Guide for Black Oat (*Avena strigosa* Schreb.) USDA-Natural Resources Conservation Service; Tucson Plant Materials Center: Tucson, AZ, USA, 2014. P. 85705.
5. Frey L. Distribution of *Avena strigosa* (Poaceae) in Europe. *Fragm. Florist. Geobot.* 1991. № 36. P. 281–288.
6. Glamočlija Đ., Janković S., Popović V., Kuzevski J., Filipović V., Ugrenović V. *Alternatively Crop Plants in Conventional and Organic Growing Systems*; Monography; Institute for Science Application in Agriculture: Belgrade, Serbia, 2015. P. 1–355.
7. Heuzé V., Tran G., Hassoun P., Lebas F. Black oat (*Avena strigosa*). Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO, 2015. URL: <https://www.feedipedia.org/node/581>. (дата звернення: 15.01.2025).
8. Marquez J. et al. Successional Effects of No-Till Cover Cropping with Black Oat (*Avena strigosa*) vs. Soil Solarization on Soil Health in a Tropical Oxisol. *Horticulturae*. 2022. № 8 (6). P. 527. DOI: 10.3390/horticulturae8060527.
9. Martínez-Villaluenga C., Peñas E. Health benefits of oat: Current evidence and molecular mechanisms. *Curr. Opin. Food Sci.* 2017. № 14. P. 26–31. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
10. Pereira A., Dinis L., Pinto M. R. The potential of black oats for sustainable agriculture. *Field Crops Research*. 2019. Vol. 221. P. 137–146. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.12.016.
11. Restelatto R., Pavinato P. S., Sartor L. R., Paixão S. J. Production and nutritional value of sorghum and black oat forages under nitrogen fertilization. *Grass Forage Sci.* 2013. № 69. P. 693–704.
12. Scholten M., Spoor B., Green N. Machair corn: Management and conservation of a historical machair component. *Glasg. Nat.* 2009. № 25. P. 63–71.
13. Ugrenović V. et al. "Black Oat (*Avena strigosa* Schreb.) Ontogenesis and Agronomic Performance in Organic Cropping System and Pannonian Environments." *Agriculture*. 2021. № 11 (1). P. 55. DOI: 10.3390/agriculture11010055.
14. Vicensi M., Lopes C., Koszalka V., Umburanas R. C., Borecki Vidigal J. C., de Ávila F. W., Lopes Müller M. M. Soil Fertility, Root and Aboveground Growth of Black Oat Under Gypsum and Urea Rates in No Till. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2020. № 20. P. 1271–1286.
15. Weibull J., Bojesen L. L. J., Rasomavičius V. *Avena strigosa* in Denmark and Lithuania: Prospects for in situ conservation. *Plant Genet. Resour. Newsl.* 2002. № 131. P. 1–6.

Стаття надійшла 21.01.2025

УДК 633.15

УРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГУСТОТИ АГРОФІТОЦЕНОЗУ

М. Бомба, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-7753-4885

О. Литвин, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-3966-9222

І. Мазурак, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0009-0006-2838-5282

М. Андрушко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4099-7605

Львівський національний університет природокористування

М. Бомба, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-7865-2111

Львівський національний університет імені Івана Франка

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.086>

Бомба М., Литвин О., Мазурак І., Андрушко М., Бомба М. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти агрофітоценозу

Кукурудза – важливе джерело кормових і продовольчих ресурсів, а впродовж останніх десятиліть ще й важлива енергетична культура. Сучасний стан у галузі енергетики призвів до істотного зростання попиту на зерно кукурудзи на світовому ринку, внаслідок чого площа посіву кукурудзи в Україні зросла більш ніж удвічі і зараз становить близько 5 млн га.

Важливим резервом збільшення валового виробництва зерна кукурудзи є впровадження адаптивної технології вирощування гібридів, яка б урахувала їхні генотипні особливості, а також можливу реакцію на окремі елементи технології. У комплексі елементів технології вирощування кукурудзи вагоме місце посідає формування оптимальної густоти агрофітоценозу. Останнє має забезпечити не тільки сприятливий фітосанітарний стан кукурудзяного поля, а й сприяти максимальній реалізації генетичного потенціалу культури.

Питання оптимальної густоти посіву залишається актуальним із двох причин. По-перше, щороку як вітчизняні, так і закордонні генетично-селекційні центри, пропонують нові перспективні гібриди, які вимагають удосконалення сортової агротехніки вирощування кукурудзи в різних ґрунтово-кліматичних зонах. По-друге, зміни клімату, які спостерігаються практично в усій території України, вносять свої корективи в адаптивні технології.

У нашому досліді збільшення густоти стеблостою перед збиранням урожаю від 70 до 90 тис./га сприяло зростанню тривалості періоду вегетації на п'ять діб у ранньостиглого гібрида Почаївський 190 МВ і на 7 діб у середньораннього гібрида ДН Хортиця.

Виявлено, що в обох досліджуваних гібридів збільшення густоти агрофітоценозу призводить до зменшення маси зерна з однієї рослини. Показник виходу зерна, а також маса 1000 зерен, певною мірою є сортовими ознаками, проте спостерігається тенденція до їх зменшення у загущених посівах.

Незважаючи на зниження індивідуальної продуктивності рослин кукурудзи у загущеному агрофітоценозі, ранньостиглий гібрид Почаївський 190 МВ забезпечив максимальну реалізацію генетичного потенціалу за густоти посіву 80 тис./га, за якої формувалася врожай 110,3 ц/га. Середньоранній гібрид ДН Хортиця максимальну врожайність забезпечив за густоти стеблостою 70 тис./га – 115,0 ц/га.

Ключові слова: зона Західного Лісостепу, кукурудза, гібриди, густота посіву, урожайність зерна.

Bomba M., Lytvyn O., Mazurak I., Andrushko M., Bomba M. Yield of corn hybrids depending on the density of agrophytocenosis

Corn is an important source of feed and food resources, and in recent decades it has also become an important energy crop. The current state of the energy industry has led to a significant increase in demand for corn grain on the world market. The latter has largely determined the fact that the area sown with corn in Ukraine has more than doubled and now amounts to about 5 million hectares.

An important reserve for increasing the gross production of corn grain is the introduction of adaptive technology for growing hybrids, which would take into account their genotypic characteristics, as well as a possible reaction to individual elements of the technology. In the complex of elements of corn growing technology, an important place is occupied by the formation of the optimal density of agrophytocenosis. The latter should ensure not only a favorable phytosanitary condition of the corn field, but also contribute to the maximum realization of the genetic potential of the crop.

The issue of optimal seeding density remains relevant for two reasons. First, every year both domestic and foreign genetic and breeding centers offer new promising hybrids that require improvement of varietal agricultural technology for growing corn in different soil and climatic zones. Secondly, climate change, which is observed practically throughout Ukraine, makes its own adjustments to adaptive technologies.

In our experiment, we observed that increasing the stem density prior to harvesting from 70,000 to 90,000 plants per hectare resulted in an extension of the vegetation period by 5 days for the early-ripening hybrid Pochaivskiy 190 MV and by 7 days for the mid-early hybrid DN Khortytsia.

For both hybrids studied, a higher density of the agrophytocenosis correlated with a reduction in the grain mass per individual plant. While grain yield and the mass of 1000 grains are, to some extent, varietal characteristics, a notable trend emerged indicating a decline in these metrics within denser crops.

Despite the decrease in individual plant productivity observed in thickened agrophytocenosis, the early-ripening hybrid Pochaivskiy 190 MV achieved maximum realization of its genetic potential at a sowing density of 80,000 plants per hectare, resulting in a yield of 110.3 quintals per hectare. Conversely, the mid-early hybrid DN Khortytsia yielded the highest output at a stem density of 70,000 plants per hectare, reaching 115.0 quintals per hectare.

Keywords: Western Forest-Steppe zone, corn, hybrids, sowing density, grain yield.

Постановка проблеми. Кукурудза – цінне джерело кормових і продовольчих ресурсів, а також важлива енергетична культура. Сучасна технологія вирощування кукурудзи забезпечує понад 110 ц/га зерна та близько 1000 ц/га силосної маси. У кукурудзи, на відміну від інших культурних рослин, кормову цінність має вся рослина (крім кореневої системи). Тому й не дивно, що вона посідає друге місце у світі за площею посіву. Традиційно вважалося, що кукурудзу на зерно сіяти економічно доцільно за умови, що її врожайність вища порівняно з урожайністю пшениці озимої на 10 ц/га.

Сучасні сорти пшениці озимої характерні значно вищим генетичним потенціалом урожайності, а вдосконалені технології вирощування дозволяють реалізувати цей потенціал. Відтак, сьогодні у виробничих умовах пшениця озима часто формує врожайність, яка сягає 100-центнерної позначки і вище. Проте такий рівень урожайності пшениці озимої дається значно вищою ціною, ніж у кукурудзи.

Кукурудза – культура широких можливостей щодо використання. На кормові цілі використовують 60 % валового виробництва, понад 25 % – як продукт харчування, а остання частка використовується для промислової переробки. Сучасний стан у галузі енергетики дещо скоригував це співвідношення на користь останнього [10]. Це сприяло також зростанню попиту на зерно кукурудзи на світовому ринку. Тому не дивно, що площа посіву кукурудзи в Україні зросла більш ніж удвічі і зараз становить близько 5 млн га [13].

Сорт (гібрид) і надалі залишається одним із важливих резервів формування високої продуктивності агрофітоценозу, адже частка впливу його у формуванні зернової продуктивності становить 50 % [9].

Для кукурудзи ще одним вагомим чинником підвищення врожайності є густина посіву. Питання

визначення оптимальної площі живлення залишається актуальним, оскільки впроваджуються у виробництво нові гібриди різних груп стиглості, які вимагають вивчення адаптивних технологій вирощування для різних ґрунтово-кліматичних зон кукурудзосіяння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Причини, що призводять до істотного зниження валового виробництва зерна, традиційні порушення технологічної дисципліни вирощування зернових: недотримання оптимальної густоти ценозу, недостатнє регулювання чисельності бур'янів у посівах через недоліки в системі обробки ґрунту, відсутність належного догляду за посівами тощо [14; 15]. Частка впливу технологічного чинника у формуванні зернової продуктивності становить 20 % [9].

Низка вчених наголошує, що часто вирішальну роль у формуванні високої продуктивності кукурудзяного агрофітоценозу відіграє рівень пристосованості гібридів до чинників довкілля, які постійно змінюються. Останнє вимагає створення гібридів із певними екологічними характеристиками. Зокрема поєднання високої потенціальної продуктивності і генетично набутої стійкості чи пластичності у пристосуванні до різних ґрунтово-кліматичних умов [1; 2]. Проте ні сприятливі погодні умови за період вегетації, ні правильно вибраний гібрид не дадуть гарантії щодо формування стабільно високих урожаїв зерна з року в рік. Лише постійне вдосконалення окремих елементів технології вирощування кукурудзи забезпечує високий рівень реалізації генетичного потенціалу гібрида [7].

Науковці Міщенко О. В., Гангур В. В., Даніленко О. І. [8] досліджували питання формування врожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву в умовах Лівобережного Лісостепу.

Встановлено, що ранньостиглий гібрид кукурудзи LG Жаклін максимальний урожай зерна формував за густоти посіву перед збиранням урожаю 55 тис./га – 9,37 т/га. Середньоранній гібрид кукурудзи LG 31305 вищий урожай забезпечив за густоти ценозу 65 тис./га – 12,13 т/га. В обох гібридів збільшення чи зменшення густоти посіву порівняно з оптимальною сприяло зниженню врожайності зерна.

Автори [4; 5; 11; 12] стверджують, що саме формування оптимальної густоти агрофітоценозу є вирішальною силою приросту врожаю зерна кукурудзи.

Постановка завдання. Дослідження щодо особливостей формування врожаю зерна залежно від густоти агрофітоценозу кукурудзи проводили впродовж 2023–2024 років на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу Волинської області на базі ФГ «Захарчука О. А.» Ґрунт характерний слабкислою реакцією та вмістом гумусу 2,73 %. Забезпеченість ґрунту рухомих фосфором та обмінним калієм середня.

Технологія вирощування в досліді загальноприйнята. Дослід закладали методом розщеплених ділянок. Фактор А – гібриди: Почаївський 190 СВ (ФАО 190) та ДН Хортиця (ФАО 240). Оригіна́тор – Інститут сільського господарства степової зони НААН України. Фактор В – густота посіву перед збиранням урожаю: 70, 80, 90 тис. рослин на 1 га. Дослід закладали у трьох повтореннях. Загальна площа ділянки першого порядку 180 м², другого – 60 м². Дослідження проводили на фоні N₁₃₀P₉₀K₉₀. Восени під зяблеву оранку вносили нітроамофоску з розрахунку N₉₀P₉₀K₉₀. Навесні в передпосівну культивуацію вносили азотні добрива у формі аміачної селітри (40 кг/га д.р.).

Для регулювання чисельності бур'янів на посівах кукурудзи вносили як ґрунтовий (харнес, 1,5 л/га, обприскування ґрунту після сівби, але до появи сходів кукурудзи), так і страховий гербіциди (хармоні, 10 г/га + 200 мл/га ПАР Тренд 90, обприскування посівів у фазі 3–7 листків у кукурудзи).

Польові та лабораторні дослідження проводили згідно з наявними методиками [6]. Статистичний аналіз урожайності проводили з використанням дисперсійного методу за Б. А. Доспеховим (1985) з допомогою комп'ютерної програми Statistika 7.

Виклад основного матеріалу. В умовах достатнього зволоження Західного Лісостепу густота агрофітоценозу кукурудзи має істотний вплив

на тривалість проходження як окремих фенологічних фаз росту й розвитку рослин, так і періоду вегетації в цілому [3; 9; 11]. У нашому досліді збільшення густоти стеблостою перед збиранням урожаю від 70 до 90 тис./га сприяло зростанню тривалості періоду вегетації на п'ять діб у ранньостиглого гібрида Почаївський 190 МВ і на сім діб у середньораннього гібрида ДН Хортиця (рис.).

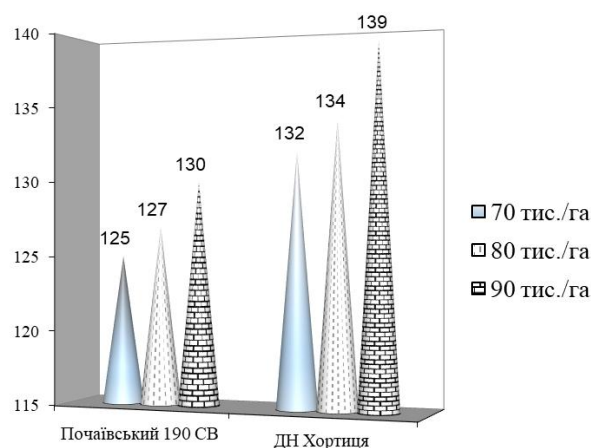


Рис. Тривалість вегетаційного періоду гібридів кукурудзи, діб (середнє за 2023–2024 рр.)

Різні гібриди по-різному реагують на зміну густоти агрофітоценозу через призму формування біометричних показників рослин. Особливо в умовах недостатнього зволоження спостерігається негативний вплив збільшення густоти посіву на морфологічні показники.

Досліджувані нами гібриди також по-різному реагували на площу живлення рослин. Зокрема загущення кукурудзяного ценозу від 70 до 90 тис./га призводило до збільшення висоти рослини та висоти закладання нижнього продуктивного качана у ранньостиглого гібрида Почаївський 190МВ на 8 і 6 см, а в середньораннього гібрида ДН Хортиця – 14 і 8 см відповідно.

Проте всі інші показники, як біометричні, так і структурні елементи врожайності, знижувалися на ділянках досліді, де зростала густота стеблостою. Діаметр стебла зменшився на 0,7 см, а маса рослини – на 142 г у ранньостиглого гібрида Почаївський 190МВ і відповідно на 0,8 см та 189 г у середньораннього гібрида ДН Хортиця.

Для більшості гібридів кременистої кукурудзи, що належать до ранньо- чи середньоранніх, характерне формування по два качани за умови достатньої площі живлення, тобто у варіантах із меншою передзбиральною густотою посіву. Збільшення густоти фітоценозу від 70 до 90 тис. рослин на одиниці площі призвело до

зменшення кількості качанів на 100 рослинах на 42 і 37 шт., а також до зниження питомої частки качанів у силосній масі кукурудзи на 8,6 та 11,6 % відповідно у ранньостиглого гібрида Почаївський 190МВ та середньораннього гібрида ДН Хортиця.

В обох досліджуваних гібридів збільшення густоти агрофітоценозу призводить до зменшення маси зерна з однієї рослини. Показник виходу зерна, а також маса 1000 зерен, певною мірою є сортовими ознаками, проте спостерігається тенденція до їхнього зменшення у загущених посівах (табл. 1).

Вологість зерна під час збирання врожаю була різною і, як бачимо з табл. 1, залежала від

густоти агрофітоценозу, а також групи стиглості гібрида. Довжина качана, навпаки, за більшої густоти стеблостою зростала. Останнє пояснюється меншою кількістю качанів на рослині, а відтак, збільшенням їх середнього розміру.

Незважаючи на зниження індивідуальної продуктивності рослин кукурудзи у загущеному агрофітоценозі, ранньостиглий гібрид Почаївський 190 МВ забезпечив максимальну реалізацію генетичного потенціалу за густоти посіву 80 тис./га, за якої формувався врожай 110,3 ц/га. Середньоранній гібрид ДН Хортиця максимальну врожайність забезпечив за густоти стеблостою 70 тис./га – 115,0 ц/га (табл. 2).

Таблиця 1

Вплив густоти стеблостою на елементи структури врожаю гібридів кукурудзи (середнє за 2023–2024 рр.)

Гібрид	Густота стеблостою, тис./га	Маса зерна, г		Вихід зерна, %	Довжина качана, см	Маса 1000 зерен, г
		із качана	із рослини			
Почаївський 190 МВ	70	105,4	151,6	80,5	16,5	266
	80	110,4	138,9	79,9	17,8	254
	90	117,9	117,9	79,5	21,3	246
ДН Хортиця	70	119,4	165,8	81,5	20,5	288
	80	129,8	140,6	81,0	21,3	281
	90	114,6	114,5	80,4	23,5	271

Таблиця 2

Вплив густоти агрофітоценозу на врожайність зерна кукурудзи

Гібрид	Густота посіву, тис./га	Урожайність, ц/га			Вологість зерна під час збирання, %
		2023 р.	2024 р.	середня	
Почаївський 190 МВ	70	101,8	105,9	103,9	17,4
	80	107,5	113,0	110,3	18,0
	90	103,0	108,5	105,8	20,0
ДН Хортиця	70	112,6	117,4	115,0	18,0
	80	107,3	113,8	110,6	19,5
	90	101,0	103,7	102,4	21,0
НІР ₀₅ , ц/га	по гібриду	1,9	2,7		
	по густоті посіву	2,1	3,1		

Висновки. В умовах Західного Лісостепу доцільно сіяти обидва досліджувані гібриди, що дасть змогу раціонально використати зернозбиральну техніку і транспортні засоби. Оптимальна густота агрофітоценозу перед збиранням урожаю ранньостиглого гібрида Почаївський – 190МВ 80 тис./га, а середньораннього гібрида ДН Хортиця – 70 тис./га.

Бібліографічний список

1. Асанішвілі Н. М., Корсун С. Г., Шляхтурова С. П. Якість зерна кукурудзи залежно від технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Землеробство*. 2014. Вип. 1/2. С. 63–66.

2. Багатченко В. В. Вихід високоякісного насіння кукурудзи в залежності від густоти стояння рослин. *Наук. вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2018. Вип. 294. С. 103–109.

3. Бомба М. Я., Бомба М. І., Дудар І. Ф., Литвин О. Ф., Дудар О. О. Вирощування гібридів кукурудзи в зональному землеробстві. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2021. № 25. С. 55–59.

4. Вожегова Р. А., Влащук А. М., Дробіт О. С. Продуктивність і економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Вісник аграрної науки*. 2018. Вип. 7. С. 18–26.

5. Глупак З. І., Бутенко А. О. Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від групи стиглості

та густоти стояння в умовах Лісостепу України. *Агрономія*. 2022. № 2. С. 5–10. URL: <https://visnyk-unaus.udau.edu.ua/arxiv-nomerv/2022/n2-20221/urozhaj-nist-gibr-idiv-kuku-rudz-i-na-zer-no-zalezno-vid-grup-i-stiglo-sti-gu-stot-i-stoya-nnya-v-um> (дата звернення: 16.02.2025).

6. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / за ред. В. О. Єщенка. Київ: Дія, 2014. 288 с.

7. Каламбет В. Вплив структурних показників на врожайність кукурудзи. URL: <https://superagronom.com/blog/254-vpliv-strukturnih-pokaznikiv-na-vroжайnist-kukurudzi> (дата звернення: 16.02.2025).

8. Міщенко О. В., Гангур В. В., Даніленко О. І. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations. Серія: Сільське господарство. Рослинництво*. 2024. Том 27, № 2. С. 16–21.

9. Молдован Ж. А., Собчук С. І. Вплив строків сівби, густоти рослин та абіотичних факторів на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Лісостепу Західного. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 31–38.

10. Пашенко Ю. М., Андрієнко А. Л., Пашенко О. Ю. Продуктивність гібридів кукурудзи в технологічних системах. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 1. С. 19–22.

11. Петрина Г. І., Рудавська Н. М., Глива В. В., Гавриляк Я. Я., Федак В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. С. 120–132.

12. Таран В. Г., Каленська С. М., Новицька Н. В., Данилів П. О. Стабільність та пластичність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення та густоти стояння рослин в Правобережному Лісостепу України. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 3–4. С. 147–156.

13. Ткачук О. П., Бондаренко М. І. Екологічна оцінка повторних посівів кукурудзи в Україні. *Сільське господарство та лісівництво. Серія «Екологія та охорона навколишнього середовища»*. 2022. № 24. С. 182–191.

14. Barabolia O. V., Kalinichenko V. I., Petrachuk V. V. Tekhnolohiia vyroshchuvannia kukurudzy na zerno. *Materialy II Vseukrainskoi naukovopraktychnoi konferentsii* (29 kvitnia 2018 roku). Poltava, 2018. PDAA [In Ukrainian].

15. Tanchuk S. P., Mokriienko V. A., Anidzelskyi V., Zhuravlova N. V. Formuvannia produktyvnosti kukurudzy zalezno vid hustoty posivu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Zemlerobstva UAAN*. 2004. № 1. P. 80–83 [In Ukrainian].

Стаття надійшла 20.02.2025

УДК 635.655:631.53.048(292.485)

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМИ ВИСІВУ У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Т. Блятник, аспірант

Львівський національний університет природокористування

ORCID ID: 0009-0001-1712-3117

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.091>

Блятник Т. Формування продуктивності сортів сої залежно від норми висіву у Західному Лісостепу

Представлено результати досліджень із вивчення впливу норм висіву на закладання елементів індивідуальної продуктивності та формування біологічної урожайності сортів сої у Західному Лісостепу. Дослідження проводили впродовж 2023–2024 років на базі ПП «Західний Буг» (село Шимківці Тернопільського району Тернопільської області). На дослідному полі вирощували сорти сої Абеліна, Кіото та Акардія. До схеми досліді було включено варіанти з нормами висіву від 400 до 900 тис. насінин на 1 га для кожного сорту.

Встановлено зміну показників індивідуальної продуктивності однієї рослини та біологічної урожайності сортів сої залежно від норм висіву. Доведено, що з підвищенням норми висіву від 400 до 900 тис. насінин на 1 га кількість бобів та кількість насінин на рослину знижувалася. У середньому за два роки досліджень кількість бобів на одній рослині в сорту Абеліна була в межах від 15,6 до 19,8 шт./рослину, в сорту Кіото – від 16,5 до 21,9 шт., в сорту Акардія – від 16,0 до 21,7 шт. Збільшення норми висіву від 500 до 900 тис./га зумовлювало зниження кількості насінин на одній рослині сорту Абеліна порівняно з мінімальною нормою висіву на 3,0–15,0, Кіото – 4,6–30,0, Акардія – 5,4–21,3 насінин.

Відзначено, що найвищу біологічну врожайність ранні сорти Абеліна та Акардія формують за норми висіву 700 тис. насінин/га, яка була на рівні відповідно 3,86 та 4,39 т/га та перевищила мінімальну норму висіву на 0,71 та 0,35 т/га. Найвища продуктивність середньораннього сорту Кіото отримана за висіву 600 тис. насінин/га, яка становила 4,53 т/га за приросту 0,40 т/га. Подальше збільшення норми висіву насіння супроводжувалося зниженням урожайності досліджуваних сортів порівняно з оптимальною нормою в сорту Абеліна – на 0,13–0,23 т/га, Акардія – 0,16–0,36 т/га, Кіото – 0,22–0,46 т/га.

Ключові слова: соя, норми висіву, сорти, кількість бобів, кількість насінин на рослині, біологічна урожайність.

Bliatnyk T. Productivity of soybean varieties based on seeding rate in the Western Forest-Steppe

This study presents research findings on the impact of seeding rate on the formation of individual yield components and overall biological productivity of soybean varieties cultivated in the Western Forest-Steppe. The research was conducted during the 2023–2024 growing seasons at the “Zakhidnyi Buh” private enterprise, located in the village of Shymkivtsi, Ternopil district, Ternopil region. The field experiment included three soybean varieties: Abelina, Kyoto, and Akardia, with five different seeding rates ranging from 400 to 900 thousand seeds per hectare applied to each variety.

The results indicated that the individual productivity of each plant and the biological yield of soybean varieties changed depending on the seeding rates. Specifically, as the seeding rate increased from 400 to 900 thousand seeds per hectare, the number of beans and seeds per plant decreased. Over two years of research, the average number of beans per plant was recorded as follows: the Abelina variety had between 15.6 and 19.8 beans per plant, the Kyoto variety had between 16.5 and 21.9 beans, and the Akardia variety had between 16.0 and 21.7 beans. Furthermore, increasing the seeding rate from 500 to 900 thousand seeds per hectare resulted in a decrease in the number of seeds per plant compared to the minimum seeding rate. For the Abelina variety, the decrease was between 3.0 and 15.0 seeds, for the Kyoto variety it was between 4.6 and 30.0 seeds, and for the Akardia variety, it was between 5.4 and 21.3 seeds.

The research noted that the highest biological yield for the early varieties, Abelina and Akardia, was achieved with a seeding rate of 700 thousand seeds per hectare, resulting in yields of 3.86 and 4.39 tons per hectare, respectively. This exceeded the minimum yield by 0.71 and 0.35 tons per hectare. For the mid-early variety, Kyoto, optimal productivity was attained with a seeding rate of 600 thousand seeds per hectare, yielding 4.53 tons per hectare, which was an increase of 0.40 tons per hectare. Further increases in seeding rates led to declines in yield across all varieties when compared to the optimal rate, with reductions in the Abelina variety ranging from 0.13 to 0.23 tons per hectare, in the Akardia variety from 0.16 to 0.36 tons per hectare, and in the Kyoto variety from 0.22 to 0.46 tons per hectare.

Keywords: soybean, seeding rate, varieties, number of beans, number of seeds per plant, biological yield.

Постановка проблеми. Продуктивність сої – здебільшого результат впливу сукупності чинників: впливу ґрунтово-кліматичних умов, температурного режиму та вологозабезпеченості вегетаційного періоду. Важливе значення мають елементи технології вирощування [6, с. 404–420; 7, с. 41–42].

В основу реалізації генетичного потенціалу для досягнення високої урожайності сортів сої покладено оптимальні показники індивідуальної продуктивності рослин, яка складається з кількості бобів та кількості насінин на одній рослині, маси насінин з рослини [2, с. 175–180].

У матеріалах Молдована Ж. А. [5, с. 60–67] йдеться, що підвищення урожайності сої забезпечується вирощуванням районованих сортів. На продукційний процес сортів істотно впливає географічна широта в межах певної ґрунтово-кліматичної зони, що позначається на тривалості вегетаційного періоду, формування урожайності та показників якості в цілому. Тому актуальне вивчення впливу окремих елементів технології на реалізацію генетичного потенціалу вирощуваних сортів у конкретних умовах з урахуванням біокліматичних особливостей та гідротермічного режиму.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Соя належить до зернобобових культур. Вирощування культури перспективне, що пов'язано з цінним хімічним складом зерна, який визначає продовольче, технічне та кормове його призначення. Вміст білка в зерні сої становить 30–50 % та за амінокислотним складом здатний замінити тваринний білок [6, с. 404–420].

Підвищення урожайності сої забезпечується впровадженням нових сортів із високим потенціалом урожайності. Ріст і розвиток рослин обумовлюється сприятливим температурним режимом і достатнім умістом вологи у ґрунті на критичних етапах розвитку. Проте реалізація потенціалу продуктивності сортів залежить від структури агрофітоценозу в конкретних умовах. Отримання потенційної урожайності можливе за рахунок удосконалення технологічних елементів вирощування, зокрема правильно встановленої норми висіву для сорту з метою отримання оптимальної густоти рослин [8, с. 716–720; 10, с. 22–24].

За показниками продуктивності посівів залежно від густоти рослин можливо встановити реакцію рослин на умови вирощування. Регулюванням густоти стояння рослин в агрофітоценозі сої шляхом збільшення або зменшення норми

висіву насіння визначається закладання елементів продуктивності на кожній рослині [9, с. 46–55].

Різні норми висіву створюють певні умови для розвитку рослин, що пов'язано із зміною площі живлення. Норми висіву істотно впливає на рівень урожайності незалежно від способу сівби. Від норми висіву залежить висота кріплення нижнього бобу. Відомо, що розміщення нижніх бобів низько над поверхнею ґрунту – причина втрат зерна за збирання урожаю. Сформована оптимальна густота рослин забезпечує збільшення цієї відстані та створює сприятливі умови освітлення рослин, підвищується рівень урожайності [4, с. 119–126].

В основу функціонування рослини покладено фотосинтетичну діяльність, від якої залежить утворення органічної речовини, тому важливе значення для отримання високопродуктивних посівів сої має поглинання фотосинтетичної активної радіації. У матеріалах Вожегової Р. А. та співавторів [1, с. 23–27] від норми висіву залежало поглинання ФАР посівами. Загущення посівів призводило до зниження показника.

Отже, регулювання норми висіву сорту є визначальним чинником у закладанні елементів продуктивності сої, що обумовлює необхідність її вивчення за певних умов.

Постановка завдання. На основі огляду літературних даних визначено залежність продуктивності сортів сої від норм висіву. Тому наше завдання – оптимізувати технологію вирощування сої встановленням оптимальної норми висіву сортів за їх вирощування у кліматичних умовах Західного Лісостепу.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили в умовах виробничого підрозділу ПП «Західний Буг», який розташований у селі Шимківцях Тернопільського району Тернопільської області у 2023–2024 роках. У досліді вивчали три сорти сої (фактор А): Абеліна, який відзначається від дуже раннього до раннього періодом досягання, Кіото, що належить до середньоранніх сортів, та ранній сорт Акардія. Схема досліді передбачала вивчення різних норм висіву для кожного сорту (фактор В): 1) 400; 2) 500; 3) 600; 4) 700; 5) 800; 6) 900 тис. насінин на 1 га.

Сою висівали в оптимальні строки, враховуючи температурний режим, переважно за температури ґрунту 12 °С на глибині 10 см. Глибина загортання насіння становила 4,0 см. Під передпосівну культивуацію вносили мінеральні добрива в нормі $N_{30}P_{45}K_{45}$.

Показники індивідуальної продуктивності, зокрема кількість бобів та кількість насінин на одній рослині, визначали методом пробного снопа. Польовий дослід проводили згідно із загально-прийнятою методикою у триразовому повторенні [2]. Розміщення варіантів – випадкове. Площа посівної ділянки становила 39 м², площа облікової ділянки – 27,5 м². Технологія вирощування була рекомендованою для зони Західного Лісостепу.

У результаті проведення дворічних досліджень встановлено, що із збільшенням норми висіву показники індивідуальної продуктивності рослин знижувалися. Залежно від сорту отримано варіабельні показники кількості бобів та кількості насінин на одній рослині (табл.). Кількість бобів у сорту Абеліна за норми висіву 400 тис. насінин на 1 га становила 19,8 шт., підвищення норми висіву до 500 тис. насінин зумовило її зниження до

19,1 шт. За сівби сої з нормою висіву 600 та 700 тис. насінин/га отримано відповідно 18,2 та 16,9 шт. бобів на одну рослину. За підвищення норми висіву сої до 800 тис./га кількість бобів у цього сорту знизилася до 16,2 шт., за висіву 900 тис. насінин/га густота становила 5,6 рослин/м², що було найнижчим показником.

За показниками кількості бобів на одній рослині в сорту Кіото відзначено подібну реакцію на збільшення норми висіву. Сівба з найнижчою нормою висіву сприяла отриманню найвищого показника, який становив 21,9 шт. У варіантах із нормами висіву 500 та 600 тис./га вона знизилася порівняно з попереднім варіантом відповідно на 0,9 та 2,4 шт. Із підвищенням норми висіву до 700–900 тис./га насінин зниження кількості бобів порівняно з найнижчою нормою висіву було в межах 3,1–5,4 шт./рослину.

Таблиця

Вплив норм висіву на закладання елементів продуктивності сортів сої, середнє за 2023–2024 рр.

Сорт	Норма висіву, тис./га	Кількість бобів на рослину, шт.	Кількість насінин на рослину, шт.
Абеліна	400	19,8	41,4
	500	19,1	38,4
	600	18,2	35,5
	700	16,9	31,4
	800	16,2	28,0
	900	15,6	26,4
Кіото	400	21,9	55,2
	500	21,0	50,6
	600	19,5	44,5
	700	18,8	40,0
	800	17,4	35,5
	900	16,5	32,2
Акардія	400	21,7	50,6
	500	19,9	45,2
	600	18,5	39,8
	700	17,3	34,8
	800	16,7	32,1
	900	16,0	29,3
НІР ₀₅ А	–	0,52	0,91
В	–	0,73	1,29
АВ	–	1,25	2,22

За висіву 400 та 500 тис./га насінин у сорту Акардія сформувалося відповідно 21,7 та 19,9 бобів на одній рослині. Вищі норми висіву впливали на зниження кількості бобів до 18,5–16,0 шт., що нижче від варіанта з нормою висіву 400 тис./га на 3,2–5,7 бобів.

Норма висіву також істотно впливала на кількість насінин на рослині сої. Найвища кількість

насінин сорту Абеліна сформувалася за норми висіву 400 тис./га і становила 41,4 шт. Вирощування сої з нормою висіву 500 та 600 тис./га спричинило її зниження до 38,4 та 35,5 шт., тобто на 3,0 та 5,9 шт. Подальше збільшення норми висіву до 700 та 800 тис./га знижувало показник на 10,0 та 13,4 шт. За найвищої норми висіву отримано найнижче значення – 26,4 насінин/рослину.

Сорт Кіото у варіанті з мінімальною нормою висіву сформував 55,2 шт. насінин/рослину. За висіву 600 і 700 тис. насінин отримано відповідно 44,5 та 40,0 шт./рослину, що нижче від попередньої норми висіву на 10,7 та 15,2 шт. Зниження кількості насінин на одну рослину відносно мінімальної за найвищих норм висіву було на рівні 19,7 та 23,0 шт.

Сівба сорту Акардія з нормою висіву 400 тис./га сприяла отриманню найвищої кількості насінин, яка становила 50,6 шт. За вищих норм висіву спостерігали тенденцію до зниження значення показників на 5,4–21,3 шт./рослину.

Зниження кількості бобів та насінин на одній рослині з підвищенням норми висіву пов'язане із зменшенням площі живлення та загущенням посівів.

Дослідження показали неоднакову реакцію вирощуваних сортів сої на збільшення норми висіву, що позначилося на формуванні біологічної урожайності культури (рис.).

Біологічна урожайність сорту Абеліна у варіанті з нормою висіву 400 тис. насінин на 1 га була найнижчою і становила 3,15 т/га. За висіву 500 та 600 тис./га вона зростає від попереднього варіанта відповідно на 0,15 та 0,58 т/га і становила 3,30 та 3,73 т/га. Збільшення норми висіву до

700 тис. насінин було найдоцільнішим для цього сорту, що забезпечило отримання найвищої його біологічної урожайності – 3,86 т/га за приросту 0,71 т/га. Сівба сої з висівом 800 та 900 тис. насінин призвела до зниження урожайності, яка була на рівні 3,71 та 3,62 т/га.

Середні дворічні дані показали, що сорт Кіото мав найвищі показники біологічної урожайності серед вирощуваних сортів. Сівба мінімальною нормою висіву сприяла отриманню 4,13 т/га зерна, її підвищення до 500 тис. насінин – 4,46 т/га, тобто зросла на 0,33 т. За сівби з нормою 600 тис./га урожайність зросла до 4,53 т/га та була максимальною, приріст до найнижчої норми висіву сягав 0,40 т/га. Норма висіву 800 та 900 тис./га забезпечила урожайність на рівні відповідно 4,19 та 4,11 т/га.

У сорту Акардія з висівом 500 та 600 тис. насінин приріст біологічного урожаю до найнижчої норми висіву становив 0,17 та 0,30 т/га. Найвищу урожайність отримано за норми висіву 700 тис. насінин – 4,39 т/га, приріст – 0,35 т/га. За вищих норм висіву спостерігали її зниження.

Зниження продуктивності сої за підвищених норм висіву спостерігали внаслідок загущення посівів та витягування рослин у конкурентних умовах за світло.

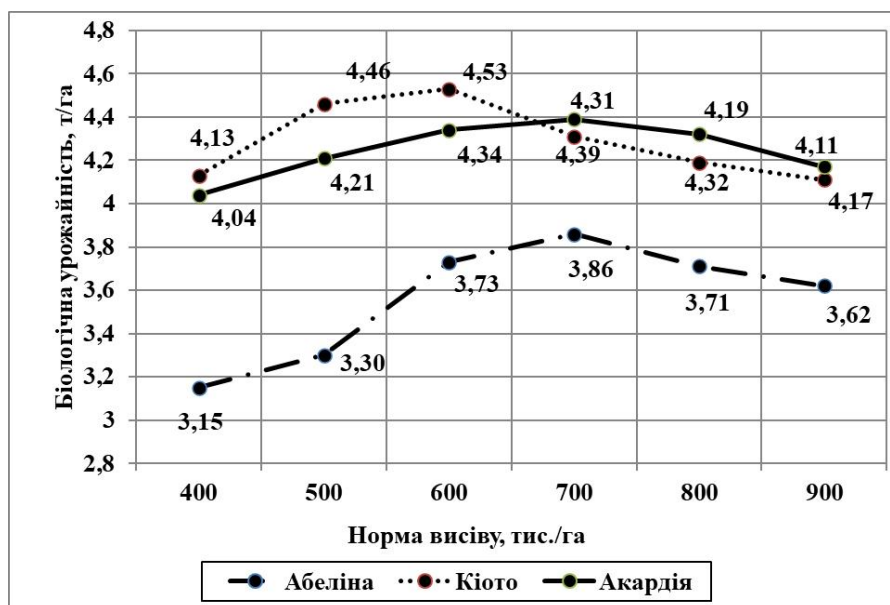


Рис. Біологічна урожайність сортів сої залежно від норм висіву, середнє за 2023–2024 рр.

Висновки. Збільшення норми висіву сої із 400 до 900 тис. насінин на 1 га забезпечує зниження показників індивідуальної продуктивності сортів культури в умовах Західного Лісостепу.

Залежно від норми висіву кількість бобів на одній рослині в сорту Абеліна змінювалася від 19,8 до 15,6 шт., у сорту Кіото – від 21,9 до 16,5 шт., Акардія – від 21,7 до 16,0 шт. У сорту Абеліна

кількість насінин на одній рослині варіювала від 26,4 до 41,4 шт., Кіото – від 32,2 до 55,5 шт., Акардія – від 29,3 до 50,6 шт.

Найвищу біологічну врожайність сорти Абе-ліна та Акардія формують за норми висіву 700 тис. насінин на 1 га, сорт Кіото – за норми висіву 600 тис./га, яка становить відповідно 3,86, 4,39 та 4,53 т/га.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні впливу норм висіву на густоту рослин сортів сої, які забезпечують формування максимальних показників продуктивності.

Бібліографічний список

1. Вожегова Р. А., Коковіхін С. В., Заєць С. О., Нетіс В. І., Онуфран Л. І. Ефективність використання сонячної енергії посівами сої в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2019. Вип. 71. С. 23–27.
2. Душко П. М., Шумигай І. В. Вплив систем удобрення на продуктивність рослин сої (*Glycine max* L.). *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 175–180.
3. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вінниця: ВП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
4. Міленко О. Г., Соломон Ю. В., Вегеренко В. С. Вплив агротехнічних факторів на урожайність сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 119–126.
5. Молдован Ж. А. Формування біометричних показників залежно від строків сівби та норм висіву сортами сої з різним вегетаційним періодом. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 2 (61). Т. 1. С. 60–67.
6. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. С. 404–420.
7. Романько Ю. О., Романько А. Ю., Білокінь В. О., Бруньов М. І. Екологічна еластичність продуктивності сортів сої залежно від кліматичних факторів. *«Гончарівські читання»: матеріали Міжнародної наук.-прак. конф., присвяченої 91-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича, м. Суми, 25–26 травня 2020 р.* Суми, 2020. С. 41–42.
8. Тетерук О. В. Формування продуктивності сої залежно від умов вирощування. *Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: літні диспути: тези доп. І Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 1–2 серпня 2019 р.* Дніпро, 2019. С. 716–720.
9. Шевніков М. Я., Міленко О. Г. Вплив сорту, норм висіву і способів догляду за посівами на індивідуальну продуктивність рослин сої та взаємозв'язок її елементів. *Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. 2015. Вип. 2. С. 46–55.
10. Шепілова Т. П., Григоренко О. В. Урожайність сої залежно від ширини міжрядь і норм висіву. *Збірник наукових праць кафедри загального землеробства Центрально-українського національного технічного університету*. 2017. С. 22–24.

Стаття надійшла 10.02.2025

Розділ 4

ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО

УДК 634.7

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ІНТРОДУКОВАНИХ СОРТІВ МАЛИНИ В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Б. Гулько, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-5915-9564

Львівський національний університет природокористування

В. Гулько, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-5824-7722

ВП НУБіП України, Бережанський агротехнічний інститут

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.096>

Гулько Б., Гулько В. Порівняльна характеристика інтродукованих сортів малини в умовах Полісся України

На ділянці первинного сортовивчення, закладеній у 2020 році, досліджено п'ять нових сортів малини: Мікер, Мапема, Пшехиба, Полонез та Поемат. Пошкодження морозами бруньок малини в зимовий період спостерігали в усіх досліджуваних сортів. Більш зимостійким у наших умовах виявився сорт Мапема, середньозимостійкими – Поемат та Полонез, і дещо поступався перед ними сорт Пшехиба. Загальний стан усіх досліджуваних рослин після відростання був добрим і становив 4–5 балів. Виявлено, що ураження пурпуровою плямистістю (*Didymella applanata*) не перевищувало 1,9 бала. Найменше ураження зауважено в сорту Поемат – 1,4 бала, найвище порівняно з іншими сортами в сорту Пшехиба – 2,9 бала. Уражені були пагони й у сорту Мапема – 2,2 бала, Мікер та Полонез – 1,8–1,9 бали відповідно. Найбільшу польову стійкість показав сорт Поемат. Доведено, що всі сорти малини мали ознаки ураження антракнозом (*Gloeosporium venetum*). Більше пагонів за роки досліджень виростало у сортів Мікер (22–25 шт.) та Поемат – 20–25 штук на один погонний метр. Середня кількість пагонів у сортів Мапема (11–15) та Пшехиба 15–18 шт. на один погонний метр.

Висота пагонів у сортів Пшехиба та Поемат становила 1,8 м. Найвищі вони були у сорту Мікер 1,9 м. Низькими пагони залишалися у сорту Полонез – 1,6 м, хоч висота їх і зросла на 10 см порівняно з попереднім роком. У середньому за два роки досліджень найвищі пагони були в сорту Мікер – 1,9 м; середньої довжини – у сортів Пшехиба, Мапема та Поемат – 1,8 м відповідно. Найкоротші пагони були у сорту Полонез – 1,6 м.

Обліки середньої маси ягід досліджуваних сортів малини значно коливалася – дрібніші ягоди за роки досліджень мав сорт Поемат 4,7–5,0 г, у середньому 4,9 г, хоча цей показник досить високий порівняно з районованими сортами малини, котрі мають середню вагу ягоди 3,5–3,7 г. Ще більшого розміру були ягоди у сортів Мікер та Мапема – середня маса їх становила 5,3 г. Крупними ягодами відзначався і сорт Полонез 5,7–6,2 г, середня маса їх становила 6,0 г. Незаперечним лідером за крупноплідністю ягід у нашому досліді виявився сорт Пшехиба із середньою масою ягоди 7,6–9,1 г, в середньому 8,4 г.

Зауважено, що за роки досліджень сумарна врожайність сортів малини становила від 121,7 ц/га у сорту Полонез до 187,0 ц/га у сорту Пшехиба. Перевагу над контролем Мікер (162,0 ц/га) мали сорти: Пшехиба (на 25 ц/га), і Мапема (на 3,6 ц/га). Сорти Поемат і Полонез поступалися за цим показником перед контролем на 14,9 та 40,3 ц/га.

Ключові слова: малина, сорти, продуктивність, хвороби, маса ягоди.

Hulko B., Hulko V. Comparative characteristics of introduced raspberry varieties in the conditions of Polissia of Ukraine

In 2020, a primary variety study site was established to evaluate five new raspberry varieties: Meeker, Mapema, Pszehyba, Polonez, and Poemat. During the winter period, the researchers observed frost damage to the raspberry buds in all studied varieties. Among them, the Mapema variety demonstrated superior winter hardiness, while Poemat and Polonez exhibited medium winter hardiness. The Pszehyba variety was somewhat less resilient. After the growth period began, the overall condition of all studied plants was rated as good, scoring between 4 and 5 points. Damage caused by *Didymella applanata* did not exceed 1.9 points overall. The Poemat variety exhibited the least damage at 1.4 points, while the Pszehyba variety sustained the highest damage at 2.9 points. The Mapema variety's shoots were also affected, scoring 2.2 points, whereas Meeker and Polonez scored 1.8 and 1.9 points, respectively. Notably, the Poemat variety showed the

greatest field resistance. Throughout the research, all raspberry varieties displayed signs of damage from *Gloesporium venetum*. Over the years of study, the Meeker variety produced the most shoots, averaging 22–25 shoots per linear meter, followed closely by Poemat with 20–25 shoots. The average shoot count for the Mapema variety ranged from 11 to 15, while the Pszehyba variety had 15 to 18 shoots per linear meter.

In terms of shoot height, both the Przehyba and Poemat varieties reached 1.8 meters, while the Meeker variety was the tallest at 1.9 meters. The Polonez variety remained the shortest at 1.6 meters, although its height increased by an average of 10 centimeters compared to the previous year. Overall, the highest average shoot length over the two years of research was in the Meeker variety at 1.9 meters, while the Przehyba, Mapema, and Poemat varieties averaged 1.8 meters. The Polonez variety recorded the shortest average shoot length at 1.6 meters.

The average berry weight varied significantly among the studied raspberry varieties. The Poemat variety had the smallest berries, weighing between 4.7 and 5.0 grams, with an average weight of 4.9 grams, which is quite high compared to zoned raspberry varieties that typically average 3.5 to 3.7 grams. The Meeker and Mapema varieties produced even larger berries, with an average weight of 5.3 grams. The Polonez variety also produced large berries, averaging between 5.7 and 6.2 grams, with an overall average of 6.0 grams. The Pszehyba variety was the standout for large fruit, with an average berry weight ranging from 7.6 to 9.1 grams, resulting in an average of 8.4 grams.

Throughout the research period, total yield of the raspberry varieties ranged from 12.17 tons per hectare for the Polonez variety to 18.7 tons per hectare for the Pszehyba variety. The Pszehyba variety outperformed the Meeker control by 0.25 tons per hectare, and the Mapema variety surpassed it by 0.3 tons per hectare. In contrast, the Poemat and Polonez varieties fell short of the control by 1.49 and 4.03 tons per hectare, respectively.

Keywords: raspberry, varieties, productivity, diseases, berry weight.

Постановка проблеми. Малина успішно культивується впродовж багатьох століть у господарствах українців як смачна, корисна і невибаглива культура. Ягоди малини споживають у свіжому або свіжозамороженому вигляді, вони слугують сировиною для переробної промисловості. Сполуки, які містяться в ягодах, покращують обмін речовин, використовуються для профілактики різних захворювань. Хімічний склад ягід малини досить багатий. У 100 г ягід міститься: білків – 0,8 г, вуглеводів – 9 г, клітковини – 5,1 г, органічних кислот 1,2 г, калію – 224 мг, заліза – 1,6 г, міді – 0,3 г, пектину 0,6–0,7 г [1; 7].

Виробництво малини у великих обсягах і дотепер обмежується низькою врожайністю – 3–5 ц/га, схильністю до шкідників, хвороб, підмерзання пагонів та генеративних бруньок, працездатністю обрізки, збору і коротким періодом реалізації продукції, а також необхідністю використання холодильників при транспортуванні та зберіганні заморожених ягід. У європейських країнах із розвиненим садівництвом урожайність цієї культури становить понад 10 т/га, а в інтенсивних насадженнях із застосуванням поливу – до 15 т/га і більше. Рівень рентабельності вирощування малини в таких насадженнях може сягати 120–140 % [2–4].

Наявний сьогодні в Україні сортимент малини вже не відповідає сучасним світовим ринковим тенденціям і вимагає оновлення. Основні завдання селекціонерів культури сьогодні – це створення високоврожайних сортів, адаптованих до несприятливих факторів зовнішнього середовища, які мали б високі смакові, товарні й

технологічні якості плодів. Нові сорти у місцях їх вирощування повинні відрізнятися покращеними характеристиками зимостійкості, посухостійкості, стійкістю до найбільш небезпечних хвороб і шкідників, а також забезпечувати вищі врожайності і якість продукції порівняно з традиційними сортами [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Низка зарубіжних науковців і практиків [3; 6] вказують на переваги впровадження нових сортів малини у промислові насадження на зміну традиційним сортам, що забезпечує зростання економічної ефективності ведення господарчої діяльності за рахунок підвищення врожайності та якості продукції у цих сортів.

Постановка завдання. Зважаючи на доступність садивного матеріалу нових інтродукованих сортів малини на ринку України, виникла виробнича необхідність їх первинного сортовивчення в ґрунтово-кліматичних умовах промислового вирощування з метою підтвердження заявлених оригінаторами характеристик та виявлення технологічних особливостей таких сортів.

Виклад основного матеріалу. Дослідження з порівняльної характеристики інтродукованих сортів малини проводили у колекційних насадженнях ТОВ «Сав Агро Партнер». Територія землекористування ТОВ «Сав Агро Партнер» розташована у природо-екологічній зоні Полісся України (с. Заріччя, Володимирського району, Волинської області). На території землеко-

ристування поширені такі ґрунти: чорноземи опідзолені та різновиди опідзолених ґрунтів лісостепової зони – сірі й темно-сірі. Запаси основних елементів живлення в орному шарі ґрунту в середньому становлять: легкогідролізованого азоту – 122 мг/1кг, рухомих форм фосфору та калію, відповідно, 92,0 та 135 мг/1кг, гумусу – 1,78 %. Гумусовий горизонт сягає 18 см, має сірий колір, структура всього горизонту горіхувата. Реакція ґрунтового розчину слабкокисла (рН 5,4–5,5) через високу насиченість основами 16,5–17,2 %, тож вапнування такі ґрунти, як правило, не потребують. На більшості території господарства материнською породою є лесоподібний суглинок, пересипні піски і супіски. За гранулометричним складом це легкосуглинкові й піщано-пиливаті ґрунти. Наші дослідження були закладені на ділянці з південно-західною експозицією, та схилом, що утворює 4 °. Повторення та нумерацію варіантів розміщували впоперек схилу.

На ділянці первинного сортовивчення на площі 0,05 га, закладений у 2020 році, ми дослідили п'ять нових сортів малини: Мікер, Мапема, Пшехиба, Полонез та Поемат по 0,01 га

кожного сорту. Як контроль обрали сорт Мікер. Рослини висаджували за схемою 2,5 м між рядами і 0,8 м між рослинами в ряду. Для запобігання змішуванню сортів у ряду, при посадці між сортами залишали проміжок у 2 м. Повторність триразова, по 50 рослин у кожній.

Аналізуючи отримані дані (табл. 1), зауважимо, що у 2023 році раніше від інших досліджуваних сортів відростали пагони в сорту Пшехиба (21.04). Практично через день спостерігали розпускання бруньок у сортів Полонез та Поемат (22–23.04), далі – пагонів сорту Мікер (26.04), закінчували обліки відростання сортом Мапема (28.04).

Весна 2024 року була більш холодною і затяжною – стабільне тепло настало лише у травні, тож початок відростання відтягнувся на 2–5 днів. Так, у сортів Пшехиба і Полонез розпускання бруньок розпочиналося у середньому 26 квітня, у середні строки проростали бруньки сорту Поемат – 28.04, найпізніше починалася вегетація у сорту Мікер – 30.04, а в сорту Мапема вегетація розпочалася тільки наступного місяця – 3 травня відповідно.

Таблиця 1

Результати фенологічних спостережень

Сорт	Початок вегетації, дата		Квітування			
	2023	2024	2023		2024	
			початок, дата	ступінь, бал	початок, дата	ступінь, бал
Мікер(к)	26.04	26.04	8.06	4,0	10.06	4,4
Пшехиба	21.04	21.04	10.06	5,0	12.06	5,0
Полонез	22.04	22.04	14.06	4,3	16.06	4,5
Поемат	23.04	23.04	15.06	4,0	16.06	4,3
Мапема	28.04	28.04	16.06	4,5	18.06	5,0

Досліджувані сорти малини починали квітування також у дуже різні строки. Набагато раніше розпустилися кущі малини у 2023 році. Так, у сорту Пшехиба квіти розкрилися 10.06, і ступінь квітування становив 5,0 бала. Ще раніше зацвів сорт Мікер – 8.06, а ступінь квітування утворив 4,0 бала. Дещо пізніше квітували, порівняно з іншими сортами, Полонез (14.06) та Поемат (15.06), ступінь квітування становив 4,3–4,0 бала відповідно. Найпізніше цвіли кущі малини сорту Мапема (16.06), цвітіння його було дружним і ступінь його оцінювався 4,5 бала. У 2024 році найраніше зацвіли кущі сорту Мікер (10.06) та сорту Пшехиба (12.06). Пізніше квітували сорти Полонез та Поемат (16.06), найпізніше розкривалися квітки у сорту Мапема

(18.06). Ступінь квітування досліджуваних сортів малини у 2024 році становив 4,3–5,0 бала. Найвищий бал спостерігали у сортів Пшехиба та Мапема (5,0 бала). Порівняння результатів обліків протягом двох років показало, що у 2023 році хоч квітування розпочалося і раніше, проте інтенсивність його була нижча, ніж у 2024 році, коли квітування розпочалося дещо пізніше, проте інтенсивність його була вищою. Отже, початок квітування малини і ступінь його інтенсивності залежать як від біологічних особливостей сортів, так і від перебігу погодних умов весни та початку літа.

Пошкодження морозами бруньок малини в зимовий період спостерігали в усіх досліджуваних сортів (табл. 2). У 2023 році цей показник був у

межах 6,0–18,3 %. Найбільший відсоток – у сортів Пшехиба – 18,3, Полонез – 16,8 та Поемат – 14,4 %. Найменше підмерзли бруньки у сорту Мапема – 6,0 %. Показники контрольного варіанта в сорту Мікер становили 10,5 %. Ступінь підмерзання сортів малини у 2023 році оцінювався у 0,8–2,0 бала, тобто був низьким. Найменше пошкоджень було в сорту Мапема, а найбільше – у сорту Пшехиба. У решти сортів Новина Миколайчука, Поемат та Полонез

підмерзання становило 1,4–1,8 бала. Показники перезимівлі малини у 2024 році були дещо кращими порівняно з попереднім роком. Хоча, зважаючи на особливо високі температури у жовтні, що зумовили повторний ріст пагонів і в результаті погіршене визрівання бруньок, а також ураженням пагонів хворобами, припускали, що підмерзання буде значним, особливо коли в III декаді січня температура опускалася до – 26 °C.

Таблиця 2

Стан сортів малини після перезимівлі та ураження хворобами

Сорт	Морозостійкість і загальний стан						Ураження хворобами			
	2023			2024			2023		2024	
	Пошкоджені бруньки, %	Ступінь підмерзання, бал	Загальний стан рослин, бал	Пошкоджені бруньки, %	Ступінь підмерзання, бал	Загальний стан рослин, бал	Пурпурова плямистість, бал	Антракноз, бал	Пурпурова плямистість, бал	Антракноз, бал
Мікер(к)	10,5	1,4	4	7,6	1,0	4	1,6	1,0	1,8	0,6
Пшехиба	18,3	2,0	4	11,7	1,5	4	1,4	1,2	2,9	1,0
Полонез	16,8	1,8	4	7,4	1,0	5	1,3	1,0	1,9	0,8
Поемат	14,4	1,6	4	10,8	1,3	4	1,1	1,0	1,4	0,7
Мапема	6,0	0,8	5	7,1	1,0	5	1,9	0,8	2,2	0,5

Сорти Пшехиба та Поемат мали найбільшу кількість пошкоджень морозами бруньок – 11,7–10,8 % відповідно. Підмерзання всіх інших сортів було майже на одному рівні – 7,1–7,6 %. Ступінь підмерзання цього року оцінювали у 1,0–1,5 бала. Найбільше підмерзання спостерігали в сорту Пшехиба – 1,5 бала, менше пошкоджень мав сорт Поемат – 1,3 бали. У сортів Полонез і Мапема ступінь підмерзання був у межах 1,0 бала. Загалом стан рослин був добрим і становив близько 4–5 балів. Найкраще перезимували рослини сорту Мапема та Полонез.

Більш зимостійким у наших умовах виявився сорт Мапема, середньо-зимостійкими Поемат та Полонез, і дещо поступався їм сорт Пшехиба. Загальний стан усіх досліджуваних рослин після відростання був добрим і оцінювався у 4–5 балів.

Щодо розвитку хвороб, упродовж 2023 року майже в усіх досліджуваних сортів спостерігали ураження пурпурою плямистістю (*Didymella arplanata*), яке не перевищувало 1,9 бала. Найбільший розвиток діїмели мав сорт Мапема, який уражувався на 1,9 бала. Значного розвитку набула вона й у сорту Мікер – 1,6 бала, середній рівень

ураження мали сорти Пшехиба і Полонез – 1,3–1,4 бала відповідно. І менш вразливим до цієї хвороби виявився сорт Поемат – 1,1 бали. Надзвичайно сприятливі теплі й вологі зимові місяці 2024 року зумовили епіфітотійний розвиток і ураження пагонів малини пурпурою плямистістю. Так, у 2024 році ураження становило від 1,4 до 2,9 бала. Найменше ураження спостерігали в сорту Поемат – 1,4 бала, найвище, порівняно з іншими сортами, у сорту Пшехиба – 2,9 бала. Уражені були пагони й у сорту Мапема – 2,2 бала, Мікер та Полонез – 1,8–1,9 бали відповідно. За роки спостережень ураження було незначним у 2023 році та порівняно значнішим у 2024 році, що свідчить про необхідність захисту від цього збудника хвороби. Найбільшу польову стійкість показав сорт Поемат.

За час досліджень усі сорти малини уражав антракноз (*Gloeosporium venetum*). Порівняно більший розвиток цього збудника зауважено у 2023 році, менший – у 2024 році. Загалом уражуваність сортів малини антракнозом була незначною – 0,5–1,2 бала, і значної шкоди рослинам вона не завдала. Серед сортів більше

уражувався протягом двох років Пшехиба (1,2–1,0 бала), менше – сорт Мапема (0,8–0,5 бала). Ураження решти досліджуваних сортів включно з контролем становило 1,0 бала у 2023 році та 0,6–0,8 бала у 2024 році. Масового характеру розвиток збудників хвороб не набував, траплялися окремі вогнища, які за статистикою не перевищували 1,0–1,3 бала у дідімелі та 1,0–1,2 бали в антракнозу, що свідчить про необхідність застосування засобів захисту рослин для уникнення явища накопичення інфекції на плантації.

Більше пагонів за роки досліджень виростало у сортів Мікер (22–25 шт.) та Поемат – 20–25 шт. на один погонний метр (табл. 3). Середня

кількість пагонів у сортів Мапема (11–15) та Пшехиба – 15–18 шт. на один погонний метр.

Менша пагоноутворювальна здатність у сорту Полонез – 8–10 шт. на 1 м.п. Кращу пагоноутворювальну здатність у сортів малини спостерігали у 2023 році – 10–25 шт. на 1 м.п. Дещо менші показники виявили у 2024 році – 8–22 шт. на 1 м.п. У середньому за два роки у досліджуваних сортів отримали 9–24 пагони на 1 м.п. Значно загущувалися насадження сортів Поемат та Мікер – 23–24 шт. м.п. Середня кількість пагонів була у сортів Мапема та Пшехиба – 13–17 шт. м.п. Менше пагонів було на метрі погонному в сорту Полонез – 9 шт.

Таблиця 3

Показники росту і плодоношення сортів малини, середнє за 2023–2024 рр.

Сорт	Пагоноутворювальна здатність, шт. на 1 м.п.	Висота пагонів малини, м	Середня маса ягоди, г	Середня врожайність, ц/га
Мікер (к)	24	1,91	5,3	81,0
Пшехиба	17	1,88	8,4	93,5
Полонез	9	1,67	6,0	60,9
Поемат	23	1,87	4,9	73,6
Мапема	13	1,82	5,3	82,8
НІР ₀₅	-	-	-	8,42

Згідно з отриманими даними обліків, висота пагонів у 2023 році була на рівні 1,5–1,8 м. Невисокі вони були у сорту Полонез – 1,5 м, вищі пагони формували сорти Пшехиба та Поемат – 1,7 м. Найвищий потенціал росту пагонів був у сортів Мікер та Мапема – 1,8 м. Показники 2024 року дещо збільшилися порівняно з попереднім роком і коливалися в межах 1,6–1,9 м, залежно від сорту. Збільшилася висота пагонів практично в усіх сортів, за винятком сорту Мапема, у якого вона була така ж, як і торік – 1,8 м. Висота пагонів у сортів Пшехиба та Поемат становила 1,8 м. Найвищі вони були у сорту Мікер – 1,9 м. Низькими пагони залишалися у сорту Полонез – 1,6 м, хоч висота їх і зросла у середньому на 10 см порівняно з попереднім роком. У середньому за два роки досліджень найвищі пагони були в сорту Мікер – 1,9 м; середньої довжини – у сортів Пшехиба, Мапема та Поемат – 1,8 м відповідно. Найкоротші пагони були в сорту Полонез – 1,6 м.

Обліки середньої маси ягід досліджуваних сортів малини значно коливалися – дрібніші ягоди за роки досліджень мав сорт Поемат 4,7–5,0 г, у середньому 4,9 г, хоча цей показник досить високий порівняно з районованими сортами

малини, котрі мають середню вагу ягоди 3,5–3,7 г. Ще більшого розміру були ягоди в сортів Мікер та Мапема – середня маса їх становила 5,3 г. Крупними ягодами відзначався і сорт Полонез – 5,7–6,2 г, середня маса – 6,0 г. Незаперечним лідером за крупноплідністю ягід у нашому досліді виявився сорт Пшехиба, із середньою масою ягоди 7,6–9,1 г, в середньому 8,4 г.

Аналізуючи сумарну врожайність малини у 2023 році, слід зауважити, що вона становила в середньому 61,9–98,4 ц/га. Особливо врожайними були сорти Пшехиба (98,4 ц/га) та Мапема (85,4 ц/га), і переважали показники контрольного варіанта. Нижча від контролю була врожайність сортів Полонез – 61,9 ц/га, та Поемат – 74,6 ц/га. У 2024 році середня врожайність через розвиток дідімелі знизилася і становила 59,8–88,6 ц/га. Більш продуктивним був сорт Пшехиба – 88,6 ц/га, та сорт Мапема – 80,2 ц/га. Продуктивність на рівні 72,5 ц/га забезпечує сорт Поемат. У сорту Полонез урожайність була на рівні 59,8 ц/га відповідно. За роки досліджень сумарна урожайність сортів малини становила від 121,7 ц/га у сорту Полонез до 187,0 ц/га у сорту Пшехиба. Перевагу над контролем Мікер (162,0 ц/га) мали сорти: Пшехиба (на 25 ц/га), і

Мапема (на 3,6 ц/га). Сорти Поемат і Полонез поступалися за цим показником перед контролем на 14,9 та 40,3 ц/га. Результати дисперсійного аналізу отриманих результатів вказують, що за показниками урожайності у 2023 році істотно переважав показники контролю тільки сорти Пшехиба. Істотно не відрізнявся від контролю сорт Мапема. Істотно поступалися сорти Полонез та Поемат. У 2024 році теж істотно переважав контроль за врожайністю сорт Пшехиба. За час проведення досліджень, сорти за рівнем урожайності розподілилися так: більш урожайним виявився сорт Пшехиба – середня врожайність 93,5 ц/га перевищила показники контролю на 12,5 ц/га. Практично на одному рівні з контрольним сортом Мікер (81 ц/га) була продуктивність сорту Мапема (82,8 ц/га), а сорти Поемат та Полонез мали продуктивність на 20,1 та 7,4 ц/га нижчу від показників контролю. Усі досліджувані сорти варті уваги і проведення подальших польових випробувань з огляду на високу якість продукції та її високі смакові властивості.

Висновки. За результатами проведених дворічних досліджень із порівняльної характеристики інтродукованих сортів малини найкращі результати серед групи досліджуваних сортів забезпечував сорт Пшехиба як за рівнем урожайності, так і за розміром та якістю ягід. Пропонуємо цей сорт для використання у подальших дослідженнях та впровадження у виробничі насадження в умовах Полісся України.

Бібліографічний список

1. Дикалюк М. Інтерес до вирощування малини зростає: скільки експортуємо й кому продаємо солодку ягоду. URL: (<https://tyzhden.ua/interes-do-vyroshchuvannia-malyny-zrostaie-skilky-eksportuemo-j-komu-prodaemo-solodku-iahodu>) (Дата звернення: 10.01.2025).
2. Рожко І. С. Малина (*Rubus idaeus* L.): особливості культивування. *Екологічність і безпечність сировинного ресурсу харчових виробництв*: монографія / за ред. д-ра с.-г. наук, проф. М. Я. Бомби. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2025. С. 150–155.
3. Ciebien M., Rachon L. Evaluation of the yield of raspberries of the cultivars repeating fruiting depending on the density shoots in rows in the conditions of the Pađół Zamojski. *Agronomy Science*. 2023. T. 78/2. S. 55–67. DOI: 10.24326/as.2023.4600
4. Michalecka M., Kałuźna M. Aktualne zagrożenia ze strony patogenów w jagodnikach. *Ogólnopolska Naukowa Konferencja Ochrony Roślin Sadowniczych „Strategia Jedno Zdrowie w aspekcie ochrony roślin sadowniczych”*, Skierniewce, 15 lutego, 2024. S. 57.
5. Rysz M., Szymańska E. Implementation of innovations in orchard farms with various scales of fruit production. *Economics and Organization of Logistics*. 2023. № 8 (2). S. 73–88. DOI: 10.22630/EIOL.2023.8.2.13
6. Zorenc Z., Verberic R., Koron D., Mikulic-Petkovsek M. Impact of raspberry (*Rubus idaeus* L.) primocane tipping on fruit yield and quality. *Not. Bot. Horti Agrobot. ClujNapoka*. 2017. № 45 (2). S. 417–424. <https://doi.org/10.15835/nbha45210876>
7. Україна впевнено прямує до світового лідерства в експорті малини. URL: <http://www.jagodnik.info/ukrayina-vpevneno-krokuye-do-svitovogo-liderstva-v-eksporti-malyny>. (Дата звернення: 10.01.2025).

Стаття надійшла 13.01.2025

УДК 634.7

СОРТОВА РІЗНОМАНІТНІСТЬ У КУЛЬТУРІ *RUBUS IDAEUS* L.

І. Рожко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-5450-0906

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.102>

Рожко І. Сортowa різноманітність у культурі *Rubus idaeus* L.

Міжнародна малинова організація (International Raspberry Organization, IRO) об'єднує 13 країн, які разом забезпечують близько 80 % світового виробництва малини. До складу IRO належать країни: Австралія, Болгарія, Канада, Чилі, Китай, Англія, Франція, Угорщина, Мексика, Польща, Сербія, Шотландія, Сполучені Штати Америки. З 2022 року Україну в IRO представляє Ірина Кухтіна, президентка Асоціації «Ягідництво України» та голова союзу «Інноваційне фермерство і кооперація».

Зауважено, що географічні відмінності країн, які комерційно вирощують *Rubus idaeus* L., впливають на вибір культивованих сортів, які мають різні вимоги до екологічних умов зростання, їх терміни досягання та сезони збору (у помірних регіонах урожай збирають на початку літа, в екваторіальних регіонах їх можна вирощувати впродовж року), технологій вирощування.

Показано, що успіх світового виробництва *Rubus idaeus* L. визначається комплексним підходом, який поєднує селекційну діяльність (створення та впровадження сортів, орієнтованих на дефіцитні ознаки, зокрема холодо-, посухостійкість, стійкість до шкідливих організмів, адаптованість до різних технологій виробництва та переробки, а також урахування вимог споживачів) та оптимізовані виробничі технології, що враховують кліматичні коливання врожайності.

Сортowa різноманітність *Rubus idaeus* L. є фундаментальним чинником стабілізації виробничих процесів, підвищення економічної ефективності та забезпечення конкурентоспроможності сучасного ягідного сектору на глобальному ринку. Генетична, морфологічна та фізіологічна диференціація сортів обумовлює широкую адаптивну пластичність культури, що критично важливо в умовах мінливих екологічних факторів, зокрема швидких змін клімату. Різноманітність сортowych ресурсів сприяє підвищенню урожайності, забезпечує стабільність плодоношення за стресових умов і покращує споживчі властивості плодів.

Ключові слова: малина, сорти, різноманітність, комерційне виробництво, якість.

Rozhko I. Varietal diversity in the cultivation of *Rubus idaeus* L.

The International Raspberry Organization (IRO) unites 13 countries, which together account for about 80 % of the world's raspberry production. The IRO includes the following countries: Australia, Bulgaria, Canada, Chile, China, England, France, Hungary, Mexico, Poland, Serbia, Scotland, and the United States of America. Since 2022, Ukraine has been represented in the IRO by Iryna Kukhtina, President of the Ukrainian Berry Association and Head of the Union of Innovative Farming and Cooperation.

Geographical differences among the countries that commercially cultivate *Rubus idaeus* L. influence the selection of varieties, which vary in their environmental requirements, ripening and harvesting periods (in temperate regions, raspberries are harvested in early summer, while in equatorial regions, they can be grown year-round), and cultivation technologies.

The success of global *Rubus idaeus* L. production is driven by an integrated approach that combines breeding efforts (focused on developing and introducing varieties with desirable traits such as cold resistance, drought tolerance, pest resistance, adaptability to diverse cultivation and processing technologies, and alignment with consumer preferences) with optimized production methods that account for climatic variability in yields.

The varietal diversity of *Rubus idaeus* L. is a key factor in stabilizing production, enhancing economic efficiency, and ensuring the competitiveness of the modern berry industry in the global market. Genetic, morphological, and physiological differentiation among varieties provides wide adaptive plasticity, which is critical in the context of variable environmental conditions, including rapid climate change. This diversity contributes to higher yields, stable fruiting under stress conditions, and improved fruit quality for consumers.

Keywords: raspberry, varieties, diversity, commercial production, quality.

Постановка проблеми. Плоди малини – джерело цінних біологічно активних речовин: вітамінів, антиоксидантів, мікроелементів, органічних кислот, мінеральних та пектинових речовин, що зміцнюють серцево-судинну й нервову системи,

мають радіопротекторний ефект, підвищують захисні властивості організму людини [6].

Враховуючи фізіологічні особливості культури, селекціонерам вдалося вивести високопродуктивні сорти звичайного (літнього) плодоно-

шення) та ремонтантної малини, яка плодоносить двічі за вегетацію. Вибір сорту – ключовий фактор у створенні продуктивних та високоякісних промислових насаджень *Rubus idaeus* L., а сортова різноманітність у культурі дозволяє виробникам адаптуватися до потреб сучасного вибагливого кліматично орієнтованого ринку, пропонуючи продукцію різного типу: свіжі плоди або перероблені продукти, органічні плоди тощо [22].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Малина (*Rubus* L.) – це великий та різноманітний рід родини Шипшинових (*Rosaceae* Juss) підродини *Rosoideae*, у якому описано понад 740 видів. Рід поділяється на 12 підрозділів. Є широкий спектр дикорослих видів, але за генетичними ознаками більшість сучасних сортів культурної малини належать до двох видів – малини звичайної (європейської червоної) *Rubus idaeus* L. subsp. *vulgatus* Arthen., та малини щетинистої (американської) – *Rubus idaeus* L. subsp. *stigosus* Mchx., включно з їхніми гібридами. Як місцеві нішеві культури, вирощують окремі види, як-от на Кавказі – малину Буша (*Rubus vulgatus* var. *illuminatus* Rozanova), в Китаї та Японії – малину японську або яскраво-червону (*Rubus phoenicolasius* Maxim) [5; 6; 8].

Сьогодні у світі існує понад 600 сортів малини. Ці сорти відрізняються за кольором ягід (червоні, жовті, чорні, фіолетові), термінами дозрівання (літнього та осіннього плодоношення), смаковими якостями та стійкістю до різних умов вирощування [6].

Така різноманітність якісних та кількісних параметрів у розрізі культури дозволяє успішно розвиватися як приватному, так і комерційному виробництву. У 1996 році Чилійська продовольча асоціація (Chilean Food Association) розробила ідею об'єднання представників малинової промисловості з усього світу. На установчій конференції в Чилі, організованій Генеральним секретарем Асоціації Феліпе Росасом (Felipe Rosas) у квітні 1998 року, вирішили створити міжнародну організацію, яка отримала назву «Міжнародна малинова асоціація» (International Raspberry Association, IRA). Пізніше назву змінили на «Міжнародну малинову організацію» (International Raspberry Organization, IRO). Основними видами діяльності IRO є: обмін інформацією про сучасні виробничі тенденції, безпеку харчових продуктів під час регулярних зустрічей та конференцій; співпраця між країнами-членами для покращення якості продукції та розвитку ринків збуту; підтримка та заохочення наукових досліджень у сфері

вирощування малини та впровадження інноваційних технологій. Зустрічі IRO відбуваються щодва роки в одній із країн-членів, де обговорюються стратегічні питання та визначаються напрямки подальшого розвитку галузі [17]. Організація об'єднує 13 країн, які разом забезпечують близько 80 % світового виробництва малини. До складу IRO належать такі країни: Австралія, Болгарія, Канада, Чилі, Китай, Англія, Франція, Угорщина, Мексика, Польща, Сербія, Шотландія, Сполучені Штати Америки. Із 2022 року Україну в IRO представляє Ірина Кухтіна, президентка Асоціації «Ягідництво України» та голова союзу «Інноваційне фермерство і кооперація» [1].

Лідерами світового виробництва є росія, яка довгий час була найбільшим виробником малини у світі, хоча останніми роками її частка поступово зменшується через геополітичні обставини; Сербія – один із основних експортерів малини у світі, дуже популярна на європейському ринку; Польща – велика частка польської малини йде на заморожування та експорт; США – особливо штат Вашингтон та Каліфорнія, є важливим виробником та споживачем свіжої малини; Мексика – швидко наростила виробництво останніми роками, постачаючи малину, зокрема на ринок США взимку; Чилі – традиційний експортер малини на ринки Північної Америки та Європи; Іспанія – особливо регіон Уельва в Андалусії, один із основних постачальників свіжої малини в Європі, особливо в зимовий період. Важливим гравцем на світовому ринку малини стає Марокко. У 2022 році країна експортувала 56 тисяч тонн свіжої малини, випередивши США та посівши третє місце серед світових експортерів після Мексики та Іспанії. Площа під малиною в Марокко значно зросла останніми роками, у сезоні 2022/23 років вона становила близько 4 800 гектарів, що на 20% більше порівняно з попереднім сезоном. Галузь країни стикається з викликами, що уповільнюють подальше розширення виробництва, зокрема брак робочої сили та водних ресурсів. Незважаючи на це, Марокко продовжує зміцнювати свої позиції на міжнародному ринку малини, особливо в Європі та Великій Британії. На 2023 рік глобальне виробництво малини досягло 852 тисяч тонн. Лідером стала Мексика з обсягом 279 тисяч тонн, що становить 32,7 % від загального обсягу [3].

Географічні відмінності країн, які комерційно вирощують *Rubus idaeus* L., впливають на вибір культивованих сортів, які мають різні вимоги до екологічних умов зростання, їх терміни досягання та сезони збору (у помірних регіонах

урожай збирають на початку літа, в екваторіальних регіонах їх можна вирощувати впродовж року), технологій вирощування [3].

Постановка завдання. Наше завдання – аналіз сортового різноманіття *Rubus idaeus* L. за показниками продуктивності, адаптивності до різних природно-кліматичних умов, якості плодів, що є основою для ефективного управління виробничими ризиками в ягідництві та впровадження сучасних технологічних рішень.

Виклад основного матеріалу. Успіх світового виробництва *Rubus idaeus* L. визначається комплексним підходом, що поєднує селекційну діяльність (створення та впровадження сортів, орієнтованих на дефіцитні ознаки, зокрема холодо-, посухостійкість, стійкість до шкідливих організмів, адаптованість до різних технологій виробництва та переробки, а також урахування вимог споживачів) та оптимізовані виробничі технології, що враховують кліматичні коливання врожайності [7–9].

Селекційну складову реалізують великі селекційні центри та інститути по всьому світу, які займаються селекцією малини:

– Niwa Hodowla Roślin Jagodowych, Польща [19]. Приватна компанія, яка спеціалізується на селекції малини та ожини. Сорти: Polka, Polana, Przehyba, Sokolica;

– Інститут Джеймса Гаттона (James Hutton Institute), Шотландія [18]. Має одну з найбільших колекцій малини в Європі. Його програма селекції відома серією сортів ‘Glen’, які широко вирощують у всьому світі: ‘Glen Ample’, ‘Glen Lyon’, ‘Glen Magna’, ‘Glen Rosa’, ‘Glen Shee’, ‘Glen Doll’, ‘Glen Mor’, ‘Glen Dee’, ‘Glen Carron’, ‘Glen Erich’, ‘Glen Eden’, ‘Glen Fyne’.

NIAB EMR (National Institute of Agricultural Botany East Malling Research), Велика Британія [21]. З 2015 року NIAB очолив міжнародний консорціум East Malling Rubus Breeding Consortium (EMRBC), створений з метою розробки нових сортів малини для комерційних та аматорських ягідників. До складу консорціуму належать іспанська організація виробників фруктів Onubafuit, швейцарський постачальник садових рослин Lubera, британський виробник фруктів WB Chambers і комерційний підрозділ NIAB EMR East Malling Services (EMS).

Сорти: ‘Malling Promise’, ‘Malling Jewel’, ‘Malling Delight’, ‘Malling Admiral’, ‘Octavia’, ‘Malling Charm’, ‘Malling Bella’, ‘Malling Juno®’, ‘Lewis’, ‘Sky’.

Advanced Berry Breeding (ABB), Нідерланди [12]. Компанія, яка спеціалізується на створенні інноваційних сортів малини, адаптованих до різних кліматичних умов. Сорти: ‘Malaika®’, ‘Kwanza®’, ‘Rafiki™’, ‘Baridi’ (ABB132), ‘Shani™’, ‘Zawadi’ (ABB136), ‘Sarafina™’.

Planasa, Іспанія [20]. Міжнародна компанія, що спеціалізується на селекції та впровадженні нових сортів ягідних культур, включно з малиною, з дослідницькими центрами в різних країнах.

Сорти: ‘Adelita’, ‘Pink Hudson®’, ‘Pink Rosita®’, ‘PinkRosalita®’, ‘Lupita’, ‘Pink Yaqui®’ (Plapink 14116)

Програма селекції малини Університету штату Вашингтон (WSU), США [14] працює понад 85 років і виводить сорти малини для північно-західного регіону США, зосереджуючись на механізованому збиранні, стійкості до хвороб і високій якості плодів.

Сорти: ‘Meeker’, ‘Cascade Delight’, ‘Cascade Bounty’, ‘Cascade Premier’.

Програма селекції малини Університету штату Орегон (OSU), США [14]. Метою є виведення нових сортів малини, ожини, суниць ананасових та лохини щиткової для комерційного виробництва в Тихоокеанському північно-західному регіоні. У співпраці з Міністерством сільськогосподарства США (USDA) розробила кілька сортів малини, зокрема: ‘Coho’, ‘Chinook’, ‘Vintage’, ‘Kokanee’, ‘Cascade Gold’, ‘Cascade Harvest’.

Driscoll's, США [15]. Приватна компанія, яка має власну програму селекції малини, зосереджену на покращенні смаку, текстури та стійкості до хвороб.

Сорти: ‘Maravilla’, ‘Reyna’, ‘Yazmin’, ‘Sofie’, ‘Sweetest Batch™’.

BC Raspberry Breeding Program, Канада [13]. Програму координує Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC) спільно з Pacific Agri-Food Research Centre (PARC) у місті Саммерленд (Summerland), Британська Колумбія.

Сорти: ‘Tulameen’, ‘Chilliwack’, ‘Skeena’, ‘Chemainus’, ‘Saanich’, ‘Malahat’, ‘Qualicum’.

Hortifrut, Чилі [16]. Провідна чилійська компанія у сфері виробництва та комерціалізації ягід, відома своєю активною діяльністю в селекції та впровадженні нових сортів. Розробляє та впроваджує нові сорти лохини щиткової, малини та ожини.

Сорти: ‘Santa Teresa’, ‘Santa Catalina’, ‘Santa Clara’, ‘Santa Guillermina’, ‘Pacific Centennial’, ‘RubyChic’.

Ці центри та програми відіграють ключову роль у розвитку світового виробництва малини,

впроваджуючи інноваційні сорти з покращеними характеристиками для задоволення потреб фермерів та споживачів.

В Україні також є кілька відомих селекційних установ, які займаються селекцією ягідних культур, включно з малиною.

Інститут садівництва НААН України (м. Київ) займається селекцією різних плодкових культур, адаптованих до кліматичних умов України, включаючи малину [2].

Сорти: Новокітаївська, Саня, Персея, Василінка, Одарка, Феномен, Марія.

Національний університет біоресурсів і природокористування України (НУБіП) (м. Київ) на кафедрі садівництва, ведеться селекційна робота з різними плодовими та ягідними культурами, включно з малиною.

Сорти: 'Благородна', 'Вересневі зорі', 'Козачка', 'Промінь', 'Сонце Києва'.

Обираючи сорти малини, перевагу слід віддавати адаптованим до ґрунтово-кліматичних умов регіону, з прямими міцними пагонами, не схильними до вилягання під масою врожаю, з плодами високих смакових якостей, що добре транспортуються. Крім того, важливою вимогою до сучасного сорту малини є придатність до механізованої технології вирощування, тому кущ має бути компактним, невисоким (1,5–1,8 м), з оптимальною кількістю пагонів (4–8), рівноцінних за силою росту й розвитку, з укороченими міжвузлями по всій довжині (3–5 см), зі стриманим темпом росту нових пагонів. Пагони мають бути без колючок, але опушені або з інтенсивним восковим нальотом, що перешкоджає надмірному випаровуванню вологи та є механічною перешкодою для проростання спор грибних хвороб.

За строками плодоношення сорти малини розділяють на звичайні (літнього плодоношення) та ремонтантні. У промислових насадженнях і на присадибних ділянках в Україні найпоширеніші такі сорти малини літнього плодоношення національної та зарубіжної селекції: 'Новокітаївська', 'Феномен', 'Саня', 'Octavia', 'Glen Ampl', 'Tulameen' [6].

Сорти ремонтантної малини, які цінують за позасезонне плодоношення, товарні якості плодів, стійкість до хвороб та транспортабельність, відомі вже понад 200 років. У садівництві Європи та Америки сорти ремонтантної малини були і залишаються доповненням до основного сортименту малини. Останнім часом на сайтах агрофірм, які вирощують та реалізують садивний матеріал, з'явився новий модний термін стосовно сортів

ремонтантної малини – сорти-тутаймери (two timer), які плодоносять двічі. У промислових насадженнях і на присадибних ділянках найпоширеніші такі сорти ремонтантної малини національної та зарубіжної селекції: 'Брусвяна', 'Василінка', 'Zeva', 'Polka', 'Poranna Rosa', 'Joan J', 'Autumm Treasure', 'Sugana', 'Zawadi' (ABB136), 'Sarafina'TM, тощо.

В інтенсивних промислових технологіях вирощування сортів ремонтантної малини у відкритому ґрунті практикують отримання лише осіннього врожаю на однорічних пагонах. При цьому значно знижується собівартість продукції за рахунок виключення з технології ручного видалення дворічних пагонів, що відплодоносили, та суттєвого зменшення витрат на захист насадження від патогенів. До того ж, продуктивність насадження, що використовується лише на осіннє плодоношення, більша, ніж у разі отримання двох урожаїв за вегетацію. Після плодоношення рослини повністю скошують та видаляють із насадження. Максимальну віддачу від сортів ремонтантної малини можна отримати в умовах захищеного ґрунту, де контролюються умови вирощування (температура, вологість, освітлення, живлення) й так забезпечується конвеєр отримання свіжих плодів, зокрема в холодну пору року.

У різних країнах-експортерах малини вирощуються сорти, адаптовані до місцевих кліматичних умов та споживчих уподобань. Найбільш популярні комерційні сорти в Польщі: 'Laszka', 'Radziejowa', 'Przehyba', 'Polka'; в Марокко: 'Sarafina', 'Amira', 'Przehyba', 'Remotion', 'Remoense'; у Великій Британії: 'Octavia', 'Polka', 'Glen Fine', 'Glen Ample', 'Malling Juno', 'Joan J'; у США та Канаді: 'Tulameen', 'Marlboro', 'Cardinal', 'Cascade Delight', 'Cascade Bounty'; у Мексиці: 'Polana', 'Joan J', 'Malling Bella'[®], 'Malling Charm'[®]; в Україні: 'Саня', 'Жовтий Гігант', 'Polka', 'Sugana', 'Геракл', 'Атлант'; в Іспанії: 'Esperta', 'Kweli', 'Adelita', 'Maravilla'; в Чилі: 'Montera', 'Tulameen', 'Santa Teresa', 'Santa Catalina', 'Santa Clara', 'Santa Guillermina'.

'Malling Juno'. Надранній сорт літнього плодоношення англійської селекції. Походження: 'Glen Mor' x 'Cascade Delight'. Високоврожайний (25–30 т/га) та з відмінними смаковими якостями. Кущі міцні, прямостоячі, пагони сягають висоти 1,7–2,0 м, без колючок, що полегшує догляд та збір урожаю. Плоди великих розмірів (3,7–5,2 г), яскраво-червоного кольору, конічної форми, з приємним солодким смаком і насиченим ароматом. Добре адаптується до різних кліматичних умов,

підходить для вирощування у відкритому та закритому ґрунті. Володіє відносною стійкістю до хвороб пагонів і листя, але сприйнятливий до *Phytophthora fragariae* var. *rubi* [10].

‘Przehyba’. Ранній сорт літнього плодоношення польської селекції. Походження: ‘Laszka’ x 96 081. Високоврожайний (20–35 т/га) та з високими смаковими якостями плодів. Кущ прямостоячий, із пагонами висотою 1,7–2 м, з незначною кількістю колючок, що полегшує збір урожаю. Плоди великі (середня маса – 9,5 г, окремі можуть сягати 12–14 г), яскраво-червоні, подовжено-конічної форми, з глянцевою блиском. Смак плодів солодкий, із вираженим малиновим ароматом, що робить їх дуже приємними для споживання у свіжому вигляді. Плоди універсального призначення, підходять для споживання у свіжому вигляді та для технологічної переробки. Високостійкий до хвороб пагонів і листя та морозостійкий. Сорт вирощують за шпалерною технологією. Перевагою сорту є можливість механізованого збору, завдяки щільному зчепленню кістянок і міцній епідермі плодів [19].

‘Саня’. Ранній сорт літнього плодоношення, національної селекції. Походження: гібридна форма 4–3, вільне запилення. Virізняється високою врожайністю (20–23 т/га) та високими смаковими якостями плодів. Кущ високий, прямостоячий. Плоди середні та великі (3,2–5,3 г), одомірні, конічної форми, яскраво-червоні, блискучі, добре відокремлюються від плодоложа, приємного кисло-солодкого смаку, транспортабельні, універсального призначення. Відносно стійкий до грибних хвороб. Зимо- та посухостійкий [4].

‘Tulameen’. Середньопізній сорт літнього плодоношення, канадської селекції. Походження: ‘Nootka’ та ‘Glen Prosen’. Високоврожайний (15–20 т/га) та з відмінними смаковими якостями. Кущі сильнорослі, міцні, з малочисельними колючками, пагони сягають висоти 1,8–2,1 м, формують обмежену кількість пагонів заміщення, тому не схильні до надмірного розростання. Плоди солодко-кислі, з вираженим малиновим ароматом, великі, конічні, яскраво-червоні, масою 5–8 г, із щільним м’якушем, що забезпечує хорошу транспортабельність і лежкість, універсального призначення. Стійкий до основних хвороб, посухо- та морозостійкий [13].

‘Octavia’. Пізній сорт літнього плодоношення англійської селекції. Походження: ‘Glen Ample’ x EM 5928/114. Кущі сильнорослі, з міцними пряморослими пагонами висотою 2–2,5 м. Плоди вирівняні за розміром, правильної конічно-округлої форми, привабливого червоного кольору

та десертного смаку, великі, масою 4,7–5,0 г, із щільним м’якушем, що забезпечує хорошу транспортабельність і лежкість, універсального призначення. Середньостійкий до хвороб, сприйнятливий до *Phytophthora fragariae* var. *rubi*, зимостійкий [11].

‘Joan J’. Ремонтантний сорт англійської селекції. Походження: ‘Joan Squire’ x ‘Terri-Louise’. Характерний високою врожайністю (12–15 т/га) і транспортабельністю плодів. Рослина формує пагони середньої сили росту без колючок. Плоди широко-конічної форми, яскраво-червоні, які темніють при перезріванні, масою 4,0–6,0 г, солодко-кислі, з вираженим малиновим ароматом. М’якуш досить міцний, епідерміс середньої міцності. Стійкий до хвороб пагонів і листя, морозостійкий [11].

‘Polka’. Ремонтантний сорт польської селекції. Походження: сорт під селекційним номером 93 563 відібрано з гібридної популяції, отриманої вільним запиленням клону 89 141, у батьківських формах якого є сорти ‘Autumn Bliss’, ‘Lloyd George’ та дикоростучі форми видів *Rubus idaeus* L. та *Rubus crataegifolius*. Характерний високою врожайністю (10–15 т/га) та транспортабельністю плодів. Кущі прямостоячі, пагони середньої висоти (1,2–1,5 м), що полегшує збір урожаю. Плоди яскраво-червоного кольору середнього розміру (3–4 г), міцні, конічної форми, солодко-кислого смаку. Високостійкий до хвороб пагонів і листя, але сприйнятливий до *Phytophthora fragariae* var. *rubi*. Найбільш популярний сорт для вирощування на експорт завдяки високій якості плодів і стабільній урожайності [10; 11].

Висновки. Сортове різноманіття *Rubus idaeus* L. є фундаментальним чинником стабілізації виробничих процесів, підвищення економічної ефективності та забезпечення конкурентоспроможності сучасного ягідного сектору на глобальному ринку. Генетична, морфологічна та фізіологічна диференціація сортів обумовлює широку адаптивну пластичність культури, що критично важливо в умовах мінливих екологічних факторів, зокрема швидких змін клімату. Розмаїття сортових ресурсів сприяє підвищенню урожайності, забезпечує стабільність плодоношення за стресових умов та покращує споживчі властивості плодів.

Бібліографічний список

1. АЯУ представлятиме Україну на 13-й зустрічі Міжнародної організації малини (IRO). URL: <https://uaberries.com/novyny/novyny-sektoru/ayau->

predstavliatyme-ukrainu-na-13-i-zustrichi-mizhnarodnoi-orhanizatsii-malynu-iro (дата звернення: 17.01.2025).

2. Інститут садівництва НААН України. URL: <http://sad-institut.com.ua/> (дата звернення: 17.01.2025).

3. Країни в рейтингу виробництва малини у 2023 році. URL: <https://divercitytimes.com/agriculture/crops-and-livestock/raspberry#top-country-production-of-raspberry> (дата звернення: 17.01.2025).

4. Малина. Сорт Саня. URL: http://sad-institut.com.ua/ua/licenzuvannja_sortiv/malina/malina_sanja.html (дата звернення: 17.01.2025).

5. Меженський В. М., Меженська Л. О., Якубенко Б. Є. Нетрадиційні ягідні культури: рекомендації з селекції та розмноження. Київ: ЦП «Компринт», 2014. 119 с.

6. Рожко І. С. Малина (*Rubus idaeus* L.): особливості культивування. Екологічність і безпечність сировинного ресурсу харчових виробництв: монографія / за ред. д-ра с.-г. наук, проф. М. Я. Бомби. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2025. С. 150–155.

7. Рожко І. С. Основоположні засади ягідництва. *Вісник ЛНУП. Серія: агрономія*. [Електронний ресурс]. 2023. № 23. С. 124–128. URL: <http://visnuk.kl.com.ua/joom/en/archives/agronomy/49visnuk/archives/agronomy/23-2-2019/342-23.html> (дата звернення: 17.01.2025).

8. Рожко І. С. Особливості культивування малини. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали ХХІІ Міжнародного науково-практичного форуму, 04–06 жовтня 2023 р. [Електронний ресурс]. Львів: ЛНУП, 2023. С. 293–296.

9. Рожко І. С. Ягідництво: обґрунтований підбір культур, сортів – запорука успіху. *Інновації в садівництві*: матеріали третьої Міжнародної наукової Інтернет-конференції, 22 березня 2019 року. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2019. С. 18–23.

10. Сорти малини. URL: <https://www.ft.ua/varieties/?id=194> (дата звернення: 17.01.2025).

11. Характеристика сортів малини. URL: <http://fruit.org.ua/index.php/publikacii/93-ua-kontent/sluzhebnye-stati/119-krashchi-sorti-malini-kharakteristika-sortiv-malini> (дата звернення: 17.01.2025).

12. ABB Relentlessly Pursuing Innovative Raspberry Breeding Excellence. URL: <https://www.abbreeding.nl/> (дата звернення: 17.01.2025).

13. BC Raspberries. URL: <https://bc raspberries.com/growers/> (дата звернення: 17.01.2025).

14. Dann L. Barney, Carol A. Miles Commercial red raspberry production in the Pacific Northwest. Published October 2007, Reviewed 2023. URL: <https://extension.oregonstate.edu/catalog/pub/pnw-598-commercial-red-raspberry-production-pacific-northwest?reference=catalog> (дата звернення: 17.01.2025).

15. Driscoll's. URL: <https://www.driscolls.com/> (дата звернення: 17.01.2025).

16. Hortifrut. URL: <https://www.hortifrut.com/> (дата звернення: 17.01.2025).

17. IRO Raspberry. URL: https://www.internationalraspberry.net/about-us/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 17.01.2025).

18. James Hutton Institute. URL: <https://www.hutton.ac.uk/> (дата звернення: 17.01.2025).

19. NIWA hodowla roślin jagodowych. URL: <https://niwabrzezna.pl/> (дата звернення: 17.01.2025).

20. Planasa. URL: <https://planasa.com/> (дата звернення: 17.01.2025).

21. Providing world-class fruit varieties. URL: <https://www.niab.com/services/plant-breeding/niab-east-malling-fruit-varieties> (дата звернення: 17.01.2025).

22. Toshi M. Foster, Nahla V. Bassil, Michael Dossett, Margaret Leigh Worthington, Julie Graham. Genetic and genomic resources for *Rubus* breeding: a roadmap for the future // *Hortic. Res.* [Електронний ресурс]. 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/336538367_Genetic_and_genomic_resources_for_Rubus_breeding_a_roadmap_for_the_future (дата звернення: 17.01.2025).

Стаття надійшла 20.01.2025

УДК 635.1-027.14

РАННЯ ПРОДУКЦІЯ БУРЯКА СТОЛОВОГО СОРТУ ЕФІОП**С. Стефанюк, к. с.-г. н.**

ORCID ID: 0000-0002-6837-9411

*Львівський національний університет природокористування***І. Гель, к. с.-г. н.**

ORCID ID: 0009-0007-5126-4267

Західноукраїнський національний університет<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.108>**Стефанюк С., Гель І. Рання продукція буряка столового сорту Ефіоп**

У статті наведено результати польових досліджень із вивчення впливу термінів сівби (ранньовесняний та підзимовий) і видів накриття (агроволокно, поліетиленова плівка, без накриття) на формування врожайності та біохімічного складу пучкової продукції буряка столового сорту Ефіоп у зоні Західного Лісостепу України. Досліди проводили у 2023–2024 роках на полях Львівського НУП.

Виявлено, що найвищу врожайність пучкової продукції (74,1 тис. пучків/га) отримали за умов ранньовесняної сівби з накриттям поліетиленовою плівкою. При застосуванні агроволокна врожайність знижувалася на 3,6 тис. пучків/га, а при вирощуванні без накриття – на 6,8 тис. пучків/га. Підzimова сівба за всіх видів накриття супроводжувалась зниженням урожайності, що можна пояснити несприятливими погодними умовами. Біохімічний аналіз продукції показав, що найбільший вміст сухої речовини, цукрів та вітаміну С спостерігали у варіантах із застосуванням накриття, особливо поліетиленової плівки. Найнижчий вміст нітратів зафіксовано у листках рослин за ранньовесняної сівби під агроволокном.

Отримані результати засвідчують доцільність використання поліетиленової плівки для накриття посівів буряка столового сорту Ефіоп у ранньовесняний період, що забезпечує як підвищення врожайності, так і покращення біохімічних показників продукції. Враховуючи екологічні та економічні аспекти, застосування агроволокна також перспективне, особливо в умовах господарств малого та середнього рівнів. Підтверджено необхідність подальшого вдосконалення технології вирощування пучкової продукції буряка столового з урахуванням кліматичних змін, властивостей сортів і агротехнічних заходів.

Ключові слова: буряк столовий, види накриття, терміни сівби, урожайність, біохімічний склад.

Stefaniuk S., Hel I. Early produce of Ethiop variety of table beet

The article presents the results of field studies on the influence of sowing dates (early spring and late autumn) and types of cover (agrofibre, polyethylene film, no covering) on the formation of yield and biochemical composition of bunch products of Ethiop table beet in the Western Forest-Steppe zone of Ukraine. The experiments were conducted in 2023–2024 on the fields of Lviv National University of Horticulture.

The results of the research showed that the highest yield of bunch products (74.1 thousand bunches/ha) was obtained under conditions of early spring sowing with polyethylene film covering. When agrofibre was used, the yield decreased by 3.6 thousand bunches/ha, and when grown without covering, by 6.8 thousand bunches/ha. Winter sowing under all types of covering was accompanied by a decrease in yield, which is explained by unfavourable weather conditions. Biochemical analysis of the products showed that the highest content of dry matter, sugars, and vitamin C was observed in the variants with the use of coverings, especially polyethylene film. The lowest nitrate content was recorded in the leaves of plants during early spring sowing under agrofibre.

The results obtained confirm the feasibility of using polyethylene film to cover crops of the Ethiop variety of table beet in early spring, which ensures both an increase in yield and an improvement in the biochemical indicators of the product. Considering the environmental and economic aspects, the use of agrotexile is also promising, especially in small and medium-sized farms. The studies confirm the need for further improvement of the technology for growing bunch beetroot, taking into account climate change, variety characteristics, and agrotechnical measures.

Keywords: table beet, types of cover, sowing dates, yield, biochemical composition.

Постановка проблеми. У сучасних умовах аграрного виробництва в Україні значну увагу приділяють вирощуванню овочевих культур, зокрема буряка столового (*Beta vulgaris* L.), який посідає одне з провідних місць серед корене-плідних овочів. Це зумовлено не лише високими

смаковими якостями і поживною цінністю буряка столового, а й широким спектром їхнього використання – у свіжому вигляді, кулінарії, консервуванні та для переробки [7; 12].

Україна першого року війни імпортувала близько 415 тис. т овочів різного виду. Однією з

причин зростання імпорту традиційних овочевих культур є окупація південних регіонів України, які спеціалізувалися на вирощуванні овочів. Імпорт коренеплідних культур, у тому числі буряка столового, становив 28 млн доларів. Варто зазначити, що фермерські господарства збільшують площу під овочевими культурами для самостійно забезпечення необхідними овочами [8].

Під столовим буряком у 2023 р. фермерські господарства зайняли 35,4 тис. га, що на 7 % більше порівняно з 2022 р. Найбільше столового буряка вирощували у Дніпропетровській, Вінницькій та Львівській областях [3; 9].

Особливий інтерес викликає питання отримання ранньої пучкової продукції буряка столового, яка є важливою не лише для задоволення попиту споживачів у весняно-літній період, а й для підвищення рентабельності господарств, що спеціалізуються на овочівництві. Ранній урожай дає змогу реалізувати за вищими цінами, посісти вигідну нішу на ринку. Водночас виробництво ранньої продукції потребує обґрунтованої технології вирощування, здатної забезпечити швидке формування якісних рослин [12].

Наукові праці містять недостатньо даних щодо вирощування ранньої пучкової продукції буряка столового, особливо в умовах відкритого ґрунту. Більшість досліджень зосереджені на загальній агротехніці вирощування культури зі збором урожаю у літньо-осінній період.

Для отримання ранньої пучкової продукції використовують технологічний прийом із застосуванням накриття: агроволокном або поліетиленою плівкою.

Для прискорення термінів збирання врожаю на сім–десять діб застосовують накриття агроволокном, масою 17, 23 г/м², і залишають його до часу утворення на рослині чотирьох–шести листків. Накриття захищає рослини від шкідників та абіотичного впливу. Підзимові посіви накривають ранньою весною одразу після розмерзання і часткового підсихання ґрунту. Агроволокно не потребує підпори, адже рослини ростуть і самі піднімають його [1; 4; 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Коренеплоди буряка столового в період пучкової стиглості є цінним джерелом білків, цукрів, клітковини та незначної кількості жирів. Вони містять мінеральні речовини, такі як кальцій, залізо, калій, фосфор, натрій, магній, а також вітаміни – С, В₁₂, каротин та органічні кислоти. Серед овочевих культур буряк столовий за вмістом фосфору та калію посідає перше місце, а також містить надлишок лугів порівняно з кислотами [2; 15].

Буряк столовий має високі смакові, дієтичні та лікувальні властивості. Це низькокалорійний овоч із лікувальним ефектом, який добре впливає на серцево-судинну, нервову і сечогінну системи. Плід бажано споживати людям, схильними до ожиріння, але не людям із виразковою хворобою [14; 13].

Забарвлення буряка зумовлює бетанін, який завдяки своїм антиоксидантним властивостям може використовуватись для лікування новоутворень, має позитивний ефект за порушення обміну речовин, при цукровому діабеті другого типу, а також у неврології та як антидепресивний засіб [13].

Окрім коренеплодів, у їжу вживають і листя столового буряка, яке містить набагато більше вітаміну С, клітковини, білків, протеїну, магнію, цинку, заліза, ніж самі коренеплоди. Тому молоді рослини, що надходять у торгову мережу цілою рослиною, відомі як пучкова продукція, і є цінним вітамінним продуктом. З огляду на це, вдосконалення окремих елементів технології вирощування є важливим завданням для овочівників [5; 10].

У давнину споживали лише листя і вирощували буряк столовий як лікувальну рослину [3].

Важлива роль належить сорту, особливо його стійкості до змін ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування, що дозволить отримувати стабільні врожаї. Сорти на пучкову продукцію мають бути з коротким періодом вегетації, низькою схильністю до стрілкування та високою врожайністю. Для ранньої пучкової продукції насіння висівають ранньою весною, коли ґрунт прогріється до температури 6–8 °С [11; 12]. Для підзимової сівби відводять захищену від вітрів, добре освітлену площу з легким за механічним складом ґрунтом та чистою від бур'янів. Висівають насіння до замерзання ґрунту.

Останніми роками спостерігається зміна клімату, що призводить до тривалого потепління взимку. Це провокує завчасну появу сходів у підзимового терміну сівби буряка столового та подальшого їх вимерзання і, як результат – зниження урожайності [12].

Окрім поліетиленової плівки, фермери використовують агроволокно – неткане полотно з пористою структурою, завдяки якій під накриттям агроволокном не виникає парникового ефекту та зменшується вплив кліматичних чинників на рослини. Агроволокно досить довговічне та має малу вагу, що дозволяє рослинам самостійно піднімати його по мірі росту [1].

Постановка завдання. Наше завдання – порівняти різні види накриття агроволокном та

поліетиленовою плівкою за підзимової та ранньовесняної сівби буряка столового сорту Ефіоп та без його накриття.

Виклад основного матеріалу. Польові дослідження з вирощуванням буряка столового сорту Ефіоп на пучкову продукцію проводили в 2023–2024 роках на полях Львівського національного університету природокористування. Експозиція дослідної ділянки – південно-східний схил. Ґрунти – темно-сірі опідзолені, середньосуглинкові.

Об'єкт дослідження – буряк столовий сорту Ефіоп середньостиглого терміну досягання. Розетка листків припіднята, стояча, невеликих розмірів. Коренеплоди округлої форми, вирівняні, темно-червоні, гладкі, легко висмикуються з ґрунту. М'якоть ніжна і соковита. Має відмінні смакові якості. Сорт стійкий до цвітухи, що дозволяє вирощувати його для раннього споживання.

У варіантах із накриттям агроволокном та поліетиленовою плівкою і без накриття насіння висівали у два терміни: під зиму (перед замерзанням ґрунту) та рано навесні (із настанням стиглості ґрунту). Врожай збирали за досягнення

рослинами діаметра коренеплодів 2–5 см. Цілі рослини в'язали у пучки. За накриття поліетиленовою плівкою урожайність зростала при всіх термінах сівби буряка столового. Отримані результати досліджень подано в табл. 1.

Із даних табл. 1 бачимо, що найвищу врожайність отримали за ранньовесняної сівби (контроль) під накриттям поліетиленовою плівкою – 74,1 тис. пучків/га, а під агроволокном (контроль) – вона зменшилась на 3,6 тис. пучків/га. Однак за такого ж терміну сівби у варіанті без накриття урожайність була значно нижчою і становила 67,3 тис. пучків/га. За всіх видів накриття та сівби під зиму спостерігали зниження урожайності пучкової продукції буряка столового.

Отже, сорт Ефіоп під накриттям агроволокном, підзимової сівби забезпечив урожайність – 49,7 тис. пучків/га, а під накриттям поліетиленовою плівкою – на 3,2 тис. пучків/га більше. У варіанті без накриття урожайність була меншою на 8,8 тис. пучків/га.

Біохімічний склад пучкової продукції буряка столового сорту Ефіоп подано в табл. 2.

Таблиця 1

Урожайність пучкової продукції буряка столового сорту Ефіоп за різних термінів сівби та видів накриття, тис. пучків/га (середнє за 2023–2024 рр.)

Вид накриття	Термін сівби	
	Ранньовесняна – контроль	Підзимова
Агроволокно – контроль	70,5	49,7
Поліетиленова плівка	74,1	52,9
Без накриття	67,3	40,9

Таблиця 2

Біохімічний склад рослин буряка столового сорту Ефіоп залежно від терміну сівби та виду накриття (середнє за 2023–2024 рр.)

Термін сівби	Частина рослини	Суша речовина	Цукри, сума, %	Вітамін С, мг/100г	Клітковина на суху масу, %	Нітрати мг/кг
Агроволокно – контроль						
Ранньовесняний-контроль	листки	10,5	6,9	7,4	8,0	1015
	коренеплоди	12,4	7,3	6,8	6,1	1195
Підзимовий	листки	11,3	8,0	8,1	9,4	1148
	коренеплоди	13,0	8,5	7,1	8,1	1228
Поліетиленова плівка						
Ранньовесняний-контроль	листки	11,8	7,2	8,6	9,3	1070
	коренеплоди	13,1	7,9	9,1	7,1	1154
Підзимовий	листки	11,7	8,3	8,5	8,9	1165
	коренеплоди	14,0	9,1	7,2	7,1	1234
Без накриття						
Ранньовесняний-контроль	листки	10,9	8,2	9,9	9,4	1036
	коренеплоди	12,8	8,5	10,3	7,1	1254
Підзимовий	листки	11,6	8,2	6,8	8,6	1205
	коренеплоди	13,1	9,3	6,6	7,2	1301

Як бачимо з даних табл. 2, біохімічний склад рослин буряка столового залежить як від терміну сівби, виду накриття, так і від частини рослини. Так, за даними досліджень, сухої речовини у всіх варіантах дослідів більше накопичувалось у коренеплодах, аніж у листках. Слід зазначити, що високий вміст сухої речовини виявили у варіанті під накриттям поліетиленовою плівкою за підзимового терміну сівби – 14 %. На контролі за цього ж терміну сівби сухої речовини було на 1 % менше. Також спостерігається закономірність зростання вмісту сухої речовини за підзимового терміну сівби під усіма видами накриття.

Найбільше цукрів нагромаджували рослини під усіма видами накриття за підзимового терміну сівби, у варіанті без накриття – 9,3 % (коренеплід). У контрольному варіанті за ранньовесняної сівби сума цукрів у листках була дещо нижча і змінювалась від 6,9 % до 8,2 % без накриття. У коренеплодах вміст цукрів змінювався від 7,3 % до 8,5 % відповідно.

Вміст вітаміну С змінювався залежно від терміну сівби та виду накриття. Так, найбільше його нагромаджували коренеплоди у контрольному варіанті (ранньовесняна сівба) без накриття – 10,3 мг/100 г. У інших варіантах цей показник був дещо меншим.

У листках пучкової продукції буряка столового накопичувалось клітковини значно більше, ніж у коренеплодах у всіх варіантах. У контрольному варіанті під накриттям агроволокном найбільше клітковини було за підзимового терміну сівби – 9,4 % (листки) та 8,1 % (коренеплоди). За ранньовесняного терміну сівби – 8,0 та 6,1 % відповідно.

Під накриттям поліетиленовою плівкою вміст клітковини зростав за ранньовесняної сівби (контроль) від 9,3 % у листках до 7,1 % у коренеплодах. У варіанті без накриття вміст клітковини був 9,4 % у листках і 7,1 % у коренеплодах. У цьому ж варіанті за підзимової сівби вміст клітковини 8,6 % у листках і 7,2 % у коренеплодах, що найменше порівняно з іншими варіантами досліджень.

Щодо вмісту нітратів, то в рослинах жодного з варіантів не спостерігали перевищення максимально допустимого рівня (1400 мг/кг). Відносно найбільше нітратів – 1301 мг/кг – було в коренеплодах підзимового терміну сівби у варіанті без накриття. Проте низький уміст нітратів виявили в листках 1015 мг/кг за ранньовесняної сівби у

варіанті з накриттям агроволокном, 1070 мг/кг під поліетиленовою плівкою та 1036 мг/кг – без накриття. Слід зазначити, що найменше нітратів нагромаджували листки буряка столового пучкової стиглості порівняно з коренеплодами за всіх видів накриття.

Висновки. За результатами досліджень із вирощування буряка столового сорту Ефіоп на пучкову продукцію можна стверджувати, що найбільшу врожайність отримали за ранньовесняної сівби за накриття поліетиленовою плівкою – 74,1 тис. пучків/га. У варіантах дослідів накриття агроволокном та без накриття забезпечили меншу врожайність. За підзимової сівби урожайність була значно менша через зрідженні посіви.

Аналіз біохімічного складу показав, що найкращі результати були під накриттям поліетиленовою плівкою. Це стосувалося вмісту сухої речовини, цукрів та вітаміну С. Найбільше сухої речовини нагромаджували коренеплоди за підзимової сівби під накриттям поліетиленовою плівкою – до 14 %. Вміст цукрів у коренеплодах досягав 9,1 % у варіанті під накриттям поліетиленовою плівкою за ранньовесняної сівби. Найбільше клітковини нагромаджували рослини в листках за підзимової сівби під накриттям агроволокном. Уміст не перевищував максимально допустимого рівня – 1400 мг/кг.

Загалом результати досліджень показують, що використання накриття, особливо поліетиленової плівки та ранньовесняного терміну сівби, не лише підвищують урожайність пучкової продукції буряка столового сорту Ефіоп, а й покращують його біохімічний склад.

Бібліографічний список

1. Агроволокно: види, застосування, укриття рослин на зиму. URL: <https://surl.li/zvqbav> (дата звернення: 07.02.2025).
2. Кецако В. В. Урожайність сортів та гібридів буряку столового в умовах Правобережного Лісостепу України. *Агробіологія*. 2013. № 11. С. 126–128.
3. Костюкевич Т. К., Корень В. В. Оцінка сучасного стану виробництва буряку столового в Україні. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Рубіновські читання», 15 травня 2020 року*. Умань, 2020. С. 20–21.
4. Мазур Я. Вирощування буряка. URL: <https://surl.li/bbwjuo> (дата звернення: 07.02.2025).
5. Паламарчук І. І. Вплив строків сівби на формування врожаю буряку столового в Правобережному

Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 1. С. 54–58.

6. Ранні буряки. 3 квітня 2019 р. URL: <https://agrotimes.ua/article/ranni-buryaki/> (дата звернення: 07.02.2025).

7. Сова А. Чи зможе аграрна галузь нагодувати населення планети: погляд у майбутнє. *Агроеліта: Всеукраїнський аграрний журнал*. 2021. № 8. С. 10–11.

8. Сич З. Д., Кубрак С. М., Шубенко Л. А. Проблеми вирощування овочів в Україні під час війни. *Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції* (25 травня 2023 р., сел. Селекційне, Харківської обл.). Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2023. С. 178–181.

9. Сич З. Д., Кубрак С. М. Перспективи вирощування овочів «борщового набору» (огляд тенденцій). ДС «Маяк», ІОБ НААН, 2024. С. 186–190.

10. Стефанюк С. В. Урожайність і якість

пучкової продукції буряку столового залежно від виду накриття та строку сівби. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2016. № 20. С. 73–77.

11. Стефанюк Г., Стефанюк С. Урожайність і товарна якість буряку столового залежно від строків сівби. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2017. № 19. С. 93–97.

12. Хареба В. В., Стефанюк С. В. Буряк столовий: сорти, технологія вирощування: монографія. Київ: Аграрна наука, 2014. 223 с.

13. Цілюща городина: Буряк, його цілющі властивості. URL: <https://surl.li/xokcyt> (дата звернення: 07.02.2025).

14. Чи настільки корисний столовий буряк, як про нього говорять? 11 квітня 2019 р. URL: <https://surl.li/pjsiqq> (дата звернення: 07.02.2025).

15. Як буряк може допомогти покращити здоров'я 11.08.2022. URL: <https://surl.li/owozbn> (дата звернення: 07.02.2025).

Стаття надійшла 10.02.2025

УДК 635.13:631.55(477.46)

ВПЛИВ СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА ВРОЖАЙНІСТЬ КОРЕНЕПЛОДІВ МОРКВИ В УМОВАХ СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

І. Підлубенко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-5703-3407

Львівський національний університет природокористування

К. Коноваленко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-4546-635X

Інститут овочівництва і баштанництва НААН України

О. Гораш, д. с.-г. н., проф.

ORCID ID: 0000-0001-9418-0310

Р. Климишена, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4643-7895

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.113>

Підлубенко І., Коноваленко К., Гораш О., Климишина Р. Вплив сортових особливостей на врожайність коренеплодів моркви в умовах Східного Лісостепу

Однією з актуальних проблем сучасного овочівництва є підвищення урожайності та якості коренеплодів моркви шляхом удосконалення сортового складу з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов вирощування. В умовах Східного Лісостепу України, де спостерігається значна варіативність кліматичних факторів, надзвичайно важливо визначити сорти моркви, здатні забезпечити стабільно високі врожаї за збереження високих товарних якостей. Незважаючи на широкий асортимент сортів у державному реєстрі, практичне овочівництво стикається з труднощами у виборі найбільш адаптованих та продуктивних сортів. Визначено сорти моркви, найкраще пристосовані до умов вирощування у Східному Лісостепу та які забезпечують високу продуктивність. Польові дослідження проводили у 2022–2023 роках на опідзоленому чорноземі середньосуглинковому у лабораторії селекції дворічних і малопоширених культур Інституту овочівництва і баштанництва НААН. Досліджували сорти Яскрава (контроль), Нарина, Свитшан та Грета. Біометричні спостереження показали, що сорт Грета формував найбільшу кількість листків (12 шт.) та мав найбільший діаметр розетки (42 см). За показниками врожайності сорти Свитшан (55,3 т/га) та Грета (62,3 т/га) перевищили контрольний сорт Яскрава (45,1 т/га) відповідно на 10,2 та 17,2 т/га. Отримані результати свідчать про високу продуктивність та адаптивність сортів Свитшан і Грета в умовах Східного Лісостепу. Встановлено доцільність їхнього впровадження у виробництво для підвищення ефективності овочевої галузі та забезпечення продовольчої безпеки регіону. Результати дослідження дають змогу обґрунтовано добирати сорти для оптимізації посівів і підвищення стабільності та конкурентоспроможності виробництва моркви.

Ключові слова: морква, сорти, урожайність, адаптивність, біометричні показники, Східний Лісостеп.

Pidlubenko I., Konovalenko K., Horash O., Klymyshyna R. Influence of varietal characteristics on the yield of carrot roots in the conditions of the Eastern Forest-Steppe

One of the most significant challenges in modern vegetable cultivation is enhancing the yield and quality of carrot roots by optimizing varietal selection based on the soil and climatic conditions of each growing area. In Ukraine's Eastern Forest-Steppe, where climatic factors can vary greatly, it is particularly crucial to identify carrot varieties that consistently deliver high yields while maintaining excellent marketable qualities. Although there is an extensive range of varieties available in the state register, practical vegetable growers often struggle to select the most suitable and productive options. The objective of our research was to identify carrot varieties that are optimally adapted to the growing conditions in the Eastern Forest-Steppe region and can provide high productivity levels. Field research was conducted between 2022 and 2023 on podzolized medium loamy chernozem at the laboratory of biennial and rare crops selection at the Institute of Vegetable and Melon Growing of NAAS. The varieties examined included Yaskrava (control), Naryna, Svytshan, and Hreta. Biometric observations revealed that the Hreta variety produced the highest number of leaves (12) and had the largest rosette diameter (42 cm). In terms of yield, Svytshan (55.3 t/ha) and Hreta (62.3 t/ha) significantly outperformed the control variety Yaskrava (45.1 t/ha) by 10.2 and 17.2 t/ha, respectively. These results indicate the high productivity and adaptability of Svytshan and Hreta varieties in the conditions of the Eastern Forest-Steppe. We have established the importance of introducing these varieties into production to enhance the efficiency of the vegetable industry and bolster food security in the region. The findings of this study enable more rational variety selection, optimizing sowing practices and increasing the stability and competitiveness of carrot production.

Keywords: carrot, varieties, yield, adaptability, biometric parameters, Eastern Forest-Steppe.

Постановка проблеми. Однією з актуальних проблем сучасного овочівництва є підвищення урожайності та покращання якості коренеплодів моркви завдяки вдосконаленню сортового складу з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов регіону. В умовах Східного Лісостепу України, який характерний значною варіативністю кліматичних факторів, важливо визначити сорти моркви, здатні забезпечити стабільно високий урожай за умови збереження товарних якостей продукції. Незважаючи на наявність широкого асортименту сортів моркви в державному реєстрі, практичне овочівництво стикається з труднощами у виборі найбільш продуктивних та адаптованих сортів до конкретних умов вирощування. Саме тому виникає необхідність у проведенні досліджень, спрямованих на вивчення сортових особливостей моркви, зокрема їхньої впливовості на рівень урожайності, морфологічні показники та біологічну пластичність у межах певного агроєкологічного регіону. Результати таких досліджень мають практичне значення для фермерських господарств, які займаються виробництвом овочевої продукції, а також для селекційної та агротехнічної науки, оскільки дозволяють обґрунтувати доцільність упровадження окремих сортів у виробництво.

Урожайність моркви значною мірою залежить від біологічних особливостей сорту, його здатності адаптуватися до місцевих умов, а також стійкості до хвороб і шкідників. До того ж, на сучасному етапі розвитку аграрного сектору зростають вимоги до якості продукції – рівня вмісту сухих речовин, цукрів, каротину, вирівняності коренеплодів, а також їхньої здатності до тривалого зберігання без втрати товарності. У зв'язку з цим постає потреба у комплексному підході до вивчення сортів моркви, що охоплює аналіз агробіологічних, морфологічних та господарсько-цінних ознак [5; 8; 11; 16].

Отже, виникає потреба у проведенні польових досліджень, спрямованих на виявлення перспективних сортів моркви, що проявляють найвищу продуктивність та адаптивність у зоні Східного Лісостепу. Отримані результати дозволять не лише оптимізувати сортовий склад для господарств різних форм власності, а й забезпечити підвищення ефективності виробництва овочевої продукції, що має велике значення для продовольчої безпеки та економіки регіону загалом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасному овочівництві значна увага приділяється вивченню впливу сортових особливостей на врожайність моркви столової, особливо в умовах

Східного Лісостепу України. Результати численних досліджень свідчать про те, що вибір сорту має вирішальне значення для забезпечення високої продуктивності та якості коренеплодів.

Зокрема у дослідженні Миколи Мурая було встановлено, що сортові особливості моркви суттєво впливають на формування врожаю. Дослідження показали, що деякі сорти мають кращу адаптацію до умов Західного Лісостепу, демонструючи вищу врожайність та стійкість до посухи. Це підкреслює важливість селекції та впровадження сортів, пристосованих до специфічних агрокліматичних умов регіону [6].

Вагомий внесок у вивчення сортової різноманітності моркви зроблено в роботах Попович Г. В., яка досліджувала вплив строків сівби на продуктивність моркви у Закарпатській області. Дослідження виявили, що оптимальні строки сівби разом із правильним вибором сорту сприяють не лише підвищенню врожайності, а й покращанню товарних якостей коренеплодів [7].

Також слід відзначити дослідження Вдовенка О. В. та колег, у якому вивчено вплив органічної технології вирощування на ріст і розвиток моркви в умовах правобережного Лісостепу. Було встановлено, що при застосуванні органічних добрив і мульчування покривними культурами сорт «Болівар F¹» демонстрував покращені біометричні показники, зокрема більшу масу коренеплодів і кращу вирівняність [14].

Значний внесок у вивчення сортової специфіки моркви зроблено і українськими науковими установами, зокрема Інститутом овочівництва і баштанництва НААН України, де тривають дослідження нових сортів та гібридів, зокрема з підвищеним вмістом каротину, сухих речовин, та придатністю до механізованого збирання. У роботах Горової Т. К. підкреслюється роль сортової технології у формуванні конкурентоспроможного врожаю моркви в умовах змін клімату та ресурсозбереження [3].

Окремі публікації також акцентують увагу на питанні збереження продукції моркви після збирання, що тісно пов'язане із сортовими особливостями. Виявлено, що сорти з циліндричною або конічною формою коренеплодів краще зберігаються, мають вищу стійкість до фізіологічних хвороб та менше піддаються гниттю за тривалого зберігання [9].

У публікаціях останніх років акцентується також на важливості використання біологічно активних речовин та стимуляторів росту під час вирощування моркви. Так, у праці Тернового Ю. В. зазначено, що застосування біопрепаратів сприяє

підвищенню фотосинтетичної активності рослин, покращанню структури врожаю та підвищенню стійкості до абіотичних стресів. Автор наголошує, що в умовах кліматичних змін саме сорти з високою стресостійкістю повинні бути пріоритетними для впровадження у виробництво [13].

Отож, сучасні дослідження у сфері сортової технології вирощування моркви свідчать про високу значущість генетичних характеристик сортів, вплив агротехнічних прийомів та ефективність органічних і біологічних підходів. Це вимагає поглибленого аналізу та польових експериментів для виявлення найбільш продуктивних сортів, придатних до умов Східного Лісостепу, що й становить основну мету нашого дослідження.

Постановка завдання. Наше завдання – виявлення найбільш продуктивних та адаптованих до місцевих умов сортів для подальшого впровадження у виробництво.

Експериментальну частину досліджень із вивчення пристосованості моркви сортів Яскрава, Нарина, Свитшан, Грета до вирощування в умовах Східного Лісостепу проводили впродовж 2022–2023 років у польовій сівоzmіні лабораторії селекції дворічних і малопоширених культур Інституту овочівництва і баштанництва НААН [2].

Яскрава – середньостиглий сорт моркви. Технічна стиглість 90 діб. Коренеплід яскраво-оранжевий, циліндричний, довжиною 14 см, діаметром – 3,5 см. Урожайність 65–75 т/га. Практична групова стійкість до хвороб. Підвищений вміст каротину (до 24 мг/100 г), має високі смакові якості, високу лежкість.

Нарина – середньостиглий сорт моркви. Технічна стиглість 110–115 діб. Коренеплід конічної форми, з червоно-оранжевим забарвленням, масою 250–300 г, довжиною 15–18 см.

Особливість: великі врожаї якісної продукції, стійкість до стресу, хвороб та різних умов ґрунту.

Свитшан – середньостиглий сорт моркви з високими товарними і смаковими властивостями та високою цукристістю. Технічна стиглість – 100–110 діб. Коренеплід конічної форми з округлим кінчиком, вирівняний, з маленькою серцевиною, оранжево-червоного забарвлення, довжиною 15–18 см. Широко використовується в кулінарії, у консервації, для приготування соку.

Грета – середньостиглий сорт моркви. Технічна стиглість 110 діб. Коренеплід циліндричної форми, масою 200–220 г. Придатний для тривалого зберігання (до шести місяців). Підходить для перероблення та свіжого ринку.

Контролем слугував сорт Яскрава. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений серед-

ньосуглинковий лучнуватий із вмістом гумусу 3,26 %. Ґрунт дослідної ділянки незасолений, несолонцюватий, малогумусний, зі сприятливими водно-фізичними властивостями, з підвищеним рівнем забезпечення доступними формами фосфору та калію. Клімат регіону помірно-континентальний, досить теплий.

Досліди закладали за загальноприйнятою методикою у триразовому повторенні [2]. Висівали насіння у відкритий ґрунт у першій декаді квітня.

Схема розміщення рослин моркви після прорідження становила 45×5 см, що відповідає 500 тис. росл. на 1 га.

Технологічні роботи проводили відповідно до оптимальних вимог рослини. Фіксували фази росту і розвитку рослин. Біометричні спостереження охоплювали підрахунок кількості листків, висоти та діаметра їхньої розетки у фазу технічної стиглості коренеплідів, масу листків [12].

Урожай збирали суцільним способом. Загальний урожай сортували згідно з вимогами ДСТУ 7035:2009 – Морква свіжа. Технічні умови – на товарний та нетоварний і окремо зважували. Товарний врожай сортували на стандартну і нестандартну частини. У товарній групі підраховували, зважували і визначали середню масу, довжину та діаметр коренеплідів, визначали їхній індекс форми [4].

Виклад основного матеріалу. У процесі проведення досліджень сортів моркви Яскрава, Нарина, Свитшан та Грета встановлено, що в умовах Східного Лісостепу на опідзолених чорноземах рослини протягом вегетаційного періоду характеризувалися диференційованими темпами росту та розвитку. Виявлено варіабельність у термінах настання і тривалості проходження основних фенофаз залежно від генотипу сорту та метеорологічних умов року вирощування.

З метою визначення впливу умов вирощування на ріст і розвиток рослин моркви досліджуваних сортів були проведені біометричні вимірювання. Контрольний сорт Яскрава формувал у середньому сім листків із висотою листової розетки 18 см та діаметром 30 см. Маса листової частини становила 5 % від загальної маси рослини (табл. 1).

Серед вивчених сортів найбільшу кількість листків сформував сорт Грета – 12 штук, що на п'ять більше порівняно з контролем. Також у цього сорту були зафіксовані найвищі значення висоти та діаметра розетки – 24 та 42 см відповідно. Подібні показники мали сорти Свитшан та Нарина, які сформували 10 та 8 листків відповідно, з діаметром листової розетки 41 і 36 см.

Таблиця 1

Біометричні показники рослин моркви у фазу технічної стиглості, 2022–2023 рр.

Сорт	Кількість листків, шт.	Висота розетки листків, см	Діаметр розетки, см	Маса листків, % від загальної маси рослин
Яскрава – контроль	7	18	30	5
Нарина	8	21	36	7
Свитшан	10	23	41	5
Грета	12	24	42	5

Маса листків у сортів Свитшан, Грета та Яскрава становила 5 % від загальної маси рослини, тоді як у сорту Нарина цей показник був дещо вищим – 7 %, що може свідчити про інтенсивніший ріст вегетативної маси. Загалом сорти з більшою кількістю листків і крупнішою розеткою мають потенціал для активнішого фотосинтезу та нагромадження пластичних речовин, що є важливим чинником для формування високої урожайності.

Висота розетки листків у сорту Яскрава становила 18 см, у сорту Нарина – 21 см, що на 3 см більше за контроль. Рослини Свитшан були вищими за контроль на 5 см, а висота розетки листків сорту Грета становила 24 см і була найвищою порівняно із даними сортами, зокрема вищою за контроль на 6 см.

Діаметр розетки найбільшим був у сорту Грета – 42 см, що більше за контроль на 12 см. У сорту Нарина цей показник становив 36 см, а у сорту Свитшан – 41 см, що більше за контроль на

6 і 11 см відповідно. Найбільшу масу листків сформували рослини сорту Нарина – 7 % від загальної маси рослини, що більше за контроль на 2 %, а найменшу – сорт Грета (5 %). Маса листків сорту Свитшан була на рівні контролю – 5 %.

Рівень загальної врожайності завжди є основним критерієм за вибору сорту будь-якої рослини, у тому числі й моркви. Врожайність культури – це основний показник, за яким визначають рентабельність її вирощування. Дослідження показали, що сорти моркви формують високу загальну врожайність і товарний вихід коренеплодів на високому рівні.

Так, у сорту Яскрава, який слугував контролем, загальна врожайність становила 45,1 т/га, сорту Нарина – 40,0 т/га, що на 5,1 т/га нижче за контроль. Сорти Свитшан і Грета перевищили контроль на 10,2 і 17,2 т/га, оскільки їхня загальна врожайність становила відповідно 55,3 і 62,3 т/га (табл. 2).

Таблиця 2

Урожайність коренеплодів різних сортів моркви (2022–2023 рр.), т/га

Сорт	Загальна	Товарна			Нетоварна	Товарність, %
		стандартна	нестандартна	разом		
Яскрава – контроль	45,1	35,8	0,9	36,7	8,4	81,0
Нарина	40,0	31,8	0,7	32,5	7,5	81,0
Свитшан	55,3	48,3	1,7	50,0	5,3	90,5
Грета	62,3	56,4	1,1	57,5	4,8	92,3
НІР ₀₅ 2022 р.	1,3	1,5	0,04	1,4	0,8	-
НІР ₀₅ 2023 р.	1,6	1,7	0,07	1,7	1,1	-

Товарних коренеплодів у сорту Яскрава (контроль) отримали 36,7 т/га, із них 35,8 т/га – стандартні і 0,9 т/га – нестандартні. Найменшу товарну урожайність мав сорт Нарина – 32,5 т/га, що менше за контроль на 4,2 т/га, з якого стандартними є 31,8 т/га коренеплодів і 0,7 т/га – нестандартних.

Товарна урожайність сорту Свитшан становить 50,0 т/га, що перевищує сорт Яскрава на 13,3 т/га. У такого сорту вихід стандартних

коренеплодів був 48,3 т/га, а нестандартних – 1,7 т/га. Найбільша товарна урожайність була в сорту Грета – 57,5 т/га, що більше за контроль на 20,8 т/га. При цьому стандартних коренеплодів отримали 56,4 т/га, нестандартних – 1,1 т/га.

Нетоварні коренеплоди у сорту Яскрава (контроль) становили 8,4 т/га, сорту Нарина – 7,5 т/га, сорту Свитшан – 5,3 т/га. Найменше нетоварних коренеплодів отримали у сорту Грета – 4,8 т/га, що на 3,6 т/га менше, ніж у контролю.

Отже, товарність коренеплодів досліджуваних сортів моркви була на належному рівні і коливалася в межах 81–92 %.

На рис. представлено урожайність коренеплодів моркви залежно від сортових особливостей.

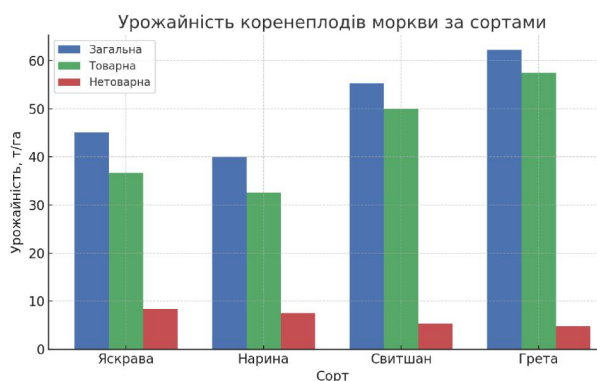


Рис. Діаграма урожайності коренеплодів моркви залежно від сортових особливостей (т/га)

Дослідження показали, що найвищу загальну врожайність забезпечив сорт Грета – понад 60 т/га,

із високою часткою товарної продукції. Сорт Свитшан також продемонстрував високі показники загальної та товарної урожайності. Сорти Яскрава і Нарина мали нижчу врожайність, при цьому сорт Нарина відзначався найменшими показниками серед усіх вивчених варіантів. Нетоварна частка врожаю була найменшою у сортів Свитшан і Грета, що свідчить про високу якість отриманої продукції. Отже, за сукупністю показників найбільш перспективними для вирощування в умовах дослідження виявилися сорти Свитшан і Грета (рис. 1).

Продуктивність моркви залежить значною мірою від середньої маси коренеплоду, на яку безпосередньо впливали його довжина й діаметр (табл. 3).

Середня маса коренеплоду моркви сорту Яскрава (контроль) за 2022–2023 рр. становила 110 г. Сорти Свитшан і Грета перевищують контроль на 40 і 63 г, адже маса їхніх коренеплодів становить 150 і 173 г відповідно. У сорту Нарина середня маса коренеплоду виявилася найменшою і становила 98 г, що менше за контроль на 12 г.

Таблиця 3

Якісні показники товарних коренеплодів моркви залежно від сорту, 2022–2023 рр.

Сорт	Маса коренеплоду, г	Діаметр коренеплоду, см	Довжина коренеплоду, см	Індекс форми
Яскрава – контроль	110	3,6	14,8	0,25
Нарина	98	3,4	12,5	0,27
Свитшан	150	4,3	21,5	0,20
Грета	173	4,8	19,0	0,25

Важливим показником товарності коренеплодів моркви є їх діаметр. Як свідчать дані табл. 3, середній показник діаметра коренеплоду за 2022–2023 рр. у сорту Яскрава (контроль) становив 3,6 см; у сорту Нарина – 3,4 см, що менше за контроль на 0,2 см, а також є найменшим показником порівняно з іншими сортами. У сорту Свитшан діаметр коренеплоду в середньому за роками досліджень – 4,3 см, що більше за контроль на 0,7 см. У сорту Грета коренеплоди сформувалися діаметром 4,8 см і перевищували контрольний показник на 1,2 см.

Ще однією важливою сортовою ознакою моркви столової є довжина коренеплодів. Усі досліджувані сорти істотно різнилися за цим показником. Середнє значення довжини коренеплоду за 2022–2023 рр. у сорту Яскрава – 14,8 см, Нарина – 12,5 см, що менше за контроль на 2,3 см. У сорту Свитшан – 21,5 см, що переважає над контролем на 6,7 см, а у сорту Грета – 19 см, що

більше за контроль на 4,2 см.

Отримані дані довжини та діаметра дали нам змогу визначити індекс форми коренеплоду. Середнє значення показника за 2022–2023 рр. у сорту Грета – на рівні контролю і становить 0,25, у сорту Свитшан він менший, а у сорту Нарина – вищий порівняно із контролем.

Важливе значення для визначення якості продукції має вміст корисних біохімічних речовин у коренеплодах моркви. При проведенні досліджень визначали у коренеплодах моркви вміст сухої розчинної речовини, масову частку цукрів та вміст нітратів (табл. 4).

Аналіз показав, що ці показники відрізнялися залежно від сортових особливостей. Так, вміст сухої речовини був на рівні 11,2–12,6 %, масова частка суми цукрів коливалася в межах 7,0–8,7 %. Рівень нітратів був у допустимих межах і коливався від 125 до 156 мг/кг сирої речовини.

Таблиця 4

Вміст корисних біохімічних речовин у коренеплодах сортів моркви, 2022–2023 рр.

Сорт	Масова частка, %		Вміст нітратів, мг/кг
	сухої розчинної речовини	загального цукру	
Яскрава – контроль	12,2	7,0	145
Нарина	12,6	7,0	156
Свитшан	11,5	7,6	125
Грета	11,2	8,7	152

Висновки. Проведені дослідження свідчать про істотний вплив сортових особливостей на біометричні показники, урожайність, якісні та біохімічні характеристики коренеплодів моркви в умовах Східного Лісостепу України.

Серед досліджуваних сортів найкращі результати продемонстрував сорт Грета, який відзначався найбільшою середньою урожайністю (50,0 т/га), масою коренеплодів, вирівняністю та лежкістю. Сорт Нарина мав найвищий вміст сухих речовин, що свідчить про його високу біологічну цінність.

Сорти Яскрава та Свитшан поступались за основними агрономічними та якісними показниками, хоча можуть бути рекомендовані для окремих напрямів використання залежно від виробничих потреб. Отримані результати дозволяють рекомендувати сорти Грета та Свитшан для вирощування у господарствах Східного Лісостепу з метою отримання високих і якісних урожаїв моркви.

Бібліографічний список

1. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2001. 369 с.
2. Горова Т. К., Безносюк К. П., Ракшесєва Л. І., Карабанчук Н. Ф. Селекційно-екологічна цінність сортів моркви. *Овочівництво і баштанництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Харків, 2010. Вип. 56. С. 362–366.
3. Горова Т. К., Плужнікова Л. Є. Сорти і гібриди овочевих та баштанних культур. Харків, 2003. 176 с.
4. ДСТУ 7034:2009. Морква свіжа для споживання. Технічні умови. [Чинний з 01.01.2010]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 12 с.
5. Марченко О. П. Інноваційні підходи до технологій вирощування моркви. *Збірник наукових праць Інституту овочівництва і баштанництва НААН*. 2020. № 3. С. 92–98.
6. Мурай М. Формування врожаю моркви столової залежно від сортових особливостей. Полтава: ПДАУ, 2023. 38 с.
7. Попович Г. Вплив строків сівби на урожайність моркви столової в умовах низинної зони Закарпаття. *Науковий вісник Ужгородського університету*. 2015. Вип. 22. С. 45–49.
8. Середа В. І., Бондаренко Т. В. Технологія вирощування моркви столової: наукові основи та практика. Полтава: Аграрна наука, 2021. 192 с.
9. Сиплива Н. О., Бондарчук І. В., Сосницька І. П. Сортові ресурси овочевих культур України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2023. № 1. С. 118–125.
10. Стефанюк Г. С. Особливості агротехніки моркви для умов західного регіону України. *Вчені ЛДАУ виробництва*. 2005. Вип. 5. Львів, 2005. С. 50–51.
11. Стефанюк Г. С. Урожайність і товарна якість моркви столової сортів вітчизняної і зарубіжної селекції. *Науковий вісник НАУ*. 2002. № 57. С. 130–133.
12. Сучасні методи селекції овочевих і баштанних культур / [Горова Т. К., Яковенко К. І., Андрієвська С. А. та ін.]; за ред. Т. К. Горова, К. І. Яковенко. Харків, 2001. 642 с.
13. Терновий Ю. В. Мінливість вмісту основних хімічних компонентів моркви та джерела селекції. *Овочівництво та баштанництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Харків, 2003. Вип. 48. С. 348.
14. Vdovenko S., Palamarchuk I., Mazur O., Mazur O., & Mulyarchuk O. Organic cultivation of carrot in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2024. № 27 (1). P. 62–70. DOI: 10.48077/scihor1.2024.62.

Стаття надійшла 20.02.2025

ACCUMULATION OF CADMIUM IONS IN TABLE BEET (*BETA VULGARIS* L.) PLANTS AS AFFECTED BY THE USE OF FERTILIZERS AND AMELIORANTS

A. Dydiv, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

ORCID ID: 0000-0002-4436-9008

N. Kachmar, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

ORCID ID: 0000-0003-4471-5895

T. Datsko, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

ORCID ID: 0000-0002-2957-1822

M. Ivankiv, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

ORCID ID: 0000-0002-4911-2877

Lviv National Environmental University, Ukraine

R. Rosa, Doctor of Philosophy, Doctor of Science, Professor

ORCID ID: 0000-0001-6344-538X

Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, Republic of Poland

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.119>

Dydiv A., Kachmar N., Datsko T., Ivankiv M., Rosa R. Accumulation of cadmium ions in table beet (*Beta vulgaris* L.) plants as affected by the use of fertilizers and ameliorants

The article presents the findings of a study examining how different fertilization systems and calcium-based soil amendments affect the accumulation of cadmium (Cd^{2+}) ions in various parts of table beet plants (cv. Bordo Kharkivskyi). This was analyzed under simulated conditions of cadmium contamination in dark-gray podzolic soil in the Western Forest-Steppe of Ukraine. The research assessed the effects of organic, mineral, and organic-mineral fertilization systems, combined with liming, on cadmium mobility in the soil and its uptake by table beet plants. The study calculated the hazard coefficients for mobile Cd^{2+} forms in the soil, cadmium accumulation in plants, and the biological absorption coefficient.

Results indicated that increasing the levels of cadmium contamination in the soil - from 1 to 5 maximum permissible concentrations (MPC) - led to a rise in mobile Cd^{2+} forms across all treatments, resulting in greater accumulation of cadmium in table beet plants. Cadmium was found to accumulate most significantly in the underground parts (root tail) and least in the core of the root. Notably, the concentration of Cd^{2+} in the leaf blades was 3.5 to 4.1 times higher than in the root pulp.

The study also found that applying organic fertilizers (Biohumus) and mineral fertilizers (Nitroammophoska), along with soil liming (+ CaCO_3), reduced cadmium mobility in the soil and its accumulation in table beet plants. The lowest concentrations of mobile Cd^{2+} in the soil - and thus the least accumulation of the metal in the roots - were observed with the application of Biohumus at 4 t/ha combined with CaCO_3 at 5 t/ha (treatment 6) and $\text{N}_{34}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$ combined with Biohumus at 2 t/ha and CaCO_3 at 5 t/ha (treatment 7). These results differed significantly from the control group ($p < 0.001$) and had hazard coefficients of 0.20 and 0.33, respectively.

A strong correlation ($r = 0.85$) was found between the concentration of mobile Cd^{2+} forms in the soil and their content in the table beet plants across all experimental treatments, with a coefficient of determination $R^2 = 0.73$. The findings of this research can be utilized to optimize agricultural practices in areas contaminated with heavy metals, thereby minimizing the risk of cadmium accumulation in table beet produce.

Keywords: cadmium ions, translocation, table beet, hazard coefficient, biological absorption coefficient, fertilizers, calcium-based ameliorants.

Дидів А., Качмар Н., Дацко Т., Іванків М., Роса Р. Нагромадження іонів кадмію рослинами буряка столового (*Beta vulgaris* L.) залежно від застосування добрив та меліорантів

У статті висвітлено результати досліджень щодо впливу різних систем удобрення та кальцієвих меліорантів на нагромадження іонів Cd^{2+} у різних органах рослин буряка столового сорту Бордо Харківський за змодельованих рівнів забруднення темно-сірого опідзоленого ґрунту кадмієм в умовах Західного Лісостепу України. Проаналізовано вплив органічної, мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення у поєднанні з вапнуванням на рухомість кадмію у ґрунті та його транслокацію в рослини буряка столового. За результатами дослідження визначено коефіцієнт небезпеки рухомих форм Cd^{2+} у ґрунтовому середовищі, коефіцієнт небезпеки накопичення елемента в рослинах, а також коефіцієнт біологічного поглинання.

Встановлено, що із збільшенням рівнів змодельованого забруднення ґрунту кадмієм від 1 до 5 ГДК збільшувалась і концентрація рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті у всіх варіантах, що позначилось на інтенсивнішому нагромадженні катіонів металу в рослинах буряка столового. З'ясовано, що найбільше кадмій акумулювався у підземній частині (хвостіку коренеплоду), а найменше – у серцевині. У листовій пластині концентрація Cd^{2+} перевищувала вміст у м'якуші коренеплоду в 3,5–4,1 рази.

Виявлено, що застосування органічних (Біогумус) і мінеральних (Нітроаммофоска) добрив у поєднанні з вапнуванням ґрунту (CaCO_3) сприяло зменшенню рухомості кадмію у ґрунті та його акумуляції в рослинах буряка столового. Однак найнижчу концентрацію рухомих форм кадмію Cd^{2+} у ґрунті на фоні, а відповідно, й найменше нагромадження іонів металу в коренеплодах буряка столового спостерігали за внесення Біогумус 4 т/га + CaCO_3 5 т/га (варіант 6) та $\text{N}_{34}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$ + Біогумус 2 т/га + CaCO_3 5 т/га (варіант 7) за вірогідної різниці до контролю $p < 0,001$, за коефіцієнтів безпеки 0,20 та 0,33.

Встановлено тісний кореляційний зв'язок ($r = 0,85$) між концентрацією рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті та його вмістом у рослинах буряка столового в усіх варіантах дослідів за коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,73$. Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації агротехнологій в умовах забруднення агробіоценозів важкими металами з метою зменшення ризику нагромадження кадмію у продукції буряка столового.

Ключові слова: іони кадмію, транслокація, буряк столовий, коефіцієнт безпеки, коефіцієнт біологічного поглинання, добрива, кальцієві меліоранти.

Problem statement. A pressing issue today is the increasing anthropogenic pressure on agrobiocenoses caused by the influx of various pollutants, particularly heavy metals. Among them, cadmium, lead, mercury, and arsenic belong to the first hazard class of chemical substances and are subject to continuous environmental monitoring and control [1].

As a result of Russia's military aggression against Ukraine, the area of agricultural land contaminated with heavy metals has significantly increased in recent years [2]. The degree of soil contamination with heavy metals determines the level of environmental hazard for agricultural crops and, as a consequence, directly affects the safety of plant products and human health [3; 5].

Heavy metals in mobile forms are particularly hazardous in soil, as they are the most readily available for uptake by plant root systems and exert a direct phytotoxic effect. The phytotoxicity of heavy metals is manifested through the disruption of physiological, biochemical, and growth processes, as well as the deterioration of crop quality indicators, including a reduction in nutrient content and the accumulation of toxic compounds [4].

Analysis of recent research and publications. The accumulation of heavy metals in agricultural soils is one of the most pressing environmental threats today. Intensive anthropogenic activities, particularly the widespread use of mineral fertilizers and pesticides, as well as industrial emissions, result in the release of significant amounts of toxic substances into the environment [5]. An additional factor contributing to the deterioration of soil ecological status has been the military actions resulting from Russia's aggression against Ukraine, which are accompanied by explosions of munitions and the release of harmful substances. All

of this leads to the contamination of the topsoil, a decline in soil fertility, and the entry of toxicants into the food chain through plant-based products [2].

Among the root vegetable crops cultivated in Ukraine, table beet (*Beta vulgaris* L.) occupies a significant place. However, this crop is characterized by low biological resistance to the toxic effects of heavy metal ions, which is attributed to its genetic characteristics. In particular, an elevated content of mobile cadmium ions (Cd^{2+}) in the soil environment contributes to its excessive accumulation in plants, which adversely affects yield and the quality parameters of root crop production [4; 6; 11].

Plants are capable of restricting the uptake of excess ions into aboveground organs, particularly into the organs responsible for assimilate storage. The root serves as the primary organ and biological barrier in the pathway of heavy metal transport from the soil into the plant. A significant portion of the "primary transport" processes takes place in the root [3]. At higher levels of contamination, the inactivation of toxicants in the soil solution becomes incomplete, and the flux of heavy metal cations begins to affect the roots, into which they enter primarily through diffusion and passive transfer [7].

A small portion of metal ions is rendered inactive by plants even before entering the roots, where a certain amount is retained (chelated by root exudates and adsorbed onto the external root surface) [9]. A general pattern in plants is the distribution of heavy metals in such a way that the highest amounts are retained in the root system tissues, while the smallest amounts reach the generative organs [8]. Although plant root systems generally contain higher concentrations of heavy metals than their aboveground organs, there are exceptions in which more mobile forms of heavy metals, such as Cd^{2+} , Hg^{2+} , and Cu^{2+} ,

accumulate in the aerial parts of plants, particularly in seeds and leaves [4; 7; 10].

The study of distribution patterns of heavy metals in different organs of table beet plants remains a relevant area of research. Particular focus is made on the assessment of the environmental safety of table beet produce in relation to the toxic effects of heavy metal ions, through the determination of the hazard coefficient and the biological absorption coefficient. The obtained results can be used to improve agrotechnologies under conditions of heavy metal-contaminated agricultural fields in order to reduce the risk of cadmium accumulation in table beet produce [10; 11].

Thus, under current conditions of heavy metal contamination in agrobiocenoses, an urgent issue is to study and apply an effective and safe fertilization system adapted to specific soil and climatic conditions, in combination with calcium soil amendments. This approach enables rapid detoxification of contaminated soil, reduces the mobility of heavy metals, and limits their translocation into table beet plants, ultimately contributing to improved soil fertility and the production of environmentally safe vegetable products [6; 12; 16].

Setting objectives. To achieve this goal, the study investigated the effect of simulated levels of soil contamination with cadmium on the translocation of Cd^{2+} ions into various organs of *Beta vulgaris* L. plants under the application of organic and mineral fertilizers, as well as calcium ameliorants. The analysis made it possible to determine the hazard coefficient of mobile Cd^{2+} forms in the soil, the hazard coefficient in plants, and the biological accumulation coefficient of cadmium in *Beta vulgaris* L. plants. A correlation was established between the concentration of mobile cadmium forms in the soil and the concentration of cadmium ions in table beet plants.

Presenting main material. In the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine, on dark-gray podzolic soils, the influence of fertilizers and ameliorants on the behavior of heavy metals in the "soil-plant" system was investigated. In particular, the study focused on the patterns of cadmium accumulation in table beet (*Beta vulgaris* L.) plants depending on the application rates and ratios of organic and mineral fertilizers, applied in combination with soil liming using calcium-based ameliorants.

Sowing of table beet (cv. Bordo Kharkivskyi) was carried out in the second ten-day period of May in

soil pre-contaminated with heavy metals. Cadmium chloride (CdCl_2) was used as the contaminant and applied as an aqueous solution at simulated contamination levels of 1, 3, and 5 maximum permissible concentrations (MPC) of total forms. The contaminant was applied separately in the autumn, and two weeks later, limestone flour (CaCO_3) was applied as a soil amendment at a rate of 5 t/ha, based on the soil's hydrolytic acidity, in accordance with the experimental design [13]. This was based on data [12; 15], indicating that the maximum permissible concentration (MPC) of total cadmium forms is 3 mg/kg of soil. In the control treatment, cadmium salts were not applied. In the spring, during pre-sowing cultivation, the mineral fertilizer Nitroammophoska (grade 16:16:16) and the organic fertilizer Biohumus (a vermiculture product) were applied according to the experimental design.

The scheme of the micro-plot two-factor experiment on table beet cultivation included the following treatments: 1) Control (no fertilizers); 2) $\text{N}_{68}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$; 3) Biohumus 4 t/ha; 4) $\text{N}_{68}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + Biohumus 2 t/ha; 5) $\text{N}_{68}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + CaCO_3 5 t/ha; 6) Biohumus 4 t/ha + CaCO_3 5 t/ha; 7) $\text{N}_{68}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + Biohumus 4 t/ha + CaCO_3 5 t/ha.

The accounting area of each micro-plot was 2 m². The experiment was conducted with five replications, and the treatments were arranged systematically [16]. The cultivation technology for table beet followed standard practices accepted for the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine.

The concentration of cadmium in table beet plant tissues and soil samples was determined using atomic absorption spectrophotometry according to certified and standardized methods in accordance with DSTU 4770.3:2007 [17].

To assess the degree of cadmium hazard, the *hazard coefficient* (H_c) was used. It represents the ratio between the element concentration in the plant and its maximum permissible concentration, calculated according to formula (1). Under normal conditions, the hazard coefficient should be less than or equal to 1:

$$H_c = \frac{C_i}{\text{MPC}_i} \geq 1, \quad (1)$$

where: C_i – actual concentration of the contaminant in the plant, mg/kg; MPC_i – maximum permissible concentration of the contaminant in the plant, mg/kg.

For the quantitative assessment of the uptake (translocation) of mobile Cd^{2+} forms from the soil into table beet plants, the *biological accumulation coefficient* (BAC) was used, calculated according to formula (2):

$$BA_c = \frac{C_p}{C_s}, \quad (2)$$

where: C_p – concentration of the contaminant in the plant, mg/kg; C_s – concentration of the contaminant in the soil, mg/kg.

The statistical processing of the research results was presented as arithmetic means. To indicate statistical significance in the tables, the following symbols were used: * – $p < 0.05$, ** – $p < 0.01$, *** – $p < 0.001$.

The research program aimed to study the patterns of accumulation and redistribution of Cd^{2+} ions in different organs of *Beta vulgaris* L. under various levels of simulated soil contamination with cadmium, taking into account the application of fertilizers and calcium-based soil amendments.

According to the results of a three-year study, it was found that under the background (control) conditions, the highest cadmium accumulation occurred in the underground part of the root crop (the tail) – 0.324 mg/kg of fresh weight. In the peel of the root crop, the cadmium concentration was 0.058 mg/kg; in the pulp – 0.027 mg/kg; whereas in the core, it decreased to 0.012 mg/kg of fresh weight. However, in the petioles of the leaves, the cadmium concentration increased again to 0.043 mg/kg, while in the leaf blades it rose even further to 0.096 mg/kg of fresh weight. Thus, the Cd^{2+} concentration in the leaf blade was 3.5 times higher than in the pulp of the table beet root (Fig. 1).

The obtained research results confirm a certain regularity, namely: with the increase in the level of simulated soil contamination with cadmium up to 5 MAC, the concentration of mobile Cd^{2+} forms in the soil increased in all treatments, which led to a more intensive accumulation of these ions in various parts of the table beet plants. It was established that at this level of simulated contamination, the highest cadmium accumulation occurred in the underground part of the root crop – 1.185 mg/kg of fresh weight. In the peel of the root crop, the cadmium concentration was 0.209 mg/kg; in the pulp – 0.098 mg/kg; whereas in the core – it reached 0.043 mg/kg of fresh weight. As for the aboveground part of the plants, the cadmium concentration in the leaf petioles increased to 0.165 mg/kg, while in the leaf blades it amounted to 0.405 mg/kg of fresh weight. Thus, at the simulated soil contamination level of 5 MAC, the concentration of cadmium ions in the leaf blade increased by 4.13 times compared to the pulp of the table beet root, while in the core it was 9.42 times higher (Fig. 1).

However, the application of fertilizers and calcium-based ameliorants significantly influenced the mobility of Cd^{2+} in the soil, thereby affecting its accumulation in *Beta vulgaris* L. plants (Table 1).

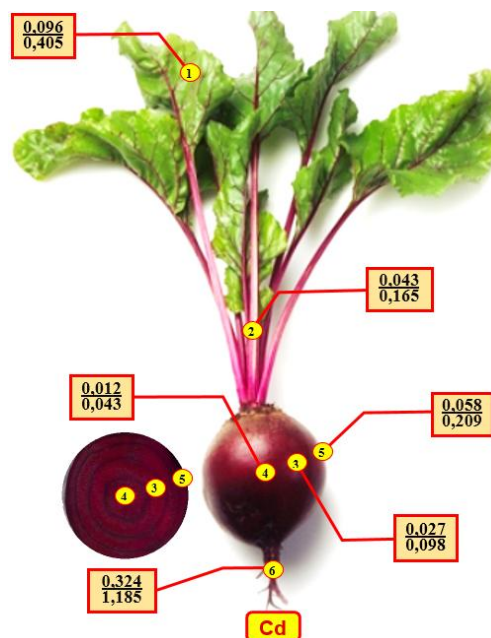


Fig. 1. Cadmium concentration in different organs of table beet plant, mg/kg of fresh weight

Note: 1. Numerator – background (control), denominator – simulated soil contamination with cadmium at the level of 5 MPC. 2. (1) leaf blade, (2) petiole, (3) root pulp, (4) root core, (5) root peel, (6) root tip (tail)

The study revealed that under the simulated soil contamination level of 3 MAC with cadmium, the highest concentration of Cd^{2+} in table beet root crops was recorded in the control variant (without fertilizer application), with a hazard coefficient of 2.07 and a biological absorption coefficient of 0.076. At this level of simulated contamination, the lowest concentrations of Cd^{2+} ions in table beet plants (0.018 and 0.021 mg/kg of fresh weight) were observed with the application of fertilizers and ameliorants at the rates of 4 t/ha of Biohumus + 5 t/ha of $CaCO_3$, and $N_{34}P_{34}K_{34}$ + 2 t/ha of Biohumus + 5 t/ha of $CaCO_3$, respectively. These results were statistically significant compared to the control ($p < 0.001$), with hazard coefficients of 0.60 and 0.70.

With the application of mineral and organic fertilizers at the rates of $N_{68}P_{68}K_{68}$ (treatment 2) and 4 t/ha of Biohumus (treatment 3) under the simulated soil contamination level of 5 MAC with cadmium, the concentration of Cd^{2+} ions in the root crops was 0.061

Table

Cadmium concentration in table beet plants depending on the levels of simulated soil contamination with this element under the application of fertilizers and ameliorants, mg/kg of fresh weight

Treatment	Natural background (control)						Levels of simulated soil contamination with cadmium (Cd ²⁺)											
	Cd conc. in the plant, mg/kg			Hc			BAc			1 MAC			3 MAC			5 MAC		
	Cd conc. in the plant, mg/kg	Hc	BAc	Cd conc. in the plant, mg/kg	Hc	BAc	Cd conc. in the plant, mg/kg	Hc	BAc	Cd conc. in the plant, mg/kg	Hc	BAc	Cd conc. in the plant, mg/kg	Hc	BAc	Cd conc. in the plant, mg/kg	Hc	BAc
1) Control (no fertilizers)	0.096 0.027	3.20 0.90	0.568 0.160	0.108 0.038	3.60 1.27	0.282 0.099	0.189 0.062	6.30 2.07	0.232 0.076	0.405 0.098	13.50 3.25	0.311 0.075						
2) N ₆₈ P ₆₈ K ₆₈	0.071** 0.019*	2.37 0.63	0.544 0.145	0.086* 0.023**	2.87 0.77	0.282 0.075	0.145** 0.033**	4.83 1.10	0.219 0.050	0.197** 0.061**	6.57 2.03	0.180 0.056						
3) Biohumus 4 t/ha	0.045** 0.014**	1.50 0.47	0.375 0.117	0.075** 0.019**	2.50 0.63	0.270 0.068	0.103** 0.027**	3.43 0.90	0.171 0.045	0.155** 0.046**	5.17 1.50	0.154 0.045						
4) N ₃₄ P ₃₄ K ₃₄ + Biohumus 2 t/ha	0.054** 0.016**	1.80 0.53	0.439 0.130	0.081* 0.022**	2.70 0.71	0.277 0.072	0.114** 0.029**	3.80 0.97	0.176 0.045	0.182** 0.056**	6.07 1.88	0.170 0.052						
5) N ₆₈ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ 5 t/ha	0.041** 0.012**	1.37 0.40	0.371 0.109	0.064** 0.017**	2.13 0.57	0.248 0.066	0.097** 0.025**	3.23 0.83	0.170 0.044	0.119*** 0.033***	3.97 1.10	0.125 0.035						
6) Biohumus 4 t/ha + CaCO ₃ 5 t/ha	0.029** 0.006***	0.97 0.20	0.332 0.069	0.043*** 0.010***	1.43 0.33	0.210 0.049	0.076*** 0.018***	2.53 0.60	0.169 0.040	0.093*** 0.026***	3.10 0.87	0.125 0.035						
7) N ₃₄ P ₃₄ K ₃₄ + Biohumus 2 t/ha + CaCO ₃ 5 t/ha	0.034** 0.010***	1.13 0.33	0.327 0.096	0.059** 0.014***	1.97 0.47	0.261 0.062	0.083*** 0.021***	2.77 0.70	0.167 0.042	0.106*** 0.029***	3.53 0.97	0.130 0.036						
		0.104			0.226			0.496										

Notes: 1. Numerator – Cd concentration in the tops (leaf blades); denominator – Cd concentration in the root crop (pulp); 2. # – concentration of mobile Cd²⁺ forms in the soil, mg/kg; 3. * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$, the difference is statistically significant compared to the control (without fertilizers); 4. Hc – hazard coefficient, BAc – biological absorption coefficient, Maximum permissible concentration (MPC) of Cd in vegetables – 0.03 mg/kg of fresh weight.

and 0.046 mg/kg of fresh weight, respectively. The hazard coefficients (H_c) in these treatments were 2.03 and 1.50, with statistically significant differences compared to the control ($p < 0.01$). However, in treatment 6, where fertilizers and ameliorants were applied at the rate of $N_{34}P_{34}K_{34} + 2$ t/ha of Biohumus + 5 t/ha of $CaCO_3$, the Cd^{2+} concentration in root crops decreased to 0.026 mg/kg ($p < 0.01$), with a hazard coefficient of 0.87.

It was found that in all treatments, the highest cadmium accumulation in *Beta vulgaris* L. plants occurred in the underground part of the root crop, particularly in the tapering end. The concentration of Cd^{2+} in the core of the root crop was the lowest. However, in the aboveground part, including the leaf petioles and leaf blades, the concentration of cadmium ions increased again.

It was established that the use of organic (treatment 6) and organic-mineral (treatment 7) fertilization systems in combination with soil liming resulted in the lowest concentrations of Cd^{2+} ions in

table beet plants across all levels of simulated soil contamination with this element. Other treatments were less effective in reducing the mobility of cadmium ions in the soil. This led to more intensive accumulation of Cd^{2+} ions in table beet plants at all levels of simulated contamination.

According to the results of the correlation analysis, a strong positive relationship was established between the content of mobile Cd^{2+} forms in the soil and its accumulation in table beet root crops ($r = 0.85$). The coefficient of determination was $R^2 = 0.73$, indicating that 73 % of the variation in cadmium concentration in the plants is explained by its content in the soil solution (Fig. 2).

This suggests that table beet is a non-barrier-type plant with regard to Cd^{2+} ion accumulation. The plant does not effectively restrict the uptake and translocation of cadmium ions from the soil, allowing their movement into various organs, including edible parts. This characteristic increases the risk of cadmium entering the food chain through table beet consumption.

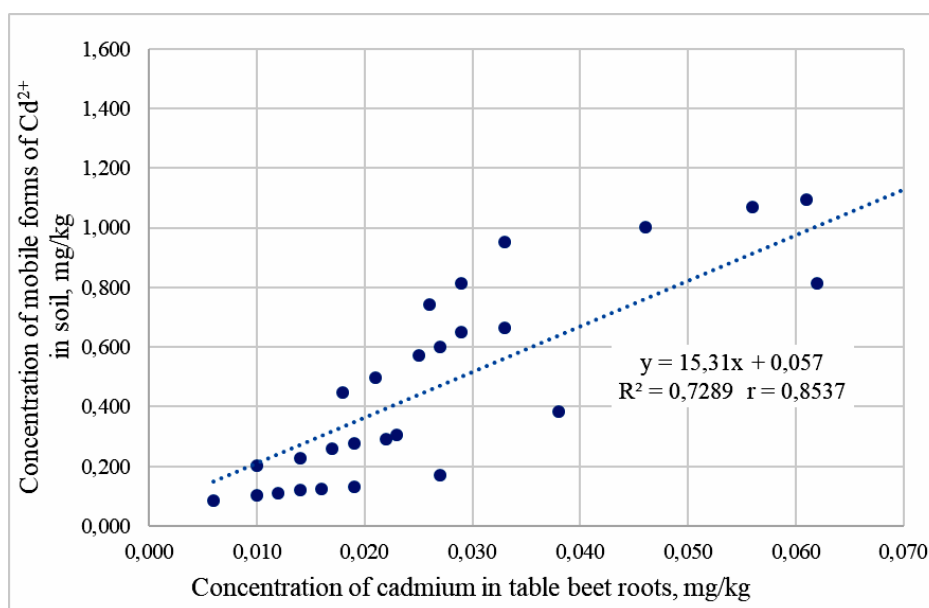


Fig. 2. Correlation graph showing the relationship between the concentration of mobile Cd^{2+} forms in the soil and the accumulation of the element in table beet root crops, depending on the simulated levels of cadmium contamination in the soil under the application of fertilizers and calcium-based ameliorants

Conclusions. It was established that the intensity of accumulation and redistribution of Cd^{2+} ions in different organs of *Beta vulgaris* L. plants depended on the levels of simulated soil contamination with cadmium, as well as on the application of different fertilization systems and liming.

It was determined that under natural background conditions (control), cadmium in *Beta vulgaris* L. plants accumulated most intensively in the underground part of the root crop (tapering end), reaching 0.324 mg/kg. In the root pulp, the Cd^{2+} concentration was 0.027 mg/kg, while in the root core

it decreased to 0.012 mg/kg of fresh weight. In the aboveground part, the cadmium concentration in the petioles increased to 0.043 mg/kg. In the leaf blade, the Cd concentration was 3.5 times higher than in the root pulp and amounted to 0.096 mg/kg of fresh weight. It is worth noting that a similar pattern of cadmium accumulation and redistribution among different organs of table beet was also observed under the soil contamination level of 5 MAC.

The obtained results indicate that as the levels of simulated soil contamination with cadmium increased from 1 to 5 MAC, the concentration of mobile forms of heavy metals in the soil also increased, which correspondingly led to higher concentrations of Cd²⁺ ions in table beet plants across all treatments. However, the accumulation and redistribution of Cd²⁺ in different organs of *Beta vulgaris* L. were significantly influenced by the application of organic and mineral fertilizers, as well as calcium-based ameliorants.

It was established that the lowest accumulation of Cd²⁺ ions in table beet plants across all levels of simulated soil contamination occurred with the application of fertilizers and ameliorants at the rates of 4 t/ha of Biohumus + 5 t/ha of CaCO₃ and N₃₄P₃₄K₃₄ + 4 t/ha of Biohumus + 5 t/ha of CaCO₃. Under the organic fertilization system combined with soil liming (treatment 6), the cadmium concentration in the root crops decreased by 4.5 times, or by 77.7 %, compared to the control, with a statistically significant difference ($p < 0.001$). The highest cadmium accumulation in table beet plants was observed in the control treatment (without fertilizers).

Based on the conducted correlation analysis, a strong positive relationship ($r = 0.85$) was also established between the concentration of mobile Cd²⁺ forms in the soil and the accumulation of this element in table beet plants across all experimental treatments.

By selecting appropriate fertilization systems in combination with soil liming under specific soil and climatic conditions, it is possible to significantly reduce the mobility of heavy metals in the soil and, consequently, substantially decrease the accumulation of Cd²⁺ ions in *Beta vulgaris* L. plants, thereby ensuring the production of environmentally safe vegetable crops.

References

1. Angon P. B., Islam M. S., KC S., Das A., Anjum N., Poudel A., Suchi S. A. Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: Soil, plants and human food chain. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, No 7. P. e28357.
2. Baliuk S. A., Kucher A. V., Romashchenko M. I. Soil cover of Ukraine in the conditions of hostilities: state, challenges, restoration measures: monograph. Kyiv: Agrarian Science, 2024. 340 p.
3. Bondarenko H. L., Yakovenko K. I. Research methodology in vegetables and melons growing. Kharkiv, 2001. 369 p.
4. Carabulea V., Vrinceanu N. O., Motelică D.-M., Costea M., Oprea B. Ș., Ploeanu G. Accumulation of heavy metals in red beets (*Beta vulgaris* L.) in households from the Copșa Mică area. *Analele Universității din Craiova. Seria Agricultură – Montanologie – Cadastru*. 2022. Vol. 52, No 1. P. 372–380.
5. Dydiv A. The influence of fertilizers and ameliorants on the quality of table beet root crops in case of soil contamination with cadmium. *Scientific Bulletin of the National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine: Series "Agronomy"*. 2017. Kyiv, Issue 269. P. 234–241.
6. Dydiv A., Dydiv O., Dydiv I. Reduction mobility of cadmium ions in soil and decrease of their translocation in beetroot plants by applying of fertilizers and ameliorants. *Le tendenze e modelli di sviluppo della ricerche scientifici: Raccolta di articoli scientifici «ΛΟΓΟΣ» con gli atti della Conferenza scientifica e pratica internazionale (13 marzo 2020. Roma, Italia) «Piattaforma scientifica europea»*, Roma, 2020. Vol. 1. P. 60–62.
7. Fatieiev A. I., Samokhvalova V. L. Detoxification of heavy metals in soil system: methodical recommendations. Kharkiv: KP "Miskdruk", 2012. 70 p.
8. Ghori N. H., Ghori T., Hayat M. Q., Imadi S. R., Gul A., Altay V., Ozturk M. Heavy metal stress and responses in plants. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2019. Vol. 16. P. 1807–1828.
9. Huraldchuk Zh. Z. Phytotoxicity of heavy metals and plant resistance to their actions. Kyiv, 2006. 208 p.
10. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. 548 p.
11. Luo J.-S., Zhang Z. Mechanisms of cadmium phytoremediation and detoxification in plants. *The Crop Journal*. 2021. Vol. 9, No 3. P. 521–529.
12. Nadochij P. P., Myslyva T. M., Volvach F. V. Soil Ecology: monograph. Zhytomyr: PP Ruta, 2010. 473 p.
13. Nizioł-Łukaszewska Z., Gawęda M. Influence of cultivar on the content of selected minerals in red beet roots (*Beta vulgaris* L.). *Folia Horticulturae*. 2016. Vol. 28, No 2. P. 143–150.
14. Patyka V. P., Tararik O. H. Agroecological monitoring and certification of agricultural lands. 2nd ed., supplemented and revised. Kyiv: Phytosociotsentr, 2008. 320 p.
15. Ridei N. M., Strokal V. P., Rybalko Yu. V. *Environmental assessment of agrobiocenosis: theory, methodology, practice*. Kherson, 2011. 258 p.
16. Soils. Determination of heavy metal content by atomic absorption spectroscopy: DSTU 4770.3:2007. [Valid from 2008-01-01]. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2008. 8 p.
17. Sterckeman T., Thomine S. Mechanisms of cadmium accumulation in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2020. Vol. 39. P. 322–359.

Стаття надійшла 21.01.2025

УДК 634.1.

ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕМІЩЕННЯ КІСТОЧКОВИХ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР НА ПІВНІЧ І ЇХНЯ АДАПТАЦІЯ ДО УМОВ ЛІСОСТЕПУ ТА ПОЛІССЯ В КОНТЕКСТІ ЗМІН КЛІМАТУ

В. Печко, к. е. н.

ORCID ID: 0000-0001-9681-548X

Громадська спілка «УКРСАДВИНПРОМ»

Р. Гриник, аспірант

ORCID ID: 0000-0002-0975-9430

Інститут садівництва НААН України

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.126>

Печко В., Гриник Р. Виклики та перспективи переміщення кісточкових плодів культур на північ і їхня адаптація до умов Лісостепу та Полісся в контексті змін клімату

Упродовж останніх десятиліть клімат на планеті зазнав значних змін, зокрема через викиди парникових газів. Тож виникає необхідність розроблення адаптаційних інструментів до глобальних кліматичних змін у різних сферах діяльності людства, зокрема й у сільському господарстві при виробництві продукції багаторічних насаджень.

Проаналізовано вплив змін клімату на особливості вирощування таких культур у різних агрокліматичних зонах, а також наведено приклади подібних досліджень вітчизняних науково-дослідних установ. Проведено порівняльну оцінку погодних умов Полісся, Лісостепу та Степу України за 1930–1956 і 2006–2022 роки.

Встановлено, що найбільше зростання середньорічної температури повітря зафіксовано в Поліссі – на 2,3 °C. Доведено, що зміни клімату в Україні внаслідок глобального потепління спричиняють істотні зміни погодних явищ, що має як позитивні, так і негативні наслідки, а саме: перші приводять до створення сприятливих умов для вирощування вишні, сливи та черешні в зоні Полісся, а другі – до зниження стійкості рослин, передчасного цвітіння, враження хворобами та пошкодження шкідниками і вимагають адаптації агротехнічних заходів для мінімізації негативних наслідків для садівництва. Зауважено, що під час вирощування теплолюбних плодів порід у Лісостепу і на Поліссі значну увагу треба приділяти захисту від підмерзання рослин.

Зазначено, що для розміщення промислових насаджень кісточкових порід плодів культур у зонах Лісостепу і Степу України варто зважати на зміни клімату в цих зонах з урахуванням регіональних особливостей і агрокліматичних факторів за використання адаптивних технологій виробництва плодової продукції.

Ключові слова: кліматичні зони, наслідки зміни клімату, багаторічні насадження, глобальне потепління, сади, ягідники, науково-технічні дослідження, наукові установи, плоди та ягоди, Степ, Лісостеп, Полісся.

Pechko V., Hrynyk R. Challenges and prospects of northward relocation and adaptation of stone fruit crops to the Forest-Steppe and Polissia zones under climate change conditions

Over the past decades, the planet's climate has undergone significant changes, primarily attributed to greenhouse gas emissions. Consequently, there is an increasing need to develop adaptation tools across various sectors of human activity, including agriculture, particularly in the production of perennial crops.

This article presents an analysis of the impact of climate change on the cultivation of stone fruit crops across different agro-climatic zones, with examples drawn from research conducted by domestic scientific institutions. A comparative assessment of weather conditions in the Polissia, Forest-Steppe, and Steppe zones of Ukraine was performed for the periods 1930–1956 and 2006–2022.

It was established that the greatest increase in the mean annual air temperature was recorded in the Polissia region, rising by 2.3 °C. Based on the research findings, the authors conclude that climate change in Ukraine, driven by global warming, is causing significant shifts in weather patterns. These changes have both positive and negative implications: on one hand, they create favorable conditions for the cultivation of cherry, plum, and sweet cherry in the Polissia zone; on the other hand, they reduce plant resilience, promote premature flowering, and increase susceptibility to diseases and pest damage, thus necessitating the adaptation of agricultural practices to mitigate negative impacts on orchard management. It should also be noted that the cultivation of thermophilic fruit species in the Forest-Steppe and Polissia zones requires particular attention to plant protection against winter damage.

Therefore, the placement of industrial stone fruit plantations in the Forest-Steppe and Steppe zones of Ukraine should be based on the specific features of climate change in these regions, taking into account regional characteristics and agro-climatic factors while applying adaptive technologies for fruit production.

Keywords: climate zones, effects of climate change, perennial plantations, global warming, orchards, berry plantations, scientific and technical research, research institutions, fruits and berries, Steppe, Forest-Steppe, Polissia.

Постановка проблеми. Сучасний світ зазнає глобальних змін клімату, які стають одними із найбільш актуальних проблем людства. В Україні різний клімат, рельєф місцевості та значні розміри території, тож уникнути наслідків цього явища не вдається. За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [1], середня річна температура в країні зросла більш ніж на 2 °C з початку XX століття, з найбільшим приростом – 1,2 °C за останні 30 років. Ці зміни мають прямий вплив на аграрний сектор, зокрема на галузь садівництва, і вимагають серйозного дослідження та уваги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками чимало як закордонних [2; 3], так і вітчизняних наукових установ, з метою збереження стабільності та продуктивності аграрного сектору, проводять наукові дослідження щодо розуміння впливу кліматичних змін у світі й Україні на сільськогосподарські культури, зокрема й на багаторічні, та розробляють адаптаційні стратегії.

Науковці Інституту космічних досліджень Національної академії наук України та Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського проаналізували процеси впливу кліматичних змін на площах вирощування основних культур в Україні, використовуючи супутникові та статистичні дані за період 1998–2020 років. У результаті таких досліджень визначено, що зміни клімату, особливо в південних регіонах, підвищують ризики в аграрній сфері через зміну температур та опадів [4].

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України досліджує вплив підвищених температур, вмісту CO₂, посухи й інших змін клімату на ефективність гербіцидів, ріст, розвиток, особливості поширення та продуктивність сільськогосподарських культур, еволюцію бур'янів, а також їхню взаємодію з культивованими рослинами [5].

У статті «Вплив кліматичних змін на сільськогосподарське землекористування в Україні» проаналізовано вплив кліматичних змін на сільськогосподарське землекористування та висвітлено результати досліджень щодо глобального тренду зміни клімату, як найбільш актуальної загрози із довгостроковим негативним впливом на навколишнє середовище, економіку та населення [6].

Науковці Західноукраїнського національного університету у статті «Вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні» описали, як підвищення середньо-

річної температури та зміни в кількості опадів впливають на врожайність основних сільськогосподарських культур, зокрема багаторічних [7].

Постановка завдання. Оскільки в середині минулого століття в Україні визначили зони плодівництва та перелік плодових і ягідних порід, які найкраще підходять для вирощування у кожній з цих зон, ми порівняли зміни погодних факторів у Степу, Лісостепу і Поліссі, за останні сімдесят років, щоб вивчити можливості переміщення теплолюбних насаджень кісточкових порід – сливи, вишні, черешні, абрикоса та персика у більш північні широти.

Виклад основного матеріалу. Найсприятливішими природно-економічними зонами для створення сировинних садів є: яблука – Вінницька, Кримська, Закарпатська, Черкаська та Чернівецька області; груші – зона Південного Степу Наддністрянщини; сливи – Вінницька, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Хмельницька, Чернівецька області; черешні – зона Південного Степу; вишні – Луганська, Донецька, Придніпровська, Харківська області; персики – АР Крим, Одеська, Херсонська області; абрикоси – південні області; ягоди – західні, а також Київська, Чернігівська і Сумська області.

Для порівняння змін погодних факторів 1930–1956 і 2006–2022 років виконано розрахунки на основі даних, узятих із агрокліматичних довідників областей України та баз даних [8].

Оцінюючи зміни середньорічної температури повітря (табл.), зауважимо, що найбільше її зростання зафіксовано в Поліссі – на 2,3 °C (34,3 %), дещо менше в Лісостепу – на 1,4 °C (16,3 %) та у Степу – на 1,4 °C (15,9 %).

Щодо мінімальної температури, найбільші зміни також відбулися в Поліссі, де вона зросла на 6,4 °C (20,1 %). У Лісостепу вона зросла на 1,4 °C (5,2 %), а в Степу – на 5,9 °C (19,7 %). У випадку максимальної температури зміни є незначними в усіх трьох регіонах, із різницею менше ніж 1,5 °C та відсотковими змінами менше 1 %.

Середня температура січня найбільше зросла в Поліссі – на 2,9 °C (44,6 %). У Лісостепу – 1,5 °C (29,4 %), а в Степу – 1,4 °C (35 %).

У Лісостепу та Степу спостерігається зниження середньої температури липня: відповідно на 2,7 °C (11,3 %) та 1,7 °C (7,1 %). У Поліссі цей показник зріс на 0,6 °C (+3 %).

Середня із мінімальних температур найбільше зросла в Поліссі – на 10,4 °C (40,2 %). У Лісостепу – 5,2 °C (24,6 %), а в Степу – 4,7 °C (21,4 %).

Порівняльна оцінка погодних умов Полісся, Лісостепу та Степу України

Показник	Полісся			Лісостеп			Степ		
	Середнє значення 2006–2022 рр.	Зміна показника 2006–2022 рр. порівняно з 1930–1956 рр.		Середнє значення 2006–2022 рр.	2006–2022 рр. порівняно з 1930–1956 рр.		Середнє значення 2006–2022 рр.	2006–2022 рр. порівняно з 1930–1956 рр.	
		одиниць	відсотків		одиниць	відсотків		одиниць	відсотків
Середньо-річна температура повітря, °С	+8,8	+2,3	+34,3	+9,3	+1,3	+16,3	+10,2	+1,4	+15,9
Мінімальна температура, С	-25,4	+6,4	+20,1	-25,6	+1,4	+ 5,2	-24,1	+5,9	+19,7
Макс. температура, С	+37,3	-0,2	-0,7	+37,2	-0,3	-0,8	+39,7	+1,4	+3,7
Середня температура січня, °С	-3,6	+2,9	+44,6	-3,6	+1,5	+29,4	-2,6	+1,4	+35,0
Середня температура липня, °С	+20,6	+0,6	+3,0	+21,2	-2,7	-11,3	+23,6	-1,7	-7,1
Середня із мінімальних, °С	-15,5	+10,4	+40,2	-15,9	+5,2	+24,6	-15,3	+4,7	21,4
Тривалість безморозного періоду, днів	234	+76	+48,1	232	+63	+37,3	232	+44	+23,4
Сума активних температур більше 10 °С	2940	+422	+19,8	3116	+117	+4,4	3390	+110	+3,4
Кількість днів з температурою понад 15 °С (активна вегетація), днів	116	+8	+7,4	124	+10	+8,8	141	+6	+4,4
Річна сума опадів, мм	570	+15	+2,7	537	-19	-3,4	410	-4	-1,0

Тривалість безморозного періоду в Поліссі збільшилася на 76 днів (48,1 %). У Лісостепу цей показник зріс на 63 дні (37,3 %), а в Степу – на 44 дні (23,4 %).

Сума активних температур понад 10 °С найбільше зросла в Поліссі – на 422 °С (19,8 %). У Лісостепу ця зміна становить 117 °С (4,4 %), а в Степу – 110 °С (3,4 %).

Кількість днів із температурою понад 15 °С (період активної вегетації) плодових рослин збільшилася в усіх трьох регіонах, найбільше в Поліссі (+8 днів або +7,4 %). У Лісостепу та Степу ця зміна становить +10 днів (8,8 %) і + 6 днів (4,4 %) відповідно.

Істотних змін у кількості опадів за зонами не зафіксовано.

Отже, порівняння погодних факторів 1930–1956 та 2006–2022 років свідчить про значне потепління клімату в Україні, причому Полісся є регіоном із найбільшою інтенсивністю цих змін. Отримані результати відповідають загальним тенденціям глобального потепління.

Потепління клімату може мати як позитивні, так і негативні наслідки для плодових рослин. Країни північної півкулі можуть скористатися підвищенням температури, оскільки вегетаційний період стане довшим і ареал теплолюбних порід переміститься у північніші широти. Але водночас потепління клімату негативно впливає на врожайність та якість плодів, оскільки більшість плодових рослин помірного клімату потребують адекватного

зимового охолодження для нормального плодоношення наступного сезону.

Численними дослідженнями встановлено основні параметри погодних умов для повного прояву біологічного потенціалу сливи, вишні й черешні, абрикоса та персика. Так, для вирощування вишні необхідна сума температур вище за 10°C становить близько 2000°C , для сливи – близько 2500°C , для черешні – 2800°C , для абрикоса ранніх сортів 2500°C , і пізніх $3000\text{--}3500^{\circ}\text{C}$, для персика – $3200\text{--}3400^{\circ}\text{C}$. Кількість днів за вегетаційний період із температурою вище ніж 15°C для успішного вирощування вишні має бути не менше ніж 80, для сливи й черешні – не менше ніж 110, для абрикоса – 115, персика – 120.

При цьому мінімальні температури в період спокою для культури вишні мають бути не нижчі за -30°C , сливи – -27°C , черешні – -23°C , абрикоса й персика – -22°C . У період вимушеного спокою після відлиг генеративні бруньки можуть пошкоджуватися за температур, на 30–40 % вищих від описаних.

Короткочасні пониження температури для всіх трьох культур у фазі білого бутона не можуть перевищувати -4°C , у період цвітіння – $-0,6\text{--}-2^{\circ}\text{C}$, зав'язі – не нижче ніж -1°C .

Отже, як бачимо, Полісся забезпечує сприятливі умови для вишні, сливи та черешні. Однак для персика та абрикоса ці умови недостатні через низькі мінімальні температури в період спокою та досягнення необхідної суми температур для росту.

Лісостеп – хороша зона для вирощування вишні, сливи, черешні та абрикоса ранніх сортів, але для персика і абрикоса пізніх сортів можливі певні обмеження через недостатню кількість днів із температурою вище ніж 15°C .

Степ забезпечує оптимальні умови для вирощування всіх культур, зокрема для персика й абрикоса, де умови для росту та розвитку найкращі. Однак для вишні, сливи та черешні в зоні Степу є ризик від високих температур і нестабільних умов для зимівлі через мінімальні температури, хоча вони все одно можуть успішно розвиватися в цих умовах.

Отже, для вишні, сливи та черешні найбільш сприятливими є зона Полісся та Лісостеп, а для персика та абрикоса найкращим залишається Степ.

Проте потепління клімату зумовлює низку негативних змін погодних явищ, які його супроводжують. Моніторинг погодних умов, який виконує мережа дослідних станцій Інституту садівництва (ІС) НААН України, підтверджує ці кліматичні тенденції [9]. Так, відбувся істотний перерозподіл опадів упродовж року – частіше

відзначаються тривалі посушливі періоди впереміж із інтенсивними зливовими дощами, можливе разове випадіння одно- або двомісячної норм опадів. Почастішало явище зимової посухи. По всій території України відзначаються сильнодіючі метеорологічні явища – дуже сильні дощі, шквальні вітри, потужні снігопади, тумани і гради (у тому числі з розміром часток понад 6 мм).

Зимові місяці в усіх садівничих зонах України від початку 2000-х і до сьогодні переважно м'які, мало- або зовсім безсніжні. Критичні для основних садових культур від'ємні температури повітря, нижче ніж $-25\text{--}-30^{\circ}\text{C}$, спостерігаються вкрай рідко (один раз на десять років або ще рідше). Відлиги, притаманні для лісостепової зони, стають більш тривалими та інтенсивними. Якщо у 80-х роках для зони Західного Лісостепу в нормі було п'ять-сім періодів відлиг упродовж зимівлі із тривалістю кожної в середньому три дні (до п'яти-семи днів в якості тривалого потепління та з підвищенням температури повітря у день до плюс $3\text{--}5^{\circ}\text{C}$), то впродовж останнього десятиліття маємо тривалі 10–15-денні відлиги із підвищенням температури повітря до плюс 5°C і вище (до плюс $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ у січні). Такі погодні умови провокують рослини на вихід із стану вимушеного спокою та підготовку до нового вегетаційного періоду, що істотно знижує їх морозо- і зимостійкість. Загалом це позначається більш раннім вступом у новий період вегетації рослинами усіх садових культур по всіх садівничих зонах України (для зони Лісостепу – на два-три тижні раніше від очікуваної для культури дати початку вегетації). Відповідно, зміщуються календарні дати початку цвітіння, яке все частіше відбувається під час потужних весняних заморозків, що вкрай негативно позначається на процесі запилення і запліднення та знижує кількість і якість плодів усіх садових культур. Проблема весняних заморозків та втрати врожайності, пов'язані із цим, – вкрай актуальна для основних садових культур України.

Під час вирощування теплолюбних плодів порід у Лісостепу і на Поліссі значну увагу треба приділяти захисту від підмерзання рослин. Пасивний захист передбачає вибір місця під сад з урахуванням дренажу повітря, наявності природних джерел тепла, таких як великі водойми та річки тощо. Значну увагу слід звернути на активний захист від замерзання: додавання тепла, змішування більш теплого повітря з інверсійного шару в умовах радіаційного морозу або збереження тепла від рослини. Однак кількість часу, енергії та коштів, витрачених на один із цих способів, не завжди дорівнює отриманому доходу. Заслугують також на увагу спринклерні системи –

постійне використання води для утворення чистого льоду на рослинах, що може забезпечити найвищий рівень захисту. Перспективним також є використання антифризних протеїнів для захисту від підмерзання чутливих плодових рослин.

Отже, потепління клімату в Україні спричинює значні зміни погодних явищ, що негативно впливає на плодові породи. Зростання частоти зимових відлиг, потужних весняних заморозків та екстремальних метеорологічних явищ призводить до зниження стійкості рослин, передчасного цвітіння та зменшення врожайності. Ці тенденції вимагають адаптації агротехнічних заходів для мінімізації негативних наслідків для садівничих господарств.

Зміни у кліматі мають серйозний вплив на комах-шкідників, сільськогосподарську продукцію та природні процеси, що відбуваються в агроекосистемах. Підвищення температури зумовлює зміни в географічному розподілі комах-шкідників та динаміці їхніх популяцій.

Переміщення культур до нових територій може спричинити виникнення нових захворювань, появу шкідників, які раніше не були характерними для цих регіонів. Так, переміщення до Лісостепу персика поповнює видовий склад шкідливої фауни (окрім яблукової і сливової плодожерок, поширених у помірній зоні), персик заселяють шкідники півдня: східна плодожерка і фруктова смугаста міль (пошкоджуючи, окрім плодів, молодий приріст), чисельність яких перевищує порогову і становить більше ніж 100 імаго/пастку в піковий період льоту. У результаті потепління шкідники саду з'являються раніше, завдаючи при цьому більшої шкоди. Зміна клімату впливає не тільки на більш ранню їх появу, а й на швидкий розвиток (збільшення кількості генерацій) та тривалу життєздатність восени, тому садівникам дедалі складніше контролювати поширення фітофагів [5].

Серед основних збудників хвороб персика найбільш поширеними та шкодочинними є кучерявість листя і клястероспоріоз, розвиток яких зростає за настання дощової та прохолодної погоди у фенофазі «розпускання бруньок» – «цвітіння», характерної в цей період для зони Полісся. Більш шкідливим у Лісостепу та Поліссі у цих умовах стає і моніліоз абрикоси, що може призводити до повної втрати врожаю.

Зміни температури та опадів у зазначених зонах порівняно з південним регіоном створюють нові проблеми в культивуванні персика – появу нових шкідників і хвороб, через що зростають витрати на засоби захисту рослин, що впливає на вартість та якість продукції.

У плодових насадженнях приватних господарств у північній частині України зауважено новий вид – біла або цитрусова цикада (*Metcalfa prunosa* Say), родом із Північної Америки. Окрім бур'янів, заселяє і шкодить плодовим, овочевим, листовим культурам та винограду. Біла цикада створює нові проблеми через незнання її біологічних особливостей та відсутність ефективних засобів контролю чисельності та шкідливості.

Зміна клімату на комах-шкідників може мати як прямий, так і непрямий впливи. Це може позначитись на зростанні популяцій листогризучих комах через зміну споживання та перетравності.

Отже, розміщення вишні, сливи, черешні, абрикоса та персика у Лісостепу та Поліссі вимагає розроблення інтегрованих заходів захисту рослин від шкідників і хвороб з урахуванням нових умов, детального вивчення особливостей розвитку шкідників плодових культур, моніторингу та контролю карантинних шкідників, вивчення впливу змін клімату на рослиноїдних кліщів, а також на фенологію рослин і комах-запилювачів для забезпечення ефективного запилення рослин у кліматичних умовах, що змінюються.

Для розміщення промислових насаджень кісточкових порід у Лісостепу та Поліссі України слід керуватися особливостями зміни клімату в цих зонах з урахуванням регіональних особливостей та агрокліматичних факторів. Важливо розробляти та використовувати конкретні технології, адаптаційні заходи для виробників плодової продукції з метою зменшення впливу зміни клімату на врожай. Крім того, розробка і впровадження нових систем садівництва, що базуються на біотичній інтенсифікації, має на меті забезпечення екологічно безпечної продукції та підтримки родючості ґрунту.

У зв'язку з потеплінням клімату виникає питання щодо можливості промислового вирощування в Україні екзотичних плодових порід – хурми, ківі, гранату, зізіфусу, азіміни, мушмули, інжиру. Зростаючий інтерес споживачів до здорового харчування та екзотичних фруктів створює перспективи для розширення асортименту вітчизняних плодових культур. Вирощування цих фруктів може зменшити залежність від імпорту та забезпечити споживачів свіжою продукцією вітчизняного виробництва. Крім того, екзотичні фрукти мають вищу ринкову вартість, що може забезпечити додатковий прибуток для фермерів.

Вирощування екзотичних фруктів в Україні можливе завдяки сприятливим кліматичним умовам Степу, особливо в Миколаївській, Херсонській, Одеській областях, а також у Закарпатті. Є

позитивні приклади: садівник Олександр Гібалюк вирощує хурму, китайський фінік, гранат, ківі, інжир на півдні Дніпропетровщини на площі 0,5 га. Також вирощує гранат в укритій культурі, на зиму рослини запаковує в агроволокно і прикопує землею для перезимівлі. Рослини витримують спекотне літо і брак вологи, а зібрані плоди зберігаються до Нового року і пізніше.

Генріх Стратон у Закарпатті вирощує садивний матеріал та плоди ківі створеного ним сорту «Карпат Стратона Валентайн». Цей же сорт в умовах Одещини також показує хороший результат.

До окупації Херсонщини в Дослідному господарстві «Новокаховське» утримувалася колекція таких екзотичних культур, як хурма та зізіфус. Колекція зізіфуса нарахувала 15 сортів і 57 зразків, а хурми – чотири види. Здебільшого отримано позитивні результати.

Однак окремі позитивні результати вирощування екзотичних культур в Україні наразі недостатні для промислового їх вирощування. Спершу необхідно розробити технології виробництва плодів, з урахуванням місцевих кліматичних особливостей, підібрати відповідні сорти, розпочавши їхню селекцію передусім на зимостійкість.

Висновки. Зміни клімату в Україні внаслідок глобального потепління спричиняють істотні зміни погодних явищ, що має як позитивні, так і негативні наслідки. Позитивні зміни приводять до створення сприятливих умов для вирощування вишні, сливи та черешні в зоні Полісся. Негативні – до зниження стійкості рослин, передчасного цвітіння, враження хворобами та пошкодження шкідниками і вимагають адаптації агротехнічних заходів для мінімізації негативних наслідків для садівництва.

Для розміщення промислових насаджень кісточкових порід плодових культур у зонах Лісостепу і Степу України слід керуватися особливостями зміни клімату в цих зонах з урахуванням регіональної специфіки й агрокліматичних факторів за використання адаптивних технологій виробництва плодової продукції.

Окремі позитивні результати вирощування екзотичних плодових культур в Україні недостатні для промислового їх вирощування. Для успішного їх культивування необхідно розробити технології виробництва плодів, з урахуванням місцевих кліматичних особливостей, підібрати відповідні сорти, розпочавши їхню селекцію передусім на зимостійкість.

Бібліографічний список

1. Екологічний моніторинг – Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/topics/novyny/ekologichnyj-monitoryng-novyny/> (дата звернення: 10.01.2025).
2. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. / Eds. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. Van der Linden, C. E. Hanson. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 976 с. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_fuII_report.pdf (дата звернення: 10.01.2025).
3. Abbass K., Kumar P., Anwar M. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29, No 28. P. 42539–42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
4. Смельянов М. О., Шелестов А. Ю., Яйлимова Г. О., Шуміло Л. Л. Вплив зміни клімату на площі основних сільськогосподарських культур. *Космічна наука і технологія*. 2024. Т. 28, № 2. С. 30–38. <https://doi.org/10.15407/knit2022.02.030>.
5. Гуральчук Ж. З. Вплив кліматичних змін на бур'янову рослинність та ефективність дії гербіцидів. *Фізіологія рослин і генетика*. 2022. Т. 54, № 5. С. 387–403. <https://doi.org/10.15407/frg2022.05.387>.
6. Шевченко О. В. Вплив кліматичних змін на сільськогосподарське землекористування в Україні. *Збалансоване природокористування: науково-практичний журнал*. URL: https://journals.urau.ua/bnusing/article/view/292725?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 10.01.2025).
7. Кривохижа Є. М., Матвійшин А. І., Бринь В. Т. Вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 44. URL: https://journals.pdu.khmelnitskiy.ua/index.php/podilian_bulletin/article/view/397?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 10.01.2025).
8. Атлас «Агрокліматичні ресурси України» / Державна служба з надзвичайних ситуацій, Український гідрометеорологічний центр; за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіди, А. Л. Прокопенка. Київ, 2016. URL: https://dspace.organic-platform.org/xmlui/bitstream/handle/data/399/19_%d0%91%d0%b8%d0%ba%d0%be%d0%b2%20%d0%9c_%d0%90%d0%a2%d0%9b%d0%90%d0%a1_%d0%90%d0%b3%d1%80%d0%be%d0%ba%d0%bb%d1%96%d0%bc%d0%b0%d1%82%d0%b8%d1%87%d0%bd%d1%96%20%d1%80%d0%b5%d1%81%d1%83%d1%80%d1%81%d0%b8%20%d0%a3%d0%ba%d1%80%d0%b0%d1%97%d0%bd%d0%b8.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата звернення: 10.01.2025).
9. Досвід експлуатації автоматичних метеостанцій DAVIS INSTRUMENTS (Vantage Pro2 Plus Weather Stations). URL: <http://www.davis.kiev.ua/news/?sid=62> (дата звернення: 10.01.2025).

Стаття надійшла 13.01.2025

UDC 631.45:631.874]:635.34

EFFECTS OF SPENT MUSHROOM SUBSTRATE ON SELECTED PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL PLANTED WITH WHITE CABBAGE

R. Rosa, PhD, D. Sc.¹

ORCID ID: 0000-0001-6344-538X

J. Franczuk, PhD, D. Sc.¹

ORCID ID: 0000-0002-8440-850X

A. Rutkowska, PhD¹

ORCID: 0009-0003-7952-1529

A. Andrejiová, PhD, Ing. Doc.²

ORCID: 0000-0001-5484-440X

O. Dydiv, Cand. Sc.³

ORCID: 0000-0003-4155-5945

¹ University of Siedlce, Poland

² Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak Republic

³ Lviv National Environmental University

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.132>

Rosa R., Franczuk J., Rutkowska A., Andrejiová A., Dydiv O. Effects of spent mushroom substrate on selected physical properties of soil planted with white cabbage

The long-term use of mineral fertilizers in agriculture can have detrimental effects on the natural environment. One potential solution to mitigate these negative impacts is to incorporate natural and organic materials to enrich the soil. A traditional natural fertilizer that has been utilized for centuries around the world, including Poland, is manure. However, systemic changes in Polish agriculture over the past two decades have led to a shortage of this resource. As a result, there is a pressing need to explore alternative sources of organic matter for soil enhancement. One promising option is the use of organic waste materials, such as spent mushroom substrate (SMS). This substrate is a by-product of the cultivation of edible mushrooms, particularly champignons (*Agaricus bisporus*). Given the scale of mushroom production in Poland, it is estimated that Polish farms generate between 1.6 and 2.0 million tons of this waste, which requires safe disposal and management. Across Europe, the annual production of mushroom substrate exceeds 3 million tons. In a recent experiment, the introduction of spent mushroom substrate provided more organic matter, as well as macro and micronutrients, to the soil compared to farmyard manure (FYM). Measurements taken before the harvesting of cabbage revealed that the physical properties of the soil - namely, topsoil bulk density, porosity, and subsoil moisture - remained consistent between plots treated with SMS and FYM, both of which demonstrated significantly better conditions than the control plot with no organic fertilizer. When plowed in prior to planting cabbage seedlings, both SMS and FYM notably increased the marketable yield of cabbage heads in comparison to the control. The yield-enhancing effects of the two organic fertilizers were found to be quite similar.

Keywords: *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *alba*, farmyard manure, mushroom substrate, organic fertilizers, soil properties, yielding.

Роса Р., Франчук Ж., Рутковська А., Андрійова А., Дидів О. Вплив відпрацьованого грибного субстрату на окремі фізичні властивості ґрунту за вирощування капусти білоголової

Зауважено, що тривале застосування мінеральних добрив у сільському господарстві негативно впливає на природне середовище. Одним із потенційних шляхів зменшення цього негативного впливу є використання природних і органічних матеріалів для збагачення ґрунту. Основним природним добривом, яке століттями застосовується в усьому світі, зокрема й у Польщі, є гній. Проте системні зміни в польському сільському господарстві за останні два десятиліття призвели до його дефіциту. Тому необхідно шукати альтернативні джерела органічної речовини, що постачається в ґрунт. Досліджено, що відмінним джерелом органічної речовини, яке покращує фізичний стан ґрунту та забезпечує поживними речовинами рослини, можуть бути органічні відходи, такі як відпрацьований грибний субстрат. Грибний субстрат використовується у вирощуванні їстівних грибів, переважно печериць (*Agaricus bisporus*). Враховуючи обсяги виробництва грибів у Польщі, зауважено, що польські грибні ферми виробляють 1,6-2,0 мільйона тонн відходів, які потребують безпечного поводження. У Європі кількість виробленого грибного субстрату перевищує 3 мільйони тонн на рік. Виявлено, що відпрацьований грибний субстрат (SMS) забезпечив надходження до ґрунту більшої кількості органічної речовини, а також макро- та мікроелементів, ніж традиційний гній (FYM). Визначені перед збиранням капусти фізичні властивості ґрунту – зокрема об'ємна маса орного шару, його пористість та вологість підорного шару – не відрізнялися між варіантами із застосуванням SMS і

FYM, проте були значно кращими порівняно з контролем без внесення органічних добрив. Заорані перед висаджуванням розсади капусти добрива SMS і FYM достовірно підвищили товарну врожайність головок порівняно з контролем. Ефективність обох органічних добрив щодо підвищення врожайності була подібною.

Ключові слова: *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *alba*, гній з ферми, грибний субстрат, органічні добрива, властивості ґрунту, урожайність.

Problem setting. White cabbage is one of the most important vegetables, grown in Poland, Ukraine, and many other countries. Among vegetables cultivated in Poland, it ranks second with 571 200 tons harvested in 2024 [9]. Ukraine is the world's fifth-largest producer of cabbage [10]. The popularity of this vegetable is due to its versatile use and the possibility of long-term storage in a fresh state.

Due to its high soil, water, and nutritional requirements, white cabbage yields are the greatest on fertile soils, rich in organic matter, with pH close to neutral and sufficient moisture. The humus content of soils is important in cabbage cultivation. However, the amount of organic matter content of Polish soils is relatively low. This is due to the prevalence of light soils made of sand of various origins. More than half of Polish soils contain less than 2 % of organic matter, with 11 % containing more than 3.5 % [15]. Additionally, most species of vegetables, root crops, maize, cereals, and oilseed plants decrease organic matter content in soils. On the other hand, the cultivation of legumes and grasses and the application of organic fertilizers have a beneficial effect.

Analysis of recent research and publications.

Every year, substantial amounts of nutrients are removed from the soil through crop cultivation, which necessitates supplementation. However, relying exclusively on basic mineral fertilizers and their overuse poses risks to the natural environment and accelerates the degradation of organic matter [26]. High organic matter (OM) content in the soil plays a crucial role in stabilizing its structure and reducing vulnerability to compaction as well as water and wind erosion [30]. OM serves as a structural binder that facilitates the formation of soil aggregates and pores, both of which are vital for effective water and air circulation. It is capable of retaining three to five, or even up to twenty times its own weight in water [6]. Furthermore, humus substances enhance the concentration of soil nutrients and improve their availability to plants [5]. Therefore, to maintain soil structure and nutrient levels, it is essential to systematically supplement the soil with organic matter. Potential sources include residues from catch crops and the introduction of exogenous organic matter, such as organic fertilizers and organic waste generated by human economic activities [20]. A particularly

valuable resource for replenishing organic matter and providing nutrients is the substrate leftover from mushroom production (SMS). Incorporating it into the soil as an organic fertilizer is an increasingly popular method in waste management [31].

Problem statement. The aim of the experiment was to determine the effects of SMS on selected soil physical properties and the yield of white cabbage.

The main materials and methods. Between 2016 and 2018, a field experiment was conducted at the Agricultural Experimental Station in Zawady, located in central-eastern Poland (52°09' N; 22°33' E). The experiment was designed as a completely randomized layout with three replicates. The experimental factors included the incorporation of organic matter, such as pig manure (FYM) and mushroom substrate (SMS), as well as a control group (Control) that did not receive any organic fertilizers. The crop grown was white cabbage, cv. Kamienna Głowa, which followed winter triticale as a preceding crop.

Before the experiment, a sample of the soil was collected to determine its pH, humus, and macronutrient content. A month before planting cabbage, manure and mushroom substrate were applied to the appropriate experimental combinations. Their doses were calculated on the basis of their nitrogen content, with no more than 170 kg N ha⁻¹ introduced into the soil. The FYM dose was 25 t·ha⁻¹ with 20 t ha⁻¹ of SMS. FYM and SMS samples were also collected to determine their pH and the content of dry matter, total carbon, total nitrogen, and macronutrients.

Before planting cabbage, mineral fertilizers were applied in the following amounts: 140 kg N ha⁻¹, 95 kg P₂O₅ ha⁻¹, and 370 kg K₂O ha⁻¹. The doses were determined on the basis of soil mineral content and nutritional requirements of the late varieties of cabbage [27]. The whole dose of P and K fertilizers was applied before planting seedlings, but the N dose was divided into two equal parts – the first applied before planting seedlings, the other three weeks afterwards. Cabbage seedlings were planted at a spacing of 50 × 60 cm.

Three weeks after planting seedlings and then one week before the harvest, soil samples were collected from each combination to determine moisture content in the 0–20 cm and 20–40 cm layers. Additionally, a week before the harvest, soil samples

were collected from each combination to determine the bulk density and solid-phase density of the soil. Cabbage was harvested in mid-October. Then the marketable yield (t ha⁻¹) of cabbage heads was determined. Unsplit, hard, and properly developed heads were considered to be marketable.

Manure and mushroom substrate properties were determined in the following manner:

- pH with the potentiometric method,
- dry matter content (%) with the drying and weighing method, after drying the sample to a constant weight at 105 °C,
- total nitrogen and carbon content (%) with the PerkinElmer Series II 2400 Elemental Analyzer (TCD),
- organic matter content (%) was calculated according to the formula: $OM = TC \cdot 1.724$ (TC is total carbon),
- total content of P, K, Ca, Mg, and Na (g·kg⁻¹DM) with Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES), using the PerkinElmer Optima 8300 emission spectrometer.

In the soil material collected during the white cabbage growing period, the following were determined:

- soil moisture (%) with the drying and weighing method, after drying to a constant weight at 105 °C,
- soil bulk density (ρ_o) (g cm⁻³) in metal cylinders with a volume of 100 cm³,
- solid-phase density (ρ_s) (g·cm⁻³) with the pycnometric method,
- Total porosity (P_o) was calculated according to the formula: $P_o = (\rho_s - \rho_o) / \rho_s \cdot 100$ (%).

The results were statistically analyzed using the analysis of variance appropriate for a completely random system. The significance of the differences between means was assessed by Tukey's test at a significance level of $p=0.05$ [32].

The field experiment was conducted on the Luvisol soil composed of a mixture of sand, clay and silt, and with loose sand as subsoil. Humus content in the soil before the experiment was on average 1.69 %, with pH in H₂O ranging from 6.19 to 6.26. Throughout the experiment, the arable layer contained on average (mg): 37.8 N-NO₃, 19.8 N-NH₄, 62.4 P, 115.8 K, 769.6 Ca, and 67.3 Mg in 1 L of soil. Selected physical properties of the soil were as follows: solid-phase density 2.24 g cm⁻³, bulk density 1.51 g cm⁻³, and total porosity 35.03 %.

For the general assessment of pluviothermic conditions during the cabbage growing period Sielianinov's hydrothermal coefficient was calculated according to the methodology used by Skowera and Puła [28]. The coefficient values indicated that in July

2017, it was very dry, and June and August were quite dry (Table 1).

Hydrothermal coefficient: up to 0.4, extremely dry; 0.41–0.7, very dry; 0.71–1.0, dry; 1.01–1.3, rather dry; 1.31–1.6, optimal; 1.61–2, rather humid; 2.01–2.5, humid; 2.51–3, very humid; and >3, extremely humid [Skowera and Puła 2004].

September was moderately humid, and October was humid. Such conditions resulted in higher yields of white cabbage that year. The total precipitation during the 2017 growing period of 269.8 mm was the highest over the years of the experiment. The lowest amount of rainfall during the cabbage growth period (129.1 mm) was observed in 2018. June and August were very dry, July was quite dry, and September and October were dry. Such conditions resulted in very poor seedling survival, with a large number of them dying, cabbage's slow growth, and poor binding of heads. In 2016, total precipitation in June–October was 187.2 mm. The values of Sielianinov's hydrothermal coefficient indicated that June was dry, July and August were very dry, September was extremely dry, and October was extremely wet. The prevailing drought that year negatively affected the yield of cabbage.

Result and discussion. Spent mushroom substrate (SMS) pH ranged from 6.3 to 6.9, with 7.0 to 7.1 for manure (FYM) (Table 2). An SMS pH range of 6.2–6.8 was noted by such authors as Becher [1], Czop and Kłapcia [4], Gong et al. [7], Jordan et al. [12], and Uklańska-Pusz et al. [33]. Menget et al. [23] noted a lower pH of SMS (6.1), but Medina et al. [22] and Uzun [34] recorded much higher values (7.2–8.0).

The average SMS dry matter content was 30.5 %, 5.8 percentage points higher than in FYM (Table 2). According to other authors [3; 4; 12; 18 and 33], it ranged from 30.5 to 34.9 %. In the present experiment the content of organic matter (53.3 %) and total carbon (31.5 %) in SMS was greater than in FYM (by 2.6 and 1.5 percentage points, respectively). Increased organic matter (OM) content in SMS (64.5–71.0 %) was recorded, among others, by Jordan et al. [12] and Uklańska-Pusz et al. [33]. On the other hand, significantly lower values (22–34 %) were noted by Niżewski et al. [25].

The medium content of total nitrogen (TN) in both SMS and FYM was the same, with 2.7 % (Table 2). Similar SMS nitrogen content was reported by Wiśniewska-Kadzaj and Jankowski [35]. In many studies, it was lower and ranged from 1.5 to 2.6 % of DM [2; 7; 19; 23]. According to Majchrowska-Safaryan and Tkaczuk [19] and Uklańska-Pusz et al. [33], as much as 94 % of nitrogen in mushroom substrate is in organic form.

Table 1

Sielianinov's hydrothermal coefficient during the growing period of white cabbage

Years	The months of the cabbage growing period				
	June	July	Aug	Sept	Oct
2016	0.72	0.56	0.61	0.28	3.02
2017	1.06	0.47	1.04	1.92	2.36
2018	0.61	1.12	0.40	0.71	0.94

Table 2

Selected properties of farmyard manure and spent mushroom substrate

Years	pH _{H2O}	Content (%)				C:N
		Dry matter	Total carbon (TC)	Organic matter (OM)	Total nitrogen (TN)	
Farmyard manure (FYM)						
2016	7.1	25.7	28.5	48.1	2.5	11.2
2017	7.0	24.6	30.3	51.2	2.7	11.1
2018	7.0	23.8	31.3	52.9	2.9	11.0
Mean	7.0	24.7	30.0	50.7	2.7	11.1
Spent mushroom substrate (SMS)						
2016	6.3	32.7	36.1	61.2	2.3	15.8
2017	6.9	29.8	30.6	51.7	2.8	10.9
2018	6.2	29.1	27.9	46.9	2.8	9.8
Mean	6.5	30.5	31.5	53.3	2.7	12.2

The average C:N ratio in mushroom substrate was 12.2:1, with 11.1:1 in manure (Table 2). Similar C:N ratios (11.0–13.5:1) were recorded by Becher [1], Becher and Pakuła [2], and Louet al. [16], with higher values (18–19:1) reported by Jordan et al. [12] and Menget al. [23]. According to Becher [1], C and N content and the C:N ratio in SMS varied and were dependent on the way the substrate was prepared and especially on its components. In addition, the author stated that the pH of SMS was similar to that of FYM, the former with slightly higher nitrogen content, similar carbon content, but a narrower C:N ratio.

The amount of N introduced to the soil with SMS and FYM was similar and amounted on average to 167.2 and 167.1 kg ha⁻¹, respectively. Manure enriched soil with significantly more P (54.9 vs. 31.7 kg ha⁻¹) and more Mg (38.9 vs. 33.1 kg ha⁻¹) than mushroom substrate, but the latter provided significantly more K (151.0 vs. 49.2 kg ha⁻¹) and C (314.4 vs. 52.6 kg ha⁻¹) to the soil (Table 3).

The amounts of macronutrients in SMS varied to a great extent. Nizewski et al. [25] and Uklńska-Pusz et al. [33] recorded P content in SMS dry matter at 0.1–0.4 %, Gong et al. [7] at 0.7–0.8 %, and Meng et al. [23] at 2.3 %. The content of K was at the level of 2.5 % [23], 1.7–2.0 % [1; 12], and 1.0 % [33]. The content of Ca and Mg in SMS from Polish mushroom

farms usually ranges from 6.0 to 15.0 % and from 0.2 to 0.52 %, respectively [21; 25].

According to many authors, substrate left over after cultivation of champignon and other cultivated fungi has a positive effect on the physical, chemical, and biological properties of soil [13; 14; 16]. In the present research, the moisture content of the 0–20 cm soil layer, measured after planting the seedlings, was on average 10.5 %, with 12.3 % in the 21–40 cm layer (Table 4). No significant differences in soil moisture were found between experimental combinations.

Prior to the cabbage harvest, the average moisture content in the 0–20 cm soil layer was recorded at 9.1%, exhibiting significant variation throughout the growing periods (refer to Table 4). During this time, soil moisture levels were primarily influenced by rainfall. In 2016, increased moisture in the top layer was attributed to the heavy rainfall in October. Both in 2016 and 2018, the moisture content in the 0–20 cm soil layer was significantly higher in plots treated with both FYM and SMS compared to the control group. However, in 2017, a year marked by substantial rainfall, no significant differences in soil moisture were observed between the control and the experimental units that received organic fertilizers.

Table 3

**The amount of mineral components (kg·ha⁻¹) introduced
into the soil with farmyard manure and spent mushroom substrate**

Years	N	P	K	Ca	Mg
Farmyard manure (FYM)					
2016	163.2 a*	55.7 ab	52.5 a	57.3 a	41.7 a
2017	168.5 a	57.8 a	53.8 a	53.8 a	41.0 a
2018	169.6 a	51.3 b	41.4 b	46.8 a	34.2 b
Mean	167.1 A	54.9A	49.2 B	52.6 B	38.9 A
Spent mushroom substrate (SMS)					
2016	168.7 a	36.4 a	172.6 a	302.6 b	34.5 a
2017	167.5 a	30.5 b	140.1 b	401.5 a	37.0 a
2018	165.3 a	28.1 b	140.3 b	239.1 c	28.0 b
Mean	167.2 A	31.7 B	151.0 A	314.4 A	33.1 B

* Means marked with the same lowercase and uppercase letters in columns are not significantly different at $P \leq 0.05$

Table 4

Soil moisture (%) in white cabbage cultivation

Organic matter source	Soil layer 0–20 cm				Soil layer 21–40 cm			
	Years			Mean	Years			Mean
	2016	2017	2018		2016	2017	2018	
After planting white cabbage seedlings								
Control	10.6a*	11.3 a	9.7 a	10.5 a	11.4 a	12.4 a	12.2 a	12.2 a
Farmyard manure (FYM)	10.8 a	10.6 a	10.8 a	10.7 a	11.4 a	12.5 a	12.8 a	12.2 a
Spent mushroom substrate (SMS)	10.3 a	9.9 a	11.1 a	10.3 a	11.0 a	13.3 a	13.4 a	12.6 a
Mean	10.6 A	10.6 A	10.5 A	10.5	11.3 A	12.7 B	12.8 B	12.3
Before harvesting white cabbage								
Control	10.3 b	7.8 a	6.3b	8.1 b	11.8 a	8.8b	9.0 b	9.9 b
Farmyard manure (FYM)	13.1 a	7.5 a	8.3a	9.6 a	13.2 a	10.0ab	9.6 ab	11.0 a
Spent mushroom substrate (SMS)	12.4 from	7.8 a	8.5 a	9.5 a	12.7 a	11.6 a	11.1a	11.8 a
Mean	11.9 B	7.7 A	7.7A	9.1	12.6 B	10.1 A	9.9A	10.9

* Means marked with the same lowercase letters in columns and uppercase letters in rows are not significantly different at $P \leq 0.05$

The average moisture content for the 20–40 cm soil layer, assessed before the cabbage harvest, was 10.9% (Table 4). In 2016, this moisture content was significantly higher than in the subsequent years of 2017 and 2018. The impact of organic fertilizers on moisture levels in the 20–40 cm soil layer varied across the experimental years. In 2016, there were no significant differences in soil moisture between the different treatments. However, in 2017 and 2018, the application of SMS resulted in a greater increase in subsoil moisture compared to FYM. The control plots consistently displayed significantly lower moisture

levels. Ma et al. [17] noted increases in soil moisture at various depths (15, 30, and 45 cm) following the application of shredded SMS, which were 6.3–8.1%, 10.7–17.2%, and 7.3–12.8% higher than in the control without SMS. Additionally, research by Harris [8] and Nakatsuka et al. [24] highlighted that incorporating SMS into the soil can enhance water retention, owing to its hydrophilic properties.

The density of the solid soil phase, determined before the harvest of white cabbage, amounted to an average of 2.25 g cm⁻³ and did not differ significantly. The density of the solid soil phase, determined

before the harvest of white cabbage, amounted to an average of 2.25 g cm^{-3} and did not differ significantly across experimental years and combinations (Table 5). However, a significant effect of plowed-in organic matter on the bulk density of soil was observed. In

SMS combinations it was 1.40 g cm^{-3} on average, significantly lower than in the control (1.47 g cm^{-3}). According to Table 6, in 2016, average soil bulk density (1.46 g cm^{-3}) was significantly higher than in 2018 (1.40 g cm^{-3}).

Table 5

Density of the solid phase of the soil (g cm^{-3}) before harvesting white cabbage

Organic matter source	Years			Mean
	2016	2017	2018	
Control	2.28 a	2.30 a	2.18 a	2.25 a
Farmyard manure (FYM)	2.26 a	2.28 a	2.20 a	2.25 a
Spent mushroom substrate (SMS)	2.28 a	2.24 a	2.22 a	2.25 a
Mean	2.27 A	2.27 A	2.20 A	2.25

* Means marked with the same lowercase letters in columns and uppercase letters in rows are not significantly different at $P \leq 0.05$

Table 6

Bulk density of soil (g cm^{-3}) before harvesting white cabbage

Organic matter source	Years			Mean
	2016	2017	2018	
Control	1.51 a*	1.47 a	1.45 a	1.47 a
Farmyard manure (FYM)	1.43 a	1.44 a	1.39 a	1.42 ab
Spent mushroom substrate (SMS)	1.45 a	1.38 a	1.37 a	1.40 b
Mean	1.46 B	1.43 AB	1.40 A	1.43

* Means marked with the same lowercase letters in columns and uppercase letters in rows are not significantly different at $P \leq 0.05$

Table 7

Total soil porosity (%) before harvesting white cabbage

Organic matter source	Years			Mean
	2016	2017	2018	
Control	33.56 a*	36.10 a	33.52 a	34.39 a
Farmyard manure (FYM)	36.47 a	36.65 a	37.08 a	36.73 a
Spent mushroom substrate (SMS)	36.59 a	38.62 a	38.17 a	37.79 a
Mean	35.54 A	37.12 A	36.26 A	36.30

* Means marked with the same lowercase letters in columns and uppercase letters in rows are not significantly different at $P \leq 0.05$

Table 8

Marketable yield of white cabbage (t ha^{-1})

Organic matter source	Years			Mean
	2016	2017	2018	
Control	63.9 b	66.2 b	41.7 c	57.3 b
Farmyard manure (FYM)	78.7 a	78.8 a	50.3 bc	69.3 a
Spent mushroom substrate (SMS)	71.5 a	82.4 a	60.5 a	71.5 a
Mean	71.4 A	75.8 A	50.8 B	66.0

* Means marked with the same lowercase letters in columns and uppercase letters in rows are not significantly different at $P \leq 0.05$

Measured before the harvest, soil total porosity was similar throughout the experiment, with an average of 36.30 % (Table 7). In relation to the control, soil total porosity tended to increase, but not significantly, in combinations with FYM and SMS. Steward et al. [29] found that SMS improved properties of soil planted with root crops such as sweet corn (*Zea mays*), head cabbage, and potato (*Solanum tuberosum*) by reducing soil bulk density at a depth of 10 cm (by 0.05–0.25 g cm⁻³), increasing the stability of soil aggregates (by 13–16 %) and water content (by 0–7 %). Nakatsuka et al. [24] also reported that after the SMS application, the porosity of the top soil layer and of the subsoil increased.

In the present research, the yield of marketable heads, average across 2016–2018, was 66.0 t ha⁻¹ (Table 8). Different weather conditions in the consecutive growing periods affected the marketable yield. The highest yield (75.8 t ha⁻¹) was harvested in 2017, a year with the most favorable hydrothermal conditions for cabbage, and the lowest (50.8 t ha⁻¹) in 2018, when they were the least favorable.

On average over the growing periods, FYM and SMS significantly increased the marketable yield of heads in relation to the control. In 2016–2017, the best yield-increasing effect was noted both for FYM and SMS, and in the very dry year of 2018 for SMS. The beneficial effect of spent substrate left over after the production of *Agaricus bisporus* on the growth and yields of cabbage was also indicated by the research of Szulc et al. [31]. They applied composted SMS to white head cabbage at a dose corresponding to 100 kg N ha⁻¹ and noted a slight, 3 % increase in the yield compared to the control without organic and mineral fertilizers. However, a two-fold increase in the amount of SMS resulted in an 18.6 % increase in the cabbage yield relative to the control. According to Islam et al. [11], the yield of broccoli treated with SMS increased by 85.9 % compared to the control without organic fertilization.

Conclusions. Mushroom substrate introduced more organic matter into the soil than manure. Soil physical properties, i.e., moisture of the top and deeper soil layers, bulk density, and porosity, did not differ significantly between soil treated with FYM and SMS but were much more favorable than in the control without organic fertilizers. Because of the unfavorable content of organic matter in Polish soils and decreasing manure production, mushroom substrate could be a valuable source of organic matter in vegetable cultivation, stabilizing the physicochemical properties of the soil. In the present experiment, mushroom

substrate was also a valuable source of plant nutrients, with almost 55% more macro- and micronutrients introduced into the soil than with manure. Because of the beneficial effect of mushroom substrate on soil physical properties and the white cabbage yield, it should be recommended as a valuable alternative to manure.

References

1. Becher M. Skład chemiczny podłoża po uprawie pieczarki jako odpadowego materiału organicznego. *Ekonomia i Środowisko*. 2013. No 4 (47). P. 207–213.
2. Becher M., Pakuła K. Nitrogen fractions in spent mushroom substrate. *Journal of Elementology*. 2014. No 19 (4). P. 947–958.
3. Curtin J. S., Mullen G. J. Physical properties of some intensively cultivated soils of Ireland amended with spent mushroom compost. *Land Degradation and Development*. 2007. No 18 (4). P. 355–368.
4. Czop M., Kłapcia E. A. Ocena przydatności podłoża po uprawie pieczarek pod kątem recyklingu organicznego. *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*. 2015. No 17 (4). P. 139–150.
5. Gerke J. The Central Role of Soil Organic Matter in Soil Fertility and Carbon Storage. *Soil Syst.* 2022. No 6 (2). 33.
6. Gonet S., Smal H., Chojnicki J. Właściwości chemiczne gleb. [in:] *Gleboznawstwo*. red. Mocek A., Wyd. Naukowe PWN. 2015. P. 189–231.
7. Gong X., Li S., Carson M. A., Chang S. X., Wu Q., Wang L., An Z., Sun X. Spent mushroom substrate and cattle manure amendments enhance the transformation of garden waste into vermicomposts using the earthworm *Eisenia fetida*. *Journal of Environmental Management*. 2019. No 248. 109263.
8. Harris P. M. Mineral nutrition in the potato crop. Chapman & Hall. Londyn, 1992. P. 162–213.
9. Islam M., Kaium A., Shahriar S., Hossain E., Amin R., Islam S., Zaher A., Nizam R. Growth and yield potential of broccoli influenced by organic manures. *Bangladesh Research Publications Journal*. 2014. No 10 (2). P. 145–150.
10. Jordan S. N., Mullen G. J., Murphy M. C. Composition variability of spent mushroom compost in Ireland. *Bioresource Technology*. 2008. No 99. P. 411–418.
11. Kalembsa D., Wiśniewska B. Wykorzystanie podłoża popieczarkowego do rekultywacji gleb. *Roczniki Gleboznawcze*. 2004. No 55 (2). P. 209–217.
12. Kardiri M., Mustapha Y. The use of spent mushroom substrate of *Lentinus subnudus* (Berk) as soil condition for vegetables. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*. 2010. No 3 (2). P. 16–19.
13. Kuś J. Wpływ glebowej materii organicznej na gospodarkę wodną gleb. [in:] Dembek W., Kuś J., Wiatkowski M., Żurek G., Innowacyjne metody gospodarowania zasobami wody w rolnictwie. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. 2016. P. 195–212.
14. Lou Z., Sun Y., Bian S., Baig S. A., Hu B., Xu X. Nutrient conservation during spent mushroom compost

application using spent mushroom substrate derived biochar. *Chemosphere*. 2017. No 169. P. 23–31.

15. Ma Z., Zhang Y.-Q., Wang L.-J., Hu G.-L., Gong X.-Q., Bai Q., Su S.-Ch., Qi J.-X. Short-term effects of spent mushroom substrate mulching thickness on the soil environment, weed suppression, leaf nutrients, and nut characteristics in a hazelnut orchard. *Agronomy*. 2021. No 11 (6). 1122.

16. Majchrowska-Safaryan A. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na plon i zawartość wybranych makroelementów w bulwach ziemniaka i ziarnie pszenicy ozimej. *Fragmenta Agronomica*. 2015. No 32 (2). P. 63–70.

17. Majchrowska-Safaryan A., Tkaczuk C. Możliwość wykorzystania podłoża po produkcji pieczarki w nawożeniu gleb jako jeden ze sposobów jego utylizacji. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2013. No 58 (4). P. 57–62.

18. Mały S., Siebielec G. Badania egzogennej materii organicznej w celu bezpiecznego stosowania do gleby. Raport z realizacji projektu „Zagrożenia i korzyści wynikające z wprowadzania do gleb egzogennej materii organicznej”. 2015. (CZ.3.22/1.2.00/12.03445).

19. Maszkiewicz J. Zużyte podłoże popieczarkowe jako nawóz i paliwo. [in:] Biuletyn Producenta Pieczarek, Pieczarki 1. *Hortpress*. 2010. P. 59–60.

20. Medina E., Paredes C., Bustamante M.A., Moral R., Moreno-Caselles J. Relationships between soil physico-chemical, chemical and biological properties in a soil amended with spent mushroom substrate. *Geoderma*. 2012. No 173–174. P. 152–161.

21. Meng X., Dai J., Zhang Y., Wang X., Zhu W., Yuan X., Cui Z. Composted biogas residue and spent mushroom substrate as a growth medium for tomato and pepper seedlings. *Journal of Environmental Management*. 2018. No 216. P. 62–69.

22. Nakatsuka H., Oda M., Hayashi Y., Tamura K. Effects of fresh spent mushroom substrate of *Pleurotus ostreatus* on soil micromorphology in Brazil. *Geoderma*. 2016. No 269. P. 54–60.

23. Niżewski P., Dach J., Jędrus A. Zagospodarowanie zużytego podłoża z pieczarkarni metodą kompostowania. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2006. No 51 (1). P. 24–27.

24. Rosa R. Przedplonowe nawozy zielone w uprawie warzyw w warunkach glebowo-klimatycznych

południowego Podlasia. Rozprawa doktorska. Akademia Podlaska w Siedlcach, 2005. P. 143.

25. Sady W. Nawożenie warzyw polowych. Wyd. Plantpress Sp. z o.o. 2014.

26. Skowera B., Puła J. Skrajne warunki pluwiometryczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000. *Acta Agrophysica*. 2004. No 3 (1). P. 171–177.

27. Stewart D. P. C., Cameron K. C., Cornforth I. S., Sedcole J. R. Effects of spent mushroom substrate on soil physical conditions and plant growth in an intensive horticultural system. *Australian Journal of Soil Research*. 1998. No 36 (6). P. 899–912.

28. Stuczyński T. Przyrodnicze uwarunkowania produkcji rolniczej w Polsce. Współczesne uwarunkowania organizacji produkcji w gospodarstwach rolniczych. *Studia i Raporty IUNG – PIB Puławy*. 2007. No 14. P. 259–271.

29. Szulc W., Rutkowska B., Kuśmirek E., Spychaj-Fabisiak E., Kowalczyk A., Dębska K. Yielding, chemical composition and nitrogen use efficiency determined for white cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) supplied organo-mineral fertilizers from spent mushroom substrate. *Journal of Elementology*. 2019. N 24 (3). P. 1063–1077.

30. Trętowski J., Wójcik A.R. Metodyka doświadczeń rolniczych. Wyd. WSRP Siedlce, 1991.

31. Uklańska-Pusz C., Medyńska-Juraszek A., Chohura P., Czaplicka M. Podłoże popieczarkowe – zasadność ponownego wykorzystania. [in:] Gospodarka o obiegu zamkniętym a racjonalne gospodarowanie zasobami. red. Kulczycka J., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków, 2018. P. 137–146.

32. URL: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/uprawy-rolne-i-ogrodnicze/wynikowy-szacunek-glownych-ziemiplodow-rolnych-i-ogrodniczych-w-2024-roku,5,23.html?pdf=1> (Accessed February 07, 2025).

33. URL: <https://www.fao.org> (Accessed February 07, 2025).

34. Uzun I. Use of spent mushroom compost in sustainable fruit production. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2004. No 12. P. 157–165.

35. Wiśniewska-Kadzaj B., Jankowski K. Wpływ podłoża popieczarkowego uzupełnionego mineralnie na plon biomasy i białka kupkówki pospolitej. *Acta Agrophysica*. 2015. No 22 (3). P. 335–344.

Стаття надійшла 10.02.2025

УДК 635.52:577.35]:322.155

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ І БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ ТОВАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ САЛАТУ ПОСІВНОГО ЛИСТКОВОГО (*LACTUCA SATIVA* L. VAR. *SECALINA* ALEF.)

О. Дидів, к. с.-г. н.¹

ORCID ID: 0000-0003- 4155-5945

І. Дидів, к. с.-г. н.¹

ORCID ID: 0000-0001- 8605-1092

М. Соботович, аспірант¹

ORCID ID: 0009-0002-0282-7389

Ю. Стефківська, с. н. с.²

ORCID ID: 0000-0002- 5679-0377

О. Завальнюк, с. н. с.²

ORCID ID: 0000-0001- 5059-2559

О. Скубій, с. н. с.²

ORCID ID: 0000-0002- 8414-9894

¹Львівський національний університет природокористування²Український інститут експертизи сортів рослин<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.140>

Дидів О., Дидів І., Соботович М., Стефківська Ю., Завальнюк О., Скубій О. Економічна ефективність і біоенергетична оцінка вирощування товарної продукції салату посівного листового (*Lactuca sativa* L. var. *secalina* Alef.)

Зауважено, що з огляду на російсько-українську війну споживання свіжої товарної продукції населенням України у шість–сім разів нижче за раціональні норми і має сезонний характер. Особливо відчутний брак екологічно безпечної свіжозібраної продукції в осінньо-зимовий період. Досліджено, що салат посівний (*Lactuca sativa* L.) – скоростигла і морозостійка культура, що дозволяє висівати в декілька строків, упродовж усього року. Його можна вирощувати як попередник для тепло-вимогливих рослин, а також як ущільнювач та післязливну культуру. Це хороший та ефективний спосіб використання землі на малих площах.

На сучасному етапі розвитку інфраструктури овочівництва насамперед беруть до уваги не лише користь овочевої культури, а й витрати різних видів енергії на її вирощування. До низьковитратних культур відносять зелені, зокрема салат посівний, продукція якого надходить з відкритого ґрунту в дуже ранній весняний період, а вирощування в закритому ґрунті дає змогу постачати його населенню в зимовий і зимово-весняний періоди.

Досліджено сорти салату посівного національної селекції: Сніжинка (контроль), Дублянський, Малахит, Зорепад, для яких розраховано економічну ефективність та зроблено біоенергетичну оцінку вирощування товарної продукції в умовах Західного Лісостепу України.

Зауважено, що в середньому за три роки досліджень урожайність досліджуваних сортів листової різновидності переважала контроль (Сніжинка) на 2,20–4,56 т/га за розсадного способу вирощування (горщечкова розсада). Показники економічної ефективності виробництва товарної продукції салату листового свідчать, що рівень рентабельності залежав від способу вирощування та сорту. Рівень рентабельності коливався в межах 86–130 % для сортів *Lactuca sativa* var. *secalina* L. Собівартість товарної продукції салату листового за розсадного способу вирощування була 746–963 грн/т.

Результати біоенергетичної оцінки із використанням окремих елементів технології вирощування забезпечили врожайність сортів салату листового на рівні 21,0–33,0 т/га (розсадний спосіб вирощування – горщечкова розсада), 20,0–32,0 т/га (розсадний спосіб вирощування – касети). Коефіцієнт біоенергетичної ефективності виробництва товарної продукції салату листового за роки досліджень утворив 1,20–1,40 відповідно до способу вирощування.

Ключові слова: салат посівний, розсадний спосіб, урожайність, рівень рентабельності.

Dydiv O., Dydiv I., Sobotovych M., Stefkivska Yu., Zavalniuk O., Skubii O. Economic efficiency and bioenergetic assessment of commercial crop production of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *secalina* Alef.)

Due to the ongoing Russian-Ukrainian war, the consumption of fresh, marketable produce among the Ukrainian population is currently 6–7 times lower than the recommended dietary norms, exhibiting significant seasonal fluctuations. The shortage of ecologically safe, freshly harvested produce is especially acute during the autumn and winter months. Garden lettuce (*Lactuca sativa* L.), a fast-growing and cold-tolerant crop, allows for multiple sowing periods throughout the year and

serves as an effective and efficient use of land on small plots. It can be cultivated as a precursor for thermophilic crops, as a catch crop, or as a post-harvest crop.

At this stage of developing vegetable production infrastructure, consideration goes beyond just the nutritional value of a crop; it also includes the energy inputs required for its cultivation. Leafy greens, particularly garden lettuce, are classified as low-input crops. This species can be harvested from open fields in early spring, while greenhouse cultivation enables supply during winter and early spring.

This study focused on garden lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars of national selection: Snizhynka (control), Dublianskyi, Malakhit, and Zorepad. The authors assessed the economic efficiency and bioenergetic performance of marketable crop production under the conditions of the Western Forest-Steppe region of Ukraine.

Throughout a three-year study period, the leaf-type cultivars examined yielded, on average, 2.20 to 4.56 t/ha more than the control cultivar, Snizhynka, when using the seedling cultivation method (pot-grown transplants). Economic evaluations of commercial production indicated that profitability levels were influenced by both the cultivation method and the specific cultivar. For *Lactuca sativa* var. *secalina* L. cultivars, profitability ranged between 86% and 130%. The cost of marketable produce utilizing the seedling method was found to vary from 746 to 963 UAH per ton.

The bioenergetic assessment, which focused on specific elements of the cultivation technology, showed yields of 21.0 to 33.0 t/ha for pot-grown seedlings and 20.0 to 32.0 t/ha for plug tray seedlings. The bioenergetic efficiency coefficient for lettuce production during this study period ranged from 1.20 to 1.40, depending on the cultivation method employed.

Keywords: sowing lettuce, seedling method, productivity, profitability level.

Постановка проблеми. Овочева індустрія сьогодні охоплює досить широкий спектр ботаничних таксонів, які включено до групи овочевих. Овочеві культури вирощують за різними технологіями, строками досягання і збирання, зберігання і переробки, собівартістю та ефективністю виробництва [7; 13].

Умови Західного Лісостепу України сприятливі для вирощування різних видів салатів, зокрема й салату посівного. Проте його продуктивність обмежена ґрунтово-кліматичними умовами, способами вирощування та іншими елементами технології вирощування [3]. Показник рентабельності виробництва має особливо важливе значення в сучасних, ринкових умовах, коли відсутня стабільність виробництва та наявний ризик ринку збуту зеленої овочевої продукції сортів салатних рослин [4; 16].

Однак усі показники рентабельності кореляційно пов'язані з технологією вирощування та організацією виробництва, ефективністю використання виробничих ресурсів, упровадженням досягнень науково-технічного прогресу. Рівень віддачі витрат або рівень використання ресурсів у процесі виробництва товарної продукції салату посівного характеризує якісний, вартісний показник – рівень рентабельності [14; 15].

Тому сьогодні актуального значення набуває вивчення економічної ефективності елементів технології вирощування салату посівного листової різновидності (*Lactuca sativa* L. var. *secalina* Alef.) в умовах Західного Лісостепу України [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Овочівництво, як одна із важливих галузей рослинництва, наразі складна, досить трудомістка та

актуальна. Виробництво товарної овочевої продукції має регіональний характер. Продуктивність рослин овочевих формується на відповідних етапах органогенезу впродовж періоду вегетації під впливом чинників довкілля [17].

Серед широкого спектра овочевих культур, що входять до щоденного раціону людини, особливу цінність становлять ті, які забезпечують раннє надходження високоякісної товарної продукції, збагаченої вітамінами та біологічно активними речовинами. До таких культур належить салат посівний (*Lactuca sativa* L.) різних морфотипів – листовий, головчастий, римський, зривний, стебловий – здатний формувати ранній урожай за умови підзимової або ранньовесняної сівби. Усі різновиди салату характерні коротким вегетаційним періодом (20–60 діб), що дає змогу отримувати якісну товарну продукцію протягом усього весняно-літньо-осіннього періоду з можливістю багаторазового збору (два–шість разів) [6; 8].

На сучасному етапі – час визвольної війни України за незалежність від московії, актуальним залишається питання забезпечення населення України раціональним і повноцінним харчуванням. У структурі середньодобового річного раціону зелені овочеві культури мають становити близько 5 %. Серед них важливе значення належить салату посівному (*Lactuca sativa* L.), попит на який постійно зростає внаслідок розширення сфери громадського харчування та підвищення вимог споживачів до якості та асортименту продукції [17].

Виробництво товарної продукції овочевих рослин досить трудомістке за людськими та матеріальними витратами галузі. Варто вказати на високу трудомісткість виробництва товарної продукції овочів, складну механізацію окремих

виробничих процесів їх вирощування, зокрема збирання врожаю і відсутність належних умов [9].

Незважаючи на російсько-українську війну, ринок свіжих овочів в Україні продовжує розвиватися і наближається до стандартів глобального ринку. Овочеві культури – прибуткова галузь завдяки правильному підходу до виробництва, маркетингу та логістики, що дозволяє отримувати дохід навіть за умов збільшення виробництва та спаду ринку [4; 16].

На овочевому ринку України залишається невелике різноманіття продуктів. Основну частку асортименту становлять овочеві рослини, що входять до борщового набору. У нашій країні немає таких важливих вітамінних продуктів, як солодкий перець, баклажани, часник та низка інших зеленних і салатних рослин. Їхній загальний внесок у виробництво становить лише 6,2 %, що далеко не відповідає 25–35 % у Європі. Аналіз попиту та пропозиції з 2016 по 2024 роки показує, що обсяг овочового ринку (загальний обсяг виробництва) за цей період зріс на 75 %, але темпи зростання продукції для споживання (фонд споживання) зросли лише на половину [11; 12].

Отже, необхідно розширити асортимент пропозиції, знизити витрати виробництва і забезпечити потужності для зберігання. Розвиток овочового ринку та його перехід до цивілізованого й регульованого стану передбачає впровадження науково обґрунтованої державної політики у галузі регулювання виробництва і цін на овочі, створення ефективної інфраструктури для ринку овочів, підвищення інформованості та мобільності виробників і споживачів у виборі місця та характеристик реалізації овочів, а також контролю використання електронно-касових апаратів і впровадження сучасних маркетингових стратегій та методів регулювання [5; 14].

Трудові ресурси, земля, засоби і предмети праці в овочівництві – необхідні умови і фактори здійснення процесу виробництва товарної продукції салату посівного. Салат посівний використовують в органічних технологіях. За умов ведення органічного господарства посилюються відновлювальні властивості, нормалізується робота живих організмів, відновлюється гумус, і як результат – підвищується врожайність сільськогосподарських культур, зокрема й салату посівного [3; 6].

Із поглибленням теорії і практики вдосконалення спеціалізації та технологічних заходів виробництва овочової продукції в Україні, а також зміною економічних умов господарювання, вносилися відповідні коригування в методологію виміру економічної ефективності галузі овочівництва.

Удосконалення методології найчастіше відбувалося шляхом доповнення вже визнаних чи новими показниками ранжирування на головні, додаткові або непрямі [15].

Постановка завдання. Наше завдання – обґрунтувати економічну ефективність і біоенергетичну оцінку вирощування салату посівного (*Lactuca sativa* L. var. *secalina* Alef.) в умовах Західного Лісостепу України.

Виклад основного матеріалу. Дослідження з вивчення економічної ефективності та біоенергетичної оцінки вирощування салату посівного листового (*Lactuca sativa* L. var. *secalina* Alef.) проводили в умовах Західного Лісостепу України впродовж 2021–2023 років на дослідному полі кафедри садівництва та овочівництва імені Івана Гуляка Львівського національного університету природокористування. Досліди закладали відповідно до методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві [2].

Використовували такі методи: польовий, лабораторний, аналітичний, статистичний. Дослідження проводили за Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва [10].

Під культивуцію вносили комплексне мінеральне добриво Нітроамофоску – М(16:16:16). Схема висаджування розсади – 45 × 30 см, густина стояння рослин – 74 тис./га. Попередник – картопля.

Ґрунт – темно-сірий опідзолений, забезпеченість основними елементами NPK – середня. Ґрунт дослідного поля темно-сірий опідзолений легкосуглинковий в орному горизонті (0–20 см), характерний такими агрохімічними показниками: рН_{сол.} – 5,5–5,6, гідролітична кислотність – 2,3–3,0 мг-екв/100 г ґрунту, сума увібраних основ – 12,5–14,0 мг-екв/100 г ґрунту, вміст гумусу – 1,8–2,0 %, забезпеченість легкогідролізованим азотом (за Корнфілдом) – 120–130 мг/кг, рухомим фосфором (за Кірсановим) – 120–140 мг/кг, обмінним калієм (за Кірсановим) – 80–110 мг/кг, кальцій обмінний – 5,1–6,3 мг-екв/100 г, магній обмінний – 1,1–1,8 мг-екв/100 г.

На дослідних ділянках проводили догляд за посівами, який передбачав інтегрований захист від бур'янів та шкідників. У період вегетації проводили фенологічні спостереження за рослинами салату посівного і відзначали: дату появи сходів, висаджування розсади, утворення розетки листя, технічну стиглість.

У межах дослідних ділянок здійснювали комплексний догляд за посівами, що передбачав інтегровану систему захисту від бур'янів і шкідників. Упродовж вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження за рослинами салату посівного (*Lactuca sativa* L.), фіксуючи дати появи сходів, висаджування розсади, формування розетки листків та досягнення технічної стиглості. Обліковували врожай суцільно-ваговим методом у другій декаді травня, визначали середню масу головки та її довжину й ширину, урожайність та товарність головок.

У зібраних зразках салату листового визначали біохімічні показники: вміст сухої речовини (ДСТУ 7804:2015), вміст загального цукру (ДСТУ 4954:2008), вміст вітаміну «С» (ДСТУ 7803:2015), вміст білка (ДСТУ 7824:2015), розчинні сухі речовини (рефрактометром), нітрати (іонометричним методом) [10].

Об'єктом дослідження є процеси формування урожайності сортів посівного *Lactuca sativa* var. *secalina* L. в умовах Західного Лісостепу України. Предметом досліджень були сорти салату посівного *Lactuca sativa* var. *secalina* L., для яких розраховано економічну ефективність та зроблено біоенергетичну оцінку вирощування товарної продукції в умовах Західного Лісостепу України.

Економічну ефективність розраховували, виходячи із вартості врожаю і додаткових витрат на одержання приросту за кожним варіантом.

Біоенергетичну оцінку виробництва товарної продукції і насіння салатних культур проводили за методикою О. С. Болотських та М. М. Довгаль [1]. Статистичну обробку одержаних результатів експериментальних досліджень виконували методом дисперсійного аналізу за Б. А. Доспеховим з використанням комп'ютерних програм Agrostat і Statistica 10.0.

Результатами проведених досліджень встановлено, що рентабельність виробництва товарної продукції характеризує доцільність вирощування салату посівного всіх різновидів за розроблених або вдосконалених технологічних заходів вирощування рослин на товарні цілі залежно від сортового складу відповідної різновидності.

Показники економічної ефективності виробництва товарної продукції салату листового свідчать, що рівень рентабельності залежав від способу вирощування та сорту (табл. 1).

Найвищий рівень рентабельності був у сорту Дублянський – 130 % за висаджування горщечкової розсади і 108 % забезпечив розсадний спосіб вирощування рослин у касетах відповідно. Собівартість продукції за обох способів вирощування була на рівні 1063 грн/т – за розсадного у горщечках і 1175 грн/т – за розсадного у касетах. Як показали практичні розрахунки, показники рентабельності мають значні коливання за роками, що є наслідком зміни цін реалізації і собівартості товарної продукції салату посівного.

Таблиця 1

Економічна ефективність і біоенергетична оцінка вирощування товарної продукції салату листового, середнє за 2021–2023 рр.

Показник	Сорт			
	Сніжинка*	Дублянський	Малахит	Зорепад
Розсадний спосіб вирощування (горщечки)				
Урожайність, т/га	18,67	23,23	20,87	22,49
Вартість валової продукції, грн/га	33606	41814	37566	40482
Собівартість 1 т, грн	1323	1063	1183	1098
Умовно чистий прибуток, грн/га	15357	23565	19317	22233
Рівень рентабельності, %	85	130	106	122
КБЕ	1,1	1,3	1,2	1,3
Розсадний спосіб вирощування (касети)				
Урожайність, т/га	18,23	21,02	18,82	20,43
Вартість валової продукції, грн/га	32814	37836	33876	36774
Собівартість 1 т, грн	1355	1175	1312	1209
Умовно чистий прибуток, грн/га	14565	19587	15627	18525
Рівень рентабельності, %	80	108	86	101
КБЕ	1,0	1,2	1,1	1,3

* Контроль

Аналіз економічних показників виробництва товарної продукції салату листового за конвеєрного виробництва показує, що сівба під зиму забезпечує надходження ранньої товарної продукції з відкритого ґрунту за високими реалізаційними цінами, що забезпечує високий рівень рентабельності та ефективність такого виробництва в цілому (табл. 2).

Аналіз економічної ефективності вирощування салату листового сорту Дублянський за різних строків сівби, які забезпечують строки надходження товарної продукції до споживача від ранньої весни до пізньої осені, показав економічну доцільність сівби насіння під зиму, де рівень рентабельності складав 187 %. За ранньої весняної сівби рівень рентабельності був на рівні 116 %, а собівартість продукції у цьому варіанті була найнижчою – 833 грн/т. Пізньовесняна сівба є низькорентабельною, про що свідчить 5,5 % її рівня.

Розмір грошового виторгу залежав від термінів, структури і ринків збуту товарної продукції. Товарна продукція, яка надходила до споживача у ранні весняні строки, характерна підвищеним попитом і вищою реалізаційною ціною. Тому ціна реалізації за конвеєрного виробництва була неоднаковою і коливалася від 1200 до 9400 грн/т. Товарну продукцію салату листового збували за

різними цінами, оскільки це залежало від каналів реалізації: продажів її державі, споживчій кооперації на ринку, закладам харчування, комерційним структурам.

Важливим фактором прибутку є собівартість продукції. Зниження чи підвищення витрат виробництва впливає на його розмір. Використовуючи розрахункові дані за допомогою комп'ютера, встановлено коефіцієнт кореляції, який показав прямі кореляційні зв'язки між врожайністю сортів усіх різновидів і собівартістю 1 т товарної продукції. У такому разі він дорівнює 0,5, що свідчить про помірний зворотний зв'язок між цими двома показниками. Як приклад, для встановлення взаємодії факторів використовували показник урожайності кожного сорту. Так, урожайність товарної продукції салату листового сорту Дублянський наведено на рис. 1.

Прибуток характеризує кінцеві економічні показники не тільки у сфері виробництва товарної продукції салату листового, а й у сфері обігу, реалізації, яка є фокусом, у якому висвітлюються всі доданки, що утворюють ефективність виробництва. Виробництво товарної продукції салату посівного і в контролі рентабельне, а ефективність може бути різною, тому що вона залежить від об'ємів, структури продукції, розміру витрат виробництва та ціни реалізації.

Таблиця 2

Економічна ефективність вирощування салату листового сорту Дублянський за різних строків сівби, середнє за 2021–2023 рр.

Дата висіву насіння	Товарна врожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн	Собівартість, грн/т	Умовно чистий прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
П д. 03	21,9	39420	833	21177	116,0
П д. 05	16,4	19680	1137	1033	5,5
П д. 08	16,2	51840	1757	23377	82,0
П д. 11	18,3	69740	1328	45420	187,0

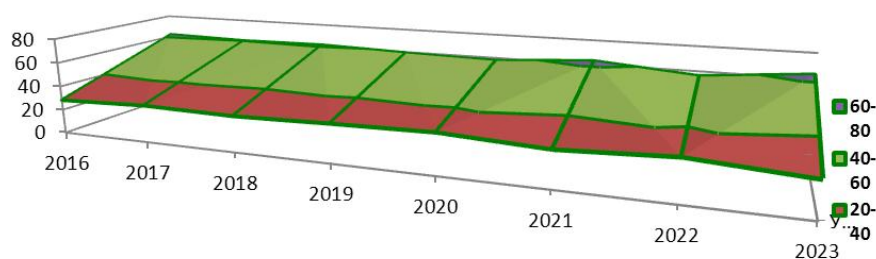


Рис. 1. Урожайність товарної продукції салату листового сорту Дублянський (2016–2023 рр.)

На рівень реалізаційних цін впливає насамперед кількість і якість товарної продукції, а на собівартість – урожайність салату посівного, а також обсяг трудових і матеріальних витрат. Отже, рентабельність знаходить своє вираження насамперед у наявності прибутку. Прибуток є реалізованою частиною чистого доходу і розраховується вирахуванням із грошового виторгу від реалізації продукції комерційної (повної) собівартості чи витрат виробництва. Вирощування салату листкового на товарні цілі передбачає комплекс матеріальних витрат, структура яких подана на рис. 2.

Виробництво товарної продукції салату посівного – досить трудомісткий процес. У структурі витрат найбільша питома частка відведена збиранню – 26 %. Найбільшу частку витрат, які йдуть на виробництво товарної продукції салату посівного, становлять догляд за посівами з одночасним збиранням, оплата праці та паливно-мастильні матеріали, кількісні величини яких перебувають на рівні 15–26 %.

Економічна ефективність виробництва товарної продукції салату посівного передбачала визначення важливих економічних показників: вартості зібраної товарної продукції зі всієї площі,

вартості однієї одиниці продукції, умовно чистого прибутку та рівня рентабельності.

Значна частка енерговитрат на вирощування товарної продукції салату посівного листкової різновидності припадає на паливо й мастильні матеріали (до 60–65 тис. МДж/га), до 20 % сукупних енергетичних витрат становлять органічні й мінеральні добрива. Резервами енергозбереження в технології вирощування салату посівного є скорочення затрат ручної праці. Біоенергетична оцінка вирощування салату посівного мала відповідну структуру енергетичних витрат (рис. 3).

Ефективність енерговитрат характеризує коефіцієнт біоенергетичної ефективності, який розраховується за формулою:

$$\hat{E} = \frac{Q_i}{Q_a} \cdot f,$$

де K – коефіцієнт енергетичної ефективності; Q_n – енергія, що накопичена господарсько-цінною часткою врожаю; Q_e – сукупна енергія, що витрачена на вирощування врожаю; f – коефіцієнт споживчої цінності салату посівного.

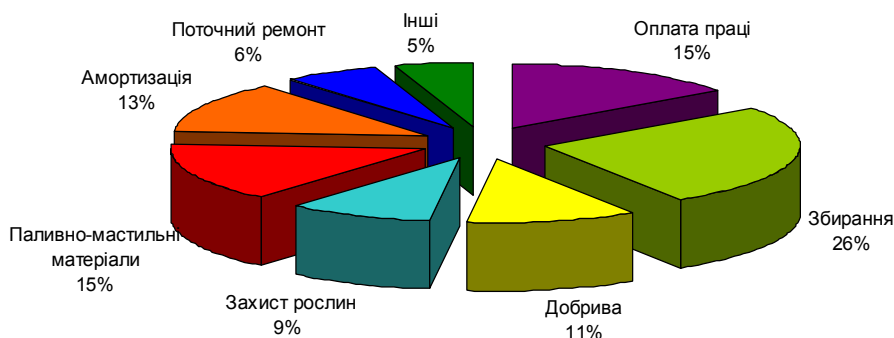


Рис. 2. Структура затрат на вирощування товарної продукції салату листкового (середнє за 2021–2023 рр.)

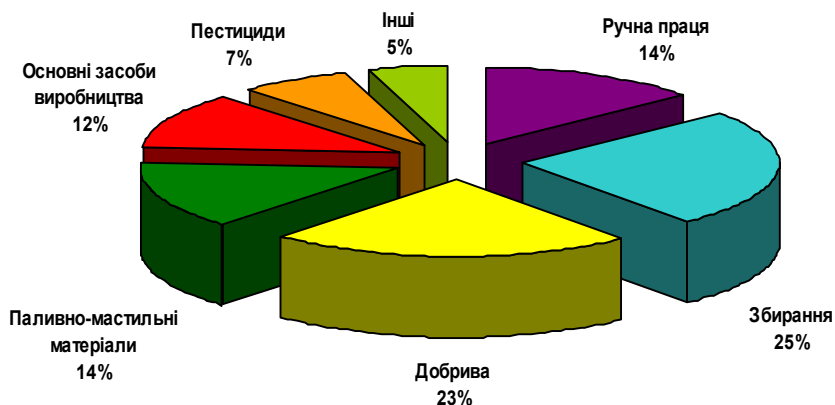


Рис. 3 Структура енергетичних витрат на вирощування товарної продукції салату листкового (середнє за 2021–2023 рр.)

Коефіцієнт біоенергетичної ефективності виробництва товарної продукції салату посівного утворив 1,2. Економічна ефективність і біоенергетична оцінка виробництва салату посівного підтверджує доцільність вирощування сортів салату посівного усіх різновидностей на товарні цілі, оптимізуючи строки сівби і строки надходження товарної продукції до споживача.

Висновки. Урожайність досліджуваних сортів листової різновидності переважала контроль на 2,20–4,56 т/га. Рівень рентабельності коливався в межах 86–130 % для сортів *Lactuca sativa* var. *secalina* L. Собівартість товарної продукції салату листового за розсадного способу вирощування була 746–963 грн/т.

Аналіз економічної ефективності вирощування салату листового сорту Дублянський за різних строків сівби, які забезпечують строки надходження товарної продукції до споживача від ранньої весни до пізньої осені, показав економічну доцільність сівби насіння під зиму, де рівень рентабельності утворив 187 %. За ранньої весняної сівби рівень рентабельності був на рівні 116 %, а собівартість продукції у цьому варіанті була найнижчою – 833 грн/т. Пізньовесняна сівба є низькорентабельною, про що свідчить 5,5 % її рівня.

Результати біоенергетичної оцінки забезпечили врожайність сортів салату листового на рівні 21,0–33,0 т/га (розсадний спосіб вирощування – горщечкова розсада), 20,0–32,0 т/га (розсадний спосіб вирощування – касети). Коефіцієнт біоенергетичної ефективності виробництва товарної продукції салату листового за роки досліджень утворив 1,20–1,40 т/га відповідно до способу вирощування.

Бібліографічний список

1. Болотських О. С., Довгаль М. М. Методика біоенергетичної оцінки технології в овочівництві. Харків: ДАУ В. Докучаєва, 1999. 28 с.
2. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2001. 370 с.
3. Дидів О. Й., Лещук Н. В. Продуктивність салату посівного в умовах Західного регіону України. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2011. № 15. С. 389–393.
4. Духницький Б. В., Новічков О. В., Полупан В. М. Ринок овочевих культур в Україні. *Економіка АПК*. 2017. № 10. С. 56–60.
5. Крикунова В. М., Аверчева Н. О. Пріоритети та особливості формування пропозиції на ринку продукції овочівництва в Україні. *Вісник Ужгородського національного університету. Серія «Міжнародні економічні відносини»*. 2020. № 29. С. 84–93. URL: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2020-29-17> (дата звернення: 08.01.2025).
6. Лещук Н. В., Дидів О. Й., Хареба О. В. Особливості формування конвеєру товарної продукції сортів салату посівного *Lactuca sativa* L. у Західному Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. № 15 (3). С. 273–278. URL: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.3.2019.181085> (дата звернення: 12.01.2025).
7. Leschuk N., Khareba O., Orlenko N., Dydiv O. The use of grouping morphological characteristics of Lettuce varieties L. var. capitata for the difference test in Ukraine. *International Journal of Botany Studies*. 2020. Vol. 5, Issue 6. P. 516–522. URL: <https://www.botanyjournals.com/assets/archives/2020/vol5issue6/5-6-40-761.pdf> (дата звернення: 20.01.2025).
8. Лещук Н. В. Добір сортів салату головчастого *Lactuca sativa* var. *capitata* L. для розсадного й безрозсадного вирощування. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2008. № 7. С. 66–73.
9. Логоша Р. В., Мазур К. В., Кричковський В. Ю. Маркетингове дослідження ринку овочевої продукції в Україні: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2021. 344 с.
10. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачика. Вінниця, 2016. 159 с.
11. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 14.01.2025).
12. Офіційний сайт Міністерства аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/> (дата звернення: 15.12.2024).
13. Сало І. А. Розвиток ринку овочів в Україні. *Економіка АПК*. 2021. № 2. С. 41–48. URL: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202102041> (дата звернення: 15.12.2024).
14. Про схвалення Концепції Державної цільової програми розвитку овочівництва на період до 2025 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21.10.2020 р. № 1333-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1333-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 08.02.2025).
15. Чердніченко О. О., Чайка Є. А. Економічні аспекти виробництва овочів в Україні. *Економіка і управління бізнесом*. 2022. № 13 (3). С. 87–97. URL: [https://doi.org/10.31548/economics13\(3\).2022.74-83](https://doi.org/10.31548/economics13(3).2022.74-83) (дата звернення: 12.02.2025).
16. Яцишина Л. К. Дослідження ринку овочів і фруктів в Україні. *Економіка та держава*. 2019. № 2. С. 105–109. URL: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2019.2.105> (дата звернення: 23.01.2025).
17. Perez Dominguez I., Gomez Barbero M., Fellmann T., Chatzopoulos T., Jensen H., Philippidis G. *EU commodity market development: Medium-term agricultural outlook*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018. 126 p. URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC113987?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 17.01.2025).

Стаття надійшла 18.02.2025

Розділ 5

СЕЛЕКЦІЯ І НАСІННИЦТВО

УДК 633.31:631.526.32

ПОЛЬОВА СХОЖІСТЬ ЕСПАРЦЕТУ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ

В. Лихочвор, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-0377-6157

Я. Дудар, аспірант

ORCID ID: 0000-0002-5828-6895

І. Дудар, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4467-9946

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.147>

Лихочвор В., Дудар Я., Дудар І. Польова схожість еспарцету залежно від сорту

Висвітлено важливість створення ефективної кормової бази, здатної забезпечити достатню кількість високоякісного зеленого корму відповідно до зоотехнічних вимог. Окреслено необхідність упровадження інноваційних технологій вирощування кормових культур для підвищення їхньої продуктивності, екологічної стійкості та економічної доцільності у контексті сучасних викликів, зокрема кліматичних змін. Зазначено, що еспарцет є посухостійкою культурою, яка має великий потенціал для Західного Лісостепу України. Однак площі його посівів обмежені через недостатню обізнаність про його цінність та ефективні технології вирощування. Подальші дослідження цієї культури сприятимуть підвищенню її виробництва в регіоні.

Подано результати досліджень, проведених упродовж 2023–2024 років на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування щодо варіабельності показників польової схожості та кількості рослин на 1 м² еспарцету, а також результати дослідження польової схожості та кількості рослин на 1 м² еспарцету залежно від сорту.

Визначено сорти із найбільш стабільними показниками за різних умов у роки дослідження. Встановлено, що сорт Смарагд демонструє найвищу польову схожість (76,2 %) порівняно із сортами Вегас та Арсей. За однакових умов вирощування, кількість рослин еспарцету сортів Вегас та Арсей на 1 м² була на 10 та 14 шт/м² меншою порівняно із сортом Смарагд.

Встановлено, що в Західному Лісостепу України на темно-сірих опідзолених ґрунтах погодні умови суттєво впливали на польову схожість насіння еспарцету. Сприятливі запаси вологи й температурний режим у посівному шарі ґрунту забезпечили оптимальні умови для початкової вегетації. Показники польової схожості варіювалися від 70–73,5 % у 2023 році до 74,7–78,6 % у 2024 році.

Ключові слова: польова схожість, еспарцет, сорт.

Lykhochvor V., Dudar Ya., Dudar I. Field germination of sand sainfoin depending on the variety

The article emphasizes the importance of establishing an effective forage base that provides a sufficient amount of high-quality green feed in line with zootechnical requirements. It underscores the need to implement innovative technologies for growing forage crops to enhance their productivity, ecological stability, and economic viability, particularly in the face of contemporary challenges like climate change. Sand sainfoin is highlighted as a drought-resistant crop with significant potential for the Western Forest-Steppe region of Ukraine. However, its cultivation area is currently limited due to a lack of awareness regarding its benefits and effective growing techniques. Further research on this crop could help increase its production in the region.

The authors present the findings from studies conducted in 2023–2024 at the research field of the Department of Crop Production Technologies at Lviv National Environmental University. These studies investigated the variability in field germination rates and the density of plants per square meter of sand sainfoin, as well as the impact of different varieties on these metrics.

The research identified which varieties exhibited the most consistent performance under varying conditions throughout the study period. Notably, the Smaragd variety showed the highest field germination rate at 76.2%, compared to the Vegas and Arsei varieties, which had 10 and 14 plants per square meter fewer, respectively.

Additionally, it was found that weather conditions significantly influenced the field germination of sand sainfoin seeds in the Western Forest-Steppe of Ukraine, particularly on dark gray podzolized soils. Favorable moisture levels and temperature in the sowing layer of the soil created optimal conditions for initial growth. Field germination rates varied from 70% to 73.5% in 2023, and from 74.7% to 78.6% in 2024.

Keywords: field germination, sainfoin, variety.

Постановка проблеми. Забезпечення населення продуктами харчування – ключова проблема сучасності. Її вирішення пов'язане з розвитком агропромислового комплексу та збільшенням виробництва продуктів тваринництва, що є важливою складовою харчового раціону.

Сталий розвиток тваринництва залежить від якісної кормової бази, зокрема високопродуктивних травостоїв, що забезпечують худобу кормами для підвищення її продуктивності [4, с. 32–35].

Збільшення виробництва кормів можливе за використання багаторічних бобових трав із впровадженням сучасних технологій. Це забезпечує оптимальне використання природно-кліматичних умов та максимальну реалізацію продуктивного потенціалу культур.

Кліматичні зміни вимагають удосконалення технологій вирощування багаторічних трав для підвищення ефективності кормовиробництва [1, с. 50–53].

Серед багаторічних бобових трав особливу увагу привертає посухостійка культура – еспарцет (*Onobrychis*). Дослідження цієї культури у нових регіональних умовах пов'язане із вивченням формування повноцінного травостою.

Ефективність вирощування еспарцету залежить від польової схожості насіння, яка визначається його якістю, підготовкою до сівби та умовами вирощування. Низька схожість погіршує формування агрофітоценозу, призводячи до нерівномірного розвитку рослин. Дружність сходів сприяє високій урожайності та полегшує догляд за посівами. Елементи технології вирощування, гідротермічний режим у період «сівба – сходи» впливають на густоту посівів і виживаність рослин. Отже, польова схожість насіння є основним фактором, що визначає врожайність і ефективність агрономічних заходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Еспарцет – багаторічна трав'яниста рослина родини бобових (*Fabaceae*) із коротким періодом вегетації та високою зимостійкістю. Рослина належить до ярого типу розвитку: на другий рік життя вона швидко відростає та утворює два укоси за сезон. За кормовими властивостями еспарцет не поступається люцерні й конюшині. Особливою перевагою є те, що зелена маса еспарцету не викликає тимпанії у жуйних тварин [5, с. 751–753].

Ріст і розвиток рослин еспарцету – предмет численних досліджень, які демонструють суттєвий вплив сортових особливостей на здатність культури до адаптації та продуктивності в різних умовах вирощування. У науковій літературі визначено основні фактори, що впливають на продуктивність, та розроблено рекомендації для оптимізації вирощування культури [1, с. 52–53].

Зелена маса еспарцету у фазі бутонізації – початку цвітіння – є цінною сировиною для виробництва кормів (сіна, гранульованого корму, трав'яного борошна тощо). У цей період культура зберігає високу врожайність, а вміст сирого протеїну в зеленій масі становить у середньому 17–18 % [9, с. 185–186].

Еспарцет має велике агротехнічне значення, оскільки поліпшує фізичні властивості ґрунту і залишає з кореневими та післяжнивними рештками близько 100–120 кг/га азоту [5, с. 751–752].

Еспарцет можна використовувати для біологічного очищення ґрунту. Зокрема його вирощування впродовж двох років зменшує коефіцієнт концентрації свинцю у ґрунті на 74,8 %, кадмію – на 96,5 %, міді – на 11,9 %, цинку – на 67,5 %. Сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами зменшується на 2,11. За чотирирічного терміну вирощування цей показник знижується до 4,00 [7, с. 215–217].

Поширення еспарцету залежить від створення високоврожайних, якісних і адаптованих сортів. Правильний вибір сортів є ключовим для підвищення врожайності та стійкості до несприятливих умов [2, с. 296–297].

Еспарцет також є чудовим медоносом, який ефективно запилюється бджолами, забезпечуючи стабільний урожай насіння [6, с. 35].

Попри численні переваги, технологічні аспекти вирощування еспарцету в умовах Західного Лісостепу України досліджені недостатньо. Вивчення цієї проблеми в контексті глобальних змін клімату має важливе наукове та практичне значення для підвищення родючості ґрунтів і продуктивності агрофітоценозів. Одним із ключових нерозкритих резервів підвищення врожайності культури є польова схожість насіння, оскільки високі показники лабораторної схожості не завжди забезпечують дружні та повні сходи в польових умовах.

Постановка завдання. Однією з багаторічних бобових трав, яка може успішно конкурувати з люцерною при вирощуванні в зоні Лісостепу України, є еспарцет. Наше завдання – встановити польову схожість насіння та густоту травостою еспарцету залежно від сорту.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили впродовж 2023–2024 років у Львівському національному університеті природокористування. Ґрунт дослідних ділянок – темно-сірий опідзолений. Вміст гумусу – 2,3 %. Вміст азоту – 112, рухомого фосфору – 128, обмінного калію – 110 мг/кг ґрунту. рН сольове – 6,1.

Погодні умови відрізнялися від середньобогаторічних значень і сприяли росту, розвитку та формуванню листостеблової маси багаторічних бобових трав.

Агротехніка вирощування еспарцету була загальноприйнята для умов Західного Лісостепу.

Попередник – озима пшениця. Сівбу проводили в оптимальні строки, рядковим, безпокровним способом. Норма висіву – 4 млн схожих насінин/га. Висівали сорти: Смарагд, Вегас, Арсей.

Мінеральні добрива ($N_{30}P_{60}K_{60}$) вносили у вигляді суперфосфату простого гранульованого (19,5 %), калійної солі (40 %) та аміачної селітри (34,4 %) під передпосівну культивуацію.

На ранніх етапах органогенезу, у фазі трьох–чотирьох пар справжніх листочків для контролю однорічних дводольних бур'янів застосовували Базагран, в.р., 2 л/га, а для боротьби зі злаковими та дводольними бур'янами – Пульсар 40, в.р.к., 0,7 л/га, що забезпечило значне зменшення кількості бур'янів (до 95 %).

Повторюваність триразова, розміщення ділянок – послідовне. Розмір посівної ділянки (загальної) – 50 м², облікової – 30 м².

Упродовж вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин еспарцету. Початок фази фіксували за настання її у 10–15 %, а повну – у 79–75 % рослин.

Статистичну обробку результатів дослідів виконували методом дисперсійного аналізу із використанням комп'ютерних програм. Вивчали польову схожість сортів еспарцету залежно від сорту (табл.).

Схожість насіння – важливий показник його посівних якостей, оскільки визначає здатність проростати в польових умовах. Це відіграє ключову роль у формуванні оптимальної густоти рослин і безпосередньо впливає на врожайність культури.

За весняного посіву та сприятливого зволоження ґрунту у 2023 і 2024 роках еспарцет демонстрував стабільний ріст і розвиток протягом вегетаційного періоду. Це стало можливим завдяки відносно високій схожості насіння, що забезпечило сприятливі умови для розвитку культури.

Встановлено, що польова схожість еспарцету змінювалася залежно від року і значною мірою визначалася сортовими особливостями рослини.

У 2023 році найвищу польову схожість еспарцету продемонстрував сорт Смарагд (73,5 %), тоді як найнижчий показник був у сорту Арсей (70,0 %). Сорт Вегас перевершував Арсей за показником схожості на 0,5 %.

У 2024 році показники польової схожості еспарцету також відрізнялися залежно від сорту. Найвищу схожість зафіксовано у сорту Смарагд (78,6 %), а найнижчу – в сорту Арсей (74,7 %). Польова схожість сорту Вегас становила 75,3 %, що було на 0,6 % більше, ніж у сорту Арсей, але на 3,3 % менше, ніж у сорту Смарагд.

Таблиця

Польова схожість насіння еспарцету залежно від сорту

Варіант дослідів	На 1 м ²		Польова схожість,%	± до контролю
	посіяно насінин	густина стояння рослин, шт. (повні сходи)		
2023 р.				
Смарагд	400	294	73,5	-
Вегас	400	282	70,5	-3,0
Арсей	400	280	70,0	-3,5
Нір ₀₅	-	11	2,8	
2024 р.				
Смарагд	400	314	78,6	-
Вегас	400	301	75,3	-3,3
Арсей	400	299	74,7	-3,9
Нір ₀₅	-	12	3,3	

Розбіжність показників польової схожості відносно контролю у 2023 і 2024 роках для сорту Вегас становила 3,0 % та 3,3 % відповідно, а для сорту Арсей – 3,5 % та 3,9 %. Ці значення перевищують межі НІР₀₅, що свідчить про статистично значущі відмінності між показниками.

У Західному Лісостепу України на темно-сірих опідзолених ґрунтах на мінливість показників польової схожості насіння еспарцету впливали також погодні умови під час його проростання. Найсприятливіші умови для польової схожості на початкових етапах вегетації еспарцету склалися у 2024 році. Показники польової схожості для 2023 року коливалися в межах 70–73,5 %, тоді як у 2024 році вони становили 74,7–78,6 %.

У середньому за два роки досліджень сорт Смарагд демонстрував вищу схожість (76,2 %) порівняно із сортами Вегас (72,9 %) і Арсей (72,4 %) (рис. 1). Це свідчить про кращу адаптацію та стабільність сорту Смарагд у польових умовах, що може бути важливим фактором для його вибору в умовах практичного використання.

Одним із ключових показників продуктивності є густина рослин, яка визначається як умовами середовища, так і технологічними прийомами. Густина рослин впливає не тільки на структуру надземної частини, а й на розвиток кореневої

системи. Тому посіви, в яких оптимізовано кількість та рівномірність розподілу рослин і стебел, створюють сприятливіші умови для живлення з ґрунту, доступу до світла та повітря [3, с. 18–20].

Проблема формування високопродуктивних посівів насамперед пов'язана з необхідністю створення на полі оптимальної щільності стеблостою. Тобто кількість рослин на одиниці площі має бути такою, щоб забезпечити повне змикання рослин, що дозволяє максимально ефективно використовувати площу для живлення та освітлену поверхню листків. Такий підхід сприяє найвищій продуктивності фотосинтезу та досягненню максимальної врожайності в умовах конкретного середовища.

Ми експериментально довели, що кількість рослин на 1 м² залежала передусім від польової схожості насіння.

Густина стояння рослин сорту Арсей була нижчою порівняно з іншими сортами, варіюючи від 280 шт./м² у 2023 році до 299 шт./м² у 2024 році. Значно вищими показниками густоти стояння рослин відзначалися сорти Смарагд та Вегас протягом двох років досліджень. Ці сорти забезпечували більш щільне розміщення рослин на одиниці площі, що сприяло кращому використанню ресурсів для росту та розвитку.

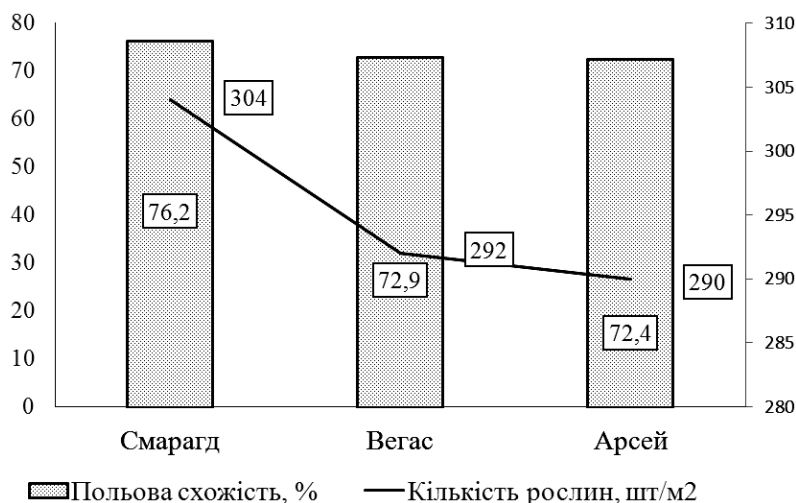


Рис. Польова схожість та кількість рослин еспарцету на 1 м² залежно від сорту (середнє за 2023–2024 рр.)

За однакової норми висіву насіння (4 млн шт./га) і найвищої польової схожості (76,2 %) еспарцету сорту Смарагд була досягнута вища кількість рослин, що становила в середньому за два роки 304 шт./м² (рис.). У варіанті, де вирощували сорт Вегас, кількість схожих насінин становила 292 шт./м². Вирощування сорту Арсей

знизило кількість схожих насінин на 14 шт./м² порівняно з контролем.

Отже, густина рослин еспарцету у фазі сходів залежала від рівня польової схожості і зменшувалась у сортів Вегас та Арсей порівняно з контролем, що пов'язано зі зниженням польової схожості.

Висновки. Польова схожість насіння в Західному Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому ґрунті значною мірою визначається гідротермічними умовами року та характеристиками сорту. Найвищий показник польової схожості (76,1 %) продемонстрував сорт Смарагд.

Густота стояння рослин безпосередньо залежить від польової схожості насіння. За однакової норми висіву сорт Смарагд забезпечує найбільшу густоту стояння рослин у фазі сходів (304 шт./м²).

Перспективи подальших досліджень полягають в удосконаленні технологій вирощування еспарцету з метою вирішення проблеми кормів та рослинного білка.

Бібліографічний список

1. Гетман Н. Я., Векленко Ю. А. Кормова продуктивність еспарцету піщаного в умовах Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2019. Вип. 88. С. 50–55.
2. Григор'єва О. М., Алмаєва Т. М., Умрихін Н. Л. Урожайність еспарцету піщаного (*Onobrychis asenaria* L.) в умовах правобережного Степу України. *Зернові культури*. 2021. Т. 5, № 2. С. 295–301. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0188>
3. Демидась Г. І., Лихошерст Е. С., Свистунова І. В. Еспарцет – перспективна культура в кормовиробництві. *Науковий вісник НУБіП України*. Серія: Агрономія. 2017. Вип. 269. С. 17–23.
4. Маткевич В. Т., Резніченко В. П., Коломєць Л. В. Продуктивність і якість кормових культур залежно від умов вирощування в північному Степу України. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2004. С. 32–35.
5. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. *Рослинництво*. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн., додатковий випуск. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 808 с. <https://doi.org/10.31073/roslynnytstvo5vydannya>
6. Сніговий В., Яворський С. «Еспарцет – цінна кормова і меліоративна культура». *Пропозиція*. 2001. № 7. С. 35.
7. Ткачук О. П. Забруднення ґрунту важкими металами за вирощування бобових багаторічних трав. *Сільське господарство та лісівництво: зб. наук. пр.* 2020. № 16. С. 212–225. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-15.
8. Черенков А. В., Тарасенко О. А., Андрієнко О. О. Формування насінневої продуктивності люцерни та еспарцету першого року життя в умовах Північного Степу України. *Бюлетень Інституту зернових культур НААНУ*. 2009. № 37. С. 50–54.
9. Чернолата Л. П., Лихач С. М., Здор Л. П. Протеїновий комплекс зеленої маси кормових культур. *Корми і кормовиробництво*. 2023. № 96. С. 180–189. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202396-17>

Стаття надійшла 21.01.2025

Розділ 6

ЗАХИСТ РОСЛИН

УДК 635.21:631.526.32:631.26

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНСЕКТИЦИДІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ КАРТОПЛІ ВІД КОЛОРАДСЬКОГО ЖУКА

П. Завірюха, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-1256-4220

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.152>

Завірюха П. Ефективність використання інсектицидів для захисту картоплі від колорадського жука

Досліджено ефективність застосування інсектицидів для захисту посівів картоплі від колорадського жука на дослідному полі кафедри генетики, селекції та захисту рослин Львівського національного університету природокористування (зона західного Лісостепу України) впродовж 2022–2023 років. Використано три препарати: Кораген 20 %, концентрат суспензії, в нормі 60 мл/га, Конфідор Макс 70 %, водорозчинні гранули у нормі 50 г/га, системний інсектицид Актара 25 %, гранули водорозчинні у нормі 60 г/га, контроль – без обприскування інсектицидами. Дослідження проводили на чотирьох сортах картоплі різних груп стиглості, які занесено до Державного реєстру сортів рослин України: Беллароза (ранньостиглий), Водограй (середньоранній), Воля (середньостиглий) та Західна (середньопізній).

Встановлено високу технічну ефективність інсектицидів нового покоління Конфідор Макс 70 % (на рівні 88,2–89,4 %) та Кораген 20 % (78,2–81,2 %) незалежно від сорту картоплі. Згідно із експериментальними даними, рівень урожаю картоплі залежав як від біологічних особливостей конкретного сорту, так і від виду інсектициду, застосованого для захисту посівів від пошкодження колорадським жуком. У середньому за два роки найвищий урожай бульб сформували сорти картоплі за використання системного інсектициду Конфідор макс 70 %, а саме: Беллароза – 29,1 т/га, Водограй – 30,4; Воля – 33,8 та Західна – 30,9 т/га. За використання інсектициду Актара 25 %, в.г. урожайність бульб була значно нижчою: 25,6 т/га (Беллароза), 26,9 (Водограй), 28,6 (Воля) та 27,5 т/га (Західна). При цьому урожай у контрольному варіанті становив відповідно 8,6; 11,5; 12,5 та 11,9 т/га.

Для захисту посівів картоплі від пошкодження колорадським жуком у зоні Західного Лісостепу пропонується застосовувати інсектициди Конфідор Макс 70 % у нормі 50 г/га та Кораген 20 % у нормі 60 мл/га. З метою уникнення можливої резистентності фітофага до цих препаратів пропонується чергувати використання інсектицидів, а також використовувати їх у баковій суміші із рекомендованими фунгіцидами.

Ключові слова: картопля, шкідники, колорадський жук, інсектицидні препарати, захист картоплі, урожай бульб.

Zaviriukha P. Effectiveness of insecticides in protecting potatoes from Colorado potato beetle

During 2022–2023, studies were conducted at the experimental field of the Department of Genetics, Breeding, and Plant Protection of Lviv National Environmental University, located in the Western Forest-Steppe zone of Ukraine. The research focused on evaluating the effectiveness of various insecticides in protecting potato crops from the Colorado potato beetle. Three insecticide preparations were tested: 1. Koragen 20% - a suspension concentrate applied at a rate of 60 ml/ha. 2. Confidor Maxi 70% - water-soluble granules applied at a rate of 50 g/ha. 3. Aktara 25% - water-soluble granules applied at a rate of 60 g/ha. A control group was established with no insecticide application. The research included four potato varieties of different maturity groups, all of which are included in the State Register of Plant Varieties of Ukraine: - Bellarosa (early-ripening) - Vodohrai (mid-early) - Volia (mid-ripening) - Zahidna (mid-late).

The results indicated that the new generation insecticides, Confidor Maxi 70% and Koragen 20%, demonstrated high technical efficiency, with effectiveness ranging from 88.2% to 89.4% for Confidor Maxi and 78.2% to 81.2% for Koragen, regardless of the potato variety. The data showed that the level of potato yield was influenced both by the biological characteristics of each variety and by the specific type of insecticide used. On average, over the two-year study period, the potato varieties treated with the systemic insecticide Confidor Maxi 70% produced the highest tuber yields as follows: - Bellarosa: 29.1 t/ha - Vodohrai: 30.4 t/ha - Volia: 33.8 t/ha - Zahidna: 30.9 t/ha. Conversely, the yields from the use of Aktara 25% were significantly lower: - Bellarosa: 25.6 t/ha - Vodohrai: 26.9 t/ha - Volia: 28.6 t/ha - Zahidna: 27.5 t/ha. For reference, the control group yields were markedly lower at: - Bellarosa: 8.6 t/ha - Vodohrai: 11.5 t/ha - Volia: 12.5 t/ha - Zahidna: 11.9 t/ha.

To protect potato crops from the Colorado potato beetle in the Western Forest-Steppe zone, it is recommended to use Confidor Maxi 70% at a rate of 50 g/ha and Koragen 20% at a rate of 60 ml/ha. To mitigate the potential development of resistance in pests, it is suggested to alternate the use of these insecticides and to apply them in tank mixtures with recommended fungicides.

Keywords: potato, pests, Colorado potato beetle, insecticidal preparations, protection of potatoes, harvest of tubers.

Постановка проблеми. Картопля – найпоширеніша й незамінна продовольча культура в Україні та світі. Харчова цінність картоплі визначається умістом у її бульбах низки поживних речовин, зокрема крохмалю, вітамінів, органічних кислот, білка туберину тощо. Беззаперечно, рівень урожайності картоплі, як і інших сільськогосподарських культур, залежить від низки взаємозв'язаних між собою чинників: родючості ґрунту, метеорологічних умов у період вегетації рослин, елементів агротехніки, тобто технології вирощування, сорту тощо.

Як відомо, ґрунтово-кліматичні умови України загалом сприятливі для вирощування картоплі. Однак рівень урожайності «другого хліба» ще не відповідає потенційними можливостями цієї культури та істотно залежить від поширення та втрат урожаю від хвороб і шкідників. І, беззаперечно, серед останніх переважає колорадський жук. Він здатний знизити урожайність бульб картоплі на 70–80 % і одночасно погіршити їхню якість, оскільки знищує листя і стебла рослин, погіршуючи фотосинтетичну діяльність і синтез вуглеводів та відтік їх у бульби і відкладення у вигляді крохмалю. Тому вивчення засобів контролю за чисельністю колорадського жука на картоплі, а отже, збереження її урожаю, надзвичайно актуальне. Захист посівів картоплі від колорадського жука передусім пов'язаний із хімічними препаратами, тобто із використанням низки інсектицидів нового покоління для обприскування посівів, що є невід'ємною складовою сучасних технологій вирощування картоплі. Окрім того, за вирощування культури нині використовують низку сортів вітчизняної та зарубіжної селекції, які різняться за походженням та групою стиглості. Вони також відрізняються як за господарськими і біологічними ознаками, так і за стійкістю до шкідника, що вимагає ретельного їх вивчення у реальних умовах [14; 17; 32; 36].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Наукові дослідження і практика свідчать, що колорадський жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) – один із основних і небезпечних шкідників картоплі у більшості зон її вирощування [7; 13; 33; 37]. Висока чисельність фітофага зумовлена його біолого-екологічними особливостями: високою

плодючістю (одна самка протягом життя здатна відкласти 400–1200 яєць), швидкою адаптацією до місцевих умов та інтенсивною його міграцією [22; 30; 43]. Шкодочинності колорадського жука сприяють також і незначні площі вирощування сортів картоплі, стійкі до пошкодження цим фітофагом, а також відсутність або обмежене поширення спеціалізованих ентомофагів та ентомопатогенів до вказаного шкідника [16; 21; 44].

Як відомо з біології колорадського жука, його личинки і дорослі особини живляться листям картоплі, і якщо посіви не захистити, вони можуть повністю знищити рослини, і врожайність бульб може становити лише 25–30 % до потенційно можливої, а їхня якість буде досить низькою. Окрім картоплі, колорадський жук також може житися баклажанами, помідорами, перцем та іншими рослинами родини пасльонових (*Solanaceae*). За даними низки наукових досліджень, личинки колорадського жука здатні споживати близько в чотири рази більше листкової маси, ніж дорослі особини, що робить їх особливо небезпечними [25; 29; 35; 40].

Дослідження показали, що колорадський жук особливо шкідливий в ювенільному періоді органогенезу картоплі, що припадає на його VIII–IX етапи, інтенсивне формування рослинами листового апарату та закладаються і формуються бульби [22; 25; 34]. При цьому найбільш шкідлива перша генерація шкідника в період від сходів до бутонізації рослин картоплі. Встановлено, що за чисельності 10 личинок/кущ урожай бульб зменшується на 10–15 %, 15 личинок/кущ – на 50 %, а за 40–50 личинок/кущ – бульби можуть не формуватися взагалі. Тому саме в період бутонізації-цвітіння картоплі особливо важливо обробляти посадки культури хімічними засобами захисту рослин [1; 8; 15; 18; 42] або відповідними біопрепаратами [6; 9; 10; 20; 26] чи застосовувати інтегрований контроль цього фітофага [19; 28; 43].

У стратегії захисту картоплі від пошкодження колорадським жуком важлива роль належить не тільки використовуваному інсектициду, а й сорту. Так, за даними досліджень, найвищий ступінь пошкодження рослин і втрат урожаю бульб у картопляному агроценозі західного Лісостепу України спостерігали на нестійкому до шкідника ранньостиглому сорті Аграрна.

Зокрема за щільності фітофага 33,2 личинок/кущ урожайність бульб картоплі становила лише 9,6 т/га, а за 13,8 личинок/кущ – 14,3 т/га, тобто втрати врожаю від пошкодження рослин колорадським жуком досягли 49,5 %. При цьому найвищий рівень стійкості рослин проти пошкодження шкідником автори спостерігали на середньостиглому сорті картоплі нідерландської селекції Бернадетте [2; 4]

Сьогодні хімічний метод вирощування картоплі – один із найпоширеніших та найефективніших у захисті її посівів від пошкодження колорадським жуком [8; 11; 27; 43]. Широке застосування цього методу у картоплярстві визначається його високою біологічною, економічною, господарською ефективністю, а також доступністю щодо використання широкого спектру сучасних інсектицидів [5; 33; 41].

Вважають, що критерієм для прийняття рішення щодо проведення обприскування посадок картоплі від колорадського жука інсектицидами є економічний поріг його шкідливості (ЕПШ), тобто мінімальна чисельність шкідника, за якої затрати на хімічний захист культури окуповуються ціною збереженого врожаю із рівнем рентабельності не нижче загальновиробничих витрат. ЕПШ визначається чисельністю личинок, дорослих особин і кількістю заселених ними кущів, і цей показник залежить від низки факторів, зокрема від особливостей сорту і гідротермічних умов вегетаційного періоду, на що вказують Т. М. Олійник, І. М. Подберезко, В. С. Коваль [14], М. П. Секун [15; 16], С. О. Трибель [24], С. О. Трибель із співавт. [25], А. Alyokhin [31], А. Alyokhin, M. Baker et al. [32].

Дослідження Ю. В. Бойка [3] із вивчення ефективності сучасних інсектицидів у картопляному агроценозі західного Лісостепу України показали, що найвищого показника ефективності серед досліджуваних препаратів досягнули за передпосадкового застосування інсектицидного протруйника Круїзер 350 FS. Добре контролював чисельність колорадського жука препарат нового покоління Актара 25 %, показник технічної ефективності якого на чутливому сорті картоплі Аграрна становив 86,1–75,2 %, а на стійкому сорті Бернадетте – 94,5–85,8 %. Тобто автор підтвердив низку експериментальних досліджень, що у стратегії захисту картоплі від колорадського жука важливі як біологічні особливості вирощуваного сорту, так і конкретний інсектицид, який використовується для обприскування посівів [16; 23; 24; 38].

Постановка завдання. Останніми роками проблема захисту картоплі від колорадського жука набуває дедалі більшого значення. Вона зумовлена передусім переходом (практично на 95–98 %) вирощування культури із державних в індивідуальні, приватні та фермерські господарства, коли часто порушується агротехніка вирощування картоплі. У результаті це призводить до збільшення частки резистентних до інсектицидів популяцій шкідника. Окрім цього, поява на ринку нових інсектицидів та нових сортів картоплі вимагає внесення відповідних коригувань у технологічні процеси вирощування картоплі. Тому наше завдання – порівняти інсектициди нового покоління, які використовують для обмеження чисельності фітофага за обприскування посівів, а також встановити роль сорту у загальній стратегії захисту картоплі від колорадського жука.

Виклад основного матеріалу. Ефективність інсектицидів із різних класів хімічних сполук визначали впродовж 2022–2023 років. Польові дослідження виконано згідно із вимогами методичного видання «Методика випробування і застосування пестицидів» [12] за відповідною схемою: контроль – без обприскування інсектицидами; Кораген 20 % (хлорантраніліпрол, 200 г/л) – концентрат суспензії у нормі 60 мл/га; Конфідор Макс 70 % (імідаклоприд, 700 г/кг) – водорозчинні гранули у нормі 50 г/га; системний інсектицид Актара 25 % (тіаметоксам, 250 г/кг) – водорозчинні гранули у нормі 60 г/га.

Дослідження проведені на чотирьох сортах картоплі різних груп стиглості, які занесені до Державного реєстру сортів рослин, рекомендованих для поширення в Україні: ранньостиглому Беллароса (Німеччина) та сортах української селекції – середньоранньому Водограй, середньостиглому Воля і середньопізньому Західна.

Обробку рослин картоплі інсектицидами здійснювали ранцевим акумуляторним обприскувачем. Облік чисельності шкідника та ступінь пошкодження ним рослин картоплі проводили до обробки і через 3, 7 і 14 діб після неї. Технічну ефективність препаратів визначали підрахунком личинок і жуків шкідника на десяти кущах у п'яти місцях. Одночасно візуально визначали ступінь пошкодження рослин.

Розрахунок технічної ефективності інсектицидних препаратів проводили за формулою:

$$E_{\partial} = \frac{100 \cdot (A - B)}{A},$$

де $E\delta$ – технічна ефективність, %; A – щільність комах до обробки, екз./рослину; B – щільність комах після обробки, екз./рослину.

Картоплю обприскували з урахуванням рівня економічного порогу шкідливості (ЕПШ) колорадського жука: за чисельності 10–15 личинок першого-другого віків на кущ у фазі бутонізації – початок цвітіння ранніх і середньостиглих сортів або 15–20 – на середньопізніх сортах і понад 10 %-го заселення рослин, як це передбачено уніфікованими методиками (табл. 1).

Ступінь пошкодженості рослин картоплі та оцінку їх стійкості щодо колорадського жука проводили за методиками, розробленими Інститутом захисту рослин Національної академії аграрних наук України [12] із використанням уніфікованої шкали (табл. 2).

Оцінку стійкості досліджуваних сортів до колорадського жука здійснювали безпосередньо у польових умовах – на дослідному полі кафедри ге-

нетики, селекції та захисту рослин Львівського НУП. Ґрунт на дослідному полі – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий. Орний шар ґрунту характерний такими агрохімічними показниками: вміст гумусу 2,75–2,84 %, рН сольової витяжки – 5,8; вміст рухомих форм: азоту (легкогідролізованого) – 98,7 мг/кг, фосфору – 79,4 мг/кг і калію – 121,2 мг/кг повітряно-сухого ґрунту. Агротехніка вирощування картоплі у досліді – загальноприйнята для зони західного Лісостепу України.

Облікова площа дослідної ділянки – 50 м². Площа живлення рослин – 70×35 см. Повторність – триразова. Розміщення дослідних ділянок рендомізоване. Облік урожаю проведений суцільним ваговим методом із подальшим перерахунком урожайності з ділянки на урожай з 1 га. Статистичний аналіз дослідних даних проведений дисперсійним методом.

Таблиця 1

Економічний поріг шкідливості колорадського жука на картоплі [6]

Група стиглості сортів	Фаза розвитку рослин	Погодні умови	ЕПШ
Ранньостиглі і середньоранні	бутонізація – початок цвітіння	суха, жарка	10–12 личинок I-II віків/кущ
		волога, прохолодна	15–20 личинок/кущ
Середньостиглі і середньопізні	масова бутонізація	суха, жарка	15–20 личинок/кущ
		волога, прохолодна	20–25 личинок/кущ

Таблиця 2

Уніфікована шкала оцінки стійкості сортів картоплі за пошкодженістю жуками та личинками колорадського жука [24]

Пошкодженість				Стійкість		
бал за шкалою		пошкоджено листової поверхні, %	ступінь	бал за шкалою		ступінь
6-бальною	10-бальною			6-бальною	10-бальною	
0	0	0–3	не пошкоджені	5	9	високостійкий
1	1	4–10	помітно пошкоджені	4	8	високостійкий
2	2–3	11–25	слабо-пошкоджені	3	6–7	стійкий
3	4–5	26–50	середньо-пошкоджені	2	4–5	середньостійкий
4	6–9	51–75	сильно-пошкоджені	1	2–3	слабостійкий
5	8–9	>75	дуже сильно пошкоджені	0	0–1	нестійкий

Результати досліджень. Як уже наголошували, найбільш ефективним способом сучасного захисту посівів картоплі від пошкодження колорадським жуком є використання різних хімічних препаратів – інсектицидів. Однак через різні їхні структурну будову, тип діючої речовини, інсектициди можуть по-різному впливати на популяцію колорадського жука. Одночасно небезпечним є те, що застосування хімічних препаратів може призвести до негативних екологічних змін у системі картопляного агроценозу. Окрім цього, до природного кругообігу залучаються інші значні кількості хімічних сполук, які накопичуються в агроландшафтах, а також спостерігається виникнення стійкості (резистентності) популяцій колорадського жука до них [17; 38; 39].

Беззаперечно, важливим етапом при плануванні системи захисту картоплі від шкідника є правильний підбір хімічних засобів захисту – інсектицидів. Основним фактором, який визначає правильність підбраного інсектициду, є тривалість його захисної дії на рослині. Це проявляється як у рівні зниження чисельності шкідника, так і в часі,

впродовж якого рослини картоплі захищені від колорадського жука.

Тривалість захисної дії інсектициду безпосередньо впливає на рівень зниження чисельності шкідника на картопляному агроценозі. Вона взаємозалежна із технічною ефективністю пестицидів, тобто що довший період захисної дії інсектициду, то вища його технічна ефективність. Технічна ефективність досліджуваних інсектицидів проти колорадського жука на сортах картоплі різної біологічної стиглості подана у табл. 3.

Згідно із експериментальними даними, високу технічну ефективність проти колорадського жука в середньому за 2022–2023 роки проявив препарат нового покоління Конфідор Макс 70 % (діюча речовина імідаклоприд, 700 г/кг), який використовували в період масового розвитку личинок першого (L_1) та та другого (L_2) віку. Так, технічна ефективність препарату Конфідор Макс 70 % на чутливому до пошкодження колорадським жуком ранньостиглому сорті картоплі Беллароса (Німеччина) навіть на 14-ту добу після обприскування була значною і становила 80,3 %.

Таблиця 3

Технічна ефективність використання різних інсектицидів для захисту картоплі від колорадського жука (у середньому за 2022–2023 рр.)

Сорт	Група стиглості	Ефективність, % через діб обліку		
		3	7	14
Кораген 20 % (хлорантраніліпрол, 200 г/л)				
Беллароса	ранній	84,5	78,2	68,0
Водограй	середньоранній	80,5	79,9	68,7
Воля	середньостиглий	86,1	81,2	69,8
Західна	середньопізній	81,4	78,4	70,1
Сер. по препараті		83,1	79,4	69,1
Конфідор Макс 70 % (імідаклоприд, 700 г/кг)				
Беллароса	ранній	89,4	84,4	80,3
Водограй	середньоранній	87,7	81,7	76,7
Воля	середньостиглий	87,7	84,6	79,4
Західна	середньопізній	88,2	83,6	78,9
Сер. по препараті		88,2	83,5	78,8
Актара 25 % (тіаметоксам, 250 г/кг)				
Беллароса	ранній	82,2	72,0	62,6
Водограй	середньоранній	78,6	69,6	61,0
Воля	середньостиглий	80,3	70,9	63,2
Західна	середньопізній	82,7	73,2	64,9
Сер. по препараті		81,0	71,4	62,9
НІР ₀₅ , %		2,9	2,5	2,2

Високі показники абсолютного значення технічної ефективності виявлено також у варіанті із використанням препарату Кораген 20 % (діюча речовина хлорантраніпрол, 200 г/л), яким обробляли посіви картоплі в період масової яйцекладки – початку відродження личинок. При цьому технічна ефективність його була найвищою на середньостиглому сорті картоплі Воля і становила 86,1 % на третій день після обприскування і 69,8 % – на 14-й день. На середньоранньому сорті Водограй вона була дещо нижчою – відповідно 80,5 і 68,7 %.

Менш ефективним проти колорадського жука виявився інсектицид Актара 25 % (діюча речовина тіаметоксам, 250 г/кг), технічна ефективність якого на 14-ту добу після обробки становила лише 62,6 % на ранньостиглому сорті Беллароса і 61,0 % на середньоранньому сорті Водограй, тобто значної різниці між цими сортами ми не спостерігали. Аналогічне можна відзначити для середньостиглого сорту картоплі Воля – 63,2 % і середньопізнього Західна – 64,9 %.

Згідно з наведеними даними, в середньому по препарату технічна ефективність використання Конфідор Максї 70 % на третю добу після

обприскування посівів досягла 88,2 %, на сьому – 83,5, і на чотирнадцяту – 78,8 %. Тоді як за використання інсектициду Актара 25 % вказані показники були істотно нижчими – відповідно 81,0; 71,4 і 62,9 % за абсолютного значення $НІР_{05}=2,9-2,2$ %.

Облік кінцевої урожайності показав, що ми отримали досить істотну різницю за абсолютним значенням вказаного показника як між досліджуваними сортами картоплі різних груп біологічної стиглості, так і залежність її від виду використаного інсектициду для захисту картоплі від імаго та личинок колорадського жука (табл. 4).

Так, середня врожайність бульб ранньостиглого сорту Беллароса на контролі (без застосування інсектициду проти колорадського жука) була у межах 8,6 т/га. За використання інсектициду Конфідор Максї 70 % можна зберегти 20,5 т/га бульб цього сорту, або 238,3 % загального врожаю на контролі. Високу інсектицидну ефективність проявив також препарат Кораген 20 % – середня врожайність сорту Беллароса досягла 27,2 т/га, або захистом посівів було збережено 18,6 т/га врожаю бульб.

Таблиця 4

Урожайність сортів картоплі за захисту посівів різними інсектицидними препаратами від ушкодження колорадським жуком, 2022–2023 рр.

Варіант досліджу	Урожайність бульб, т/га			До контролю	
	2022	2023	сер.	т/га	%
Беллароса (ранньостиглий)					
Без обприскування (контроль)	7,8	9,4	8,6	–	100,0
Кораген 20 %	26,2	28,2	27,2	18,6	216,2
Конфідор Максї 70 %	27,9	30,4	29,1	20,5	238,3
Актара 25 %	24,9	26,3	25,6	17,0	197,6
<i>Сер. по сорту за обприскування</i>	26,3	28,3	–	–	–
Водограй (середньоранній)					
Без обприскування (контроль)	11,0	12,0	11,5	–	100,0
Кораген 20 %	27,8	29,3	28,6	17,1	148,7
Конфідор Максї 70 %	29,2	31,6	30,4	18,9	164,3
Актара 25 %	26,1	27,8	27,0	15,5	134,7
<i>Сер. по сорту за обприскування</i>	27,7	29,6	–	–	–
Воля (середньостиглий)					
Без обприскування (контроль)	11,9	12,9	12,5	–	100,0
Кораген 20 %	29,9	31,4	30,7	18,2	145,6
Конфідор Максї 70 %	32,1	35,5	33,8	21,3	170,4
Актара 25 %	27,8	29,5	28,6	16,1	128,8
<i>Сер. по сорту за обприскування</i>	29,9	32,1	–	–	–
Західна (середньопізній)					
Без обприскування (контроль)	11,2	12,7	11,9	–	100,0
Кораген 20 %	28,4	29,9	29,2	17,3	145,3
Конфідор Максї 70 %	29,6	32,2	30,9	19,0	159,6
Актара 25 %	26,9	28,1	27,5	15,6	131,0
<i>Сер. по сорту за обприскування</i>	28,3	30,1	–	–	–
$НІР_{05}$, т/га	0,87	1,01	–	–	–

За визначення середньої врожайності бульб у середньораннього сорту картоплі Водограй встановлено, що на контролі (без обприскування) вона утворила лише 11,5 т/га. За використання інсектициду Конфідор Макс 70 % врожайність була найвищою і досягла 30,4 т/га. Тобто захистом посівів від фітофага вказаним препаратом можна зберегти 18,9 т/га бульб цього сорту, або 164,3 % від рівня його загального врожаю у контрольному варіанті. За використання препарату Кораген 20 % середня врожайність бульб сорту Водограй була дещо нижчою і досягла 28,6 т/га, або більше від показників контролю на 17,1 т/га.

Особливо добре реагував на використання інсектицидів проти личинок та імаго колорадського жука середньостиглий сорт картоплі Воля. Так, у середньому за 2022–2023 роки за використання інсектициду Конфідор Макс 70 % його врожайність була найвищою – 33,8 т/га. Отже, захищаючи посіви від пошкодження колорадським жуком, можна зберегти 21,3 т/га врожаю бульб цього сорту, або 170,5 % до його загального рівня на контролі (без обприскування).

Високу інсектицидну ефективність проявив препарат Конфідор Макс 70 % також і на середньопізньому сорті картоплі Західна, хоча за абсолютним значенням його врожайність дещо

поступалася рівню врожаю сорту Воля – 30,9 т/га проти 33,8 т/га, або на 2,9 т/га менше.

Щодо інсектициду Актара 25 %, то його використання на картоплі проти колорадського жука в усіх досліджуваних сортах було достовірно менш ефективне порівняно з іншими інсектицидними препаратами, які ми вивчали, про що свідчать дані табл. 5.

Зокрема середня урожайність бульб картоплі за використання інсектициду Актара 25 % становила 27,1 т/га, тоді як обприскування посівів препаратом Конфідор Макс 70 % дозволило отримати урожай бульб 31,0 т/га, або на 3,9 т/га більше за абсолютного значення найменшої істотної різниці $HP_{05} = 0,87\text{--}1,01$ т/га. Достовірним також був приріст урожаю і за використання препарату Кораген 20 % – 1,8 т/га.

Якщо порівняти рівень урожайності досліджуваних сортів картоплі, то в середньому за 2022–2023 роки найвищий урожай бульб за обприскування посівів інсектицидами забезпечив сорт Воля – 31,0 т/га, або більше від урожайності сорту Беллароса (27,3 т/га) на 3,7 т/га. Практично на рівні була урожайність сортів Водограй – 28,6 т/га, і Західна – 29,2 т/га за абсолютного значення найменшої істотної різниці для сорту 1,12–1,34 т/га.

Таблиця 5

Урожайність різних за стиглістю сортів картоплі (т/га) за захисту посівів інсектицидами від ушкодження колорадським жуком (у середньому за 2022–2023 рр.)

Сорт	Група стиглості	Контроль	Інсектициди			Сер. по сорту за обприскування
			кораген 2 %	конфідор максі 70 %	актара 25 %	
Беллароса	ранній	8,6	27,2	29,1	25,6	27,3
Водограй	сер. ран.	11,5	28,6	30,4	27,0	28,6
Воля	сер. стиг.	12,5	30,7	33,8	28,6	31,0
Західна	сер. пізн.	11,9	29,2	30,9	27,5	29,2
Сер. по препарату		11,1	28,9	31,0	27,1	-
HP_{05} : для препарату = 0,87–1,01 т/га; для сорту = 1,12–1,34 т/га						

Висновки. Рівень урожайності картоплі визначається як біологічними особливостями конкретного сорту, так і типом використовуваного інсектициду для захисту посівів від пошкодження личинками та дорослими особинами колорадського жука. У середньому за два роки (2022–2023) найвищий урожай бульб сформували досліджувані сорти картоплі за використання інсектициду системної дії Конфідор максі 70 % у нормі 50 г/га та інноваційного інсектициду Кораген 20 %, к.с. у нормі 60 мл/га. Пропонується використовувати

вказані інсектициди за вирощування картоплі у зоні західного Лісостепу України. Для уникнення можливої резистентності фітофага до вказаних препаратів пропонується чергувати використання інсектицидів, а також застосовувати їх у баковій суміші із рекомендованими фунгіцидами.

Бібліографічний список

1. Астахов О. О., Ласун О. В. Сучасні методи контролю фітофагів картоплі. *Науковий вісник НУБіП України*. 2021. № 15. С. 90–98.

2. Бойко Ю. В. Колорадський жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) та оцінка стійкості районуваних сортів картоплі щодо пошкодження ним в умовах Західного Лісостепу України. Наук. збірник: *Вісник Стену*. Кіровоград: «КОД». 2010. Вип. 7. С. 154–157.
3. Бойко Ю. В. Особливості внутрішньопопуляційного поліморфізму колорадського жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) та його стійкості до інсектицидів в Західному Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2009. Вип. 13. С. 180–185.
4. Бойко Ю. В., Коханець О. М. Вплив різних за стійкістю сортів картоплі на динаміку шкідливості колорадського жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) в Західному Лісостепу України: матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму, 18–21 вересня 2012 року. Львів, 2012. С. 42–46.
5. Бондарєва Л., Мішук В., Максимчук А. Історія застосування пестицидів проти колорадського жука в Україні. *World Journal*. 2021. Issue 9, № 1. 138142. DOI: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-09-01-026>
6. Бурак О. В., Соколов М. П. Вплив біопрепаратів на чисельність фітофагів картоплі. *Сільське господарство України*. 2020. Вип. 5. С. 34–39.
7. Борзих О. І., Федоренко В. П. Сучасні проблеми фітосанітарного стану агробіоценозів в Україні. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 3–17.
8. Бречко Е. В. Оптимізація застосування інсектицидів у захисті картоплі від колорадського жука. *Агроном*. 2012. № 3 (37). С. 148–151.
9. Горбатюк О. М., Величко І. В. Стратегії біологічного контролю фітофагів. *Вісник екології*. 2022. Т. 40. № 3. С. 78–85.
10. Дудар І., Дудар О., Корпіта Г. Ефективність інсектицидів у боротьбі з колорадським жуком. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2020. № 24. С. 172–175.
11. Мельничук Ф., Алексєєва С., Гордієнко О., Мельничук Л. Ефективність інсектицидів проти основних фітофагів картоплі за дощування та краплинного зрошення. *Біологічні системи: теорія та інновації*. 2020. Том 11, № 3. С. 92–105.
12. Методики випробування і застосування пестицидів / С. О. Трибель, Д. Д. Сігарьова, М. П. Секун, О. О. Іващенко та ін., за ред. проф. С. О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.
13. Клименко Л. М. Методи контролю чисельності фітофагів картоплі. *Вісник сільського господарства*. 2022. Вип. 6. С. 40–48.
14. Олійник Т. М., Подберезко І. М., Коваль В. С. Оцінка сортів картоплі на польову стійкість проти колорадського жука. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 306–315.
15. Секун М. П. Проблеми комплексного використання пестицидів у захисті рослин. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 10. С. 24–25.
16. Секун М. П., Кошевська Н. М. Роль сортових особливостей кормової рослини у чутливості фітофагів до інсектицидів. *Захист і карантин рослин*. 2001. Вип. 47. С. 94–106.
17. Секун М. П., Манько О. В. Резистентність шкідливих членистоногих до сучасних інсектоакарицидів та шляхи формування резистентних популяцій. *Інтегрований захист рослин на початку XXI століття*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Київ: Колообіг, 2004. С. 294–298.
18. Сергієнко В. Г., Шита О. В. Застосування хімічних та біологічних препаратів в системі захисту картоплі від шкідників. *Карантин і захист рослин*. 2013. № 10. С. 12–15.
19. Ситник Т. Л., Чумак В. І. Інтегрований контроль фітофагів картоплі: сучасні підходи. *Аграрна економіка*. 2020. Т. 42, № 3. С. 30–45.
20. Соломійчук М. П., Кордулян Ю. В. Використання систем біологічного захисту картоплі від колорадського жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) і фітофторозу (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary). *Захист і карантин рослин*. 2018. Вип. 64. С. 208–218.
21. Ткаленко Г. М. Біологічний захист картоплі від колорадського жука. *Овочі та фрукти*. 2021. № 8. С. 12–18.
22. Трибель С. О., Король Т. С. Колорадський жук. Київ: Світ, 2001. 31 с.
23. Трибель С. О. Стійкі сорти: проблеми і перспективи. *Карантин і захист рослин*. 2005. № 6. С. 3–5.
24. Трибель С. О., Гетьман М. В., Грикун О. А та ін. Стійкі сорти – радикальне вирішення проблеми захисту рослин. *Захист і карантин рослин*, 2006. Вип. 52. С. 71–89.
25. Трибель С. О. Знову про колорадського жука. *Карантин і захист рослин*. 2008. № 8 (146). С. 2–4.
26. Хаблак С. Біопрепарати для захисту рослин від шкідників. *Агроном*. 2024. № 4. С. 56–58.
27. Шита О. В. Захист картоплі від основних хвороб та шкідників. *Карантин і захист рослин*. 2019. № 1–2 (253). С. 18–20.
28. Шита О. В. Захист картоплі від основних шкідників і хвороб. *Агроном*. 2020. № 4. С. 18–20.
29. Шита О. В., Вергелес П. М., Цуркан Р. П. Колорадський жук на посадках картоплі й контроль його чисельності в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 34. С. 84–91.
30. Чабасєва А. К. Вибір стратегій контролю фітофагів у картоплярстві. *Вісник агрономії*. 2021. Вип. 10. С. 81–90.
31. Alyokhin A. Colorado potato beetle management on potatoes: Current challenges and future prospects. *Fruit Veg. Cereal Sci. Biotechnol.* 2009. № 3. P. 10–19.
32. Alyokhin A., Baker M., Mota-Sanchez D., Dively G., Grafius E. Colorado Potato Beetle Resistance to Insecticides. *American Journal of Potato Research*. 2008. № 85 (6). P. 395–413.
33. Burand J. P., Hunter W. B. RNAi: Future in insect management. *J. Invertebr. Pathol.* 2013. № 112. P. 68–74.

34. Cong W. A. N. G., Han X. U., Pan X. B. Management of Colorado potato beetle in invasive frontier areas. *J. Integr. Agric.* 2020. № 19. C. 360–366.
35. Crossley Michael S., Rondon Silvia I., Schoville Sean D. Effects of contemporary agricultural land cover on Colorado potato beetle genetic differentiation in the Columbia Basin and Central Sands. *Ecology and Evolution*. 2019. № 9 (16).
36. Kliot Adi, Ghanim Murad. Fitness costs associated with insecticide resistance. *Pest Management Science*. 2012. № 68 (11). P. 1431–1437.
37. *Leptinotarsa decemlineata*, Colorado Potato Beetle: Synonyms. *Encyclopedia of Life*, 2017.
38. Lorenzen J. H., Balbyshev N. F., Lafta A. M., Casper H., Tian X., Sagredo B. Resistant potato selections contain leptine and inhibit development of the Colorado potato beetle (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *J. Econ. Entomol.* 2001. № 94. P. 1260–1267.
39. Maharijaya A., Vosman B. Managing the Colorado potato beetle; the need for resistance breeding. *Euphytica*. 2015. № 204. P. 487–501.
40. Oerke E. C. Crop losses to pests. *J. Agric. Sci.* 2006. № 144. P. 31–43.
41. Radcliffe E. B., Lagnaoui A. Pests and Diseases. In: Vreugdenhil D., Bradshaw J., Gebhardt C., Govers F., Taylor M. A., MacKerron D. K., Ross H. A., editors. *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives. 1st ed. Elsevier; Oxford, UK*. 2007. P. 545–554.
42. Thomas Ford. Protect Potato Yields by Managing Colorado Potato Beetles. *Pennsylvania State University*. June 4, 2024. P. 1–4.
43. Weber D. Colorado beetle: pest on the move. *Pesticide Outlook*. 2003. № 14 (6). P. 256–259.
44. Weber D. C., Rowley D. L., Greenstone M. H., Athanas M. M. Prey preference and host suitability of the predatory and parasitoid carabid beetle, *Lebia grandis*, for several species of *Leptinotarsa* beetles. *Journal of Insect Science*. 2006. № 6 (9). P. 1–14.

Стаття надійшла 18.02.2025

УДК 632.7:634.4

ШКІДЛИВИЙ ЕНТОМОКОМПЛЕКС ЯБЛУНЕВОГО САДУ**Голячук Ю., к. б. н.**

ORCID ID: 0000-0002-2890-164X

Косилович Г., к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-5908-3312

Гулько Б., к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-5915-9564

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.161>**Голячук Ю., Косилович Г., Гулько Б. Шкідливий ентомокомплекс яблуневого саду**

Яблуня є основною плодовою культурою на території України. Незважаючи на поступові скорочення площ під плодоносними садами яблуні, валові збори плодів зростають через збільшення врожайності культури. Цьому сприяють сучасні технології вирощування яблуні. Проте садові насадження є сприятливим середовищем для розвитку шкідливих організмів на культурі через довготривале монокультурне її вирощування. Для обмеження втрат від шкідників застосовують інтегровані системи захисту, основою яких є фітосанітарний моніторинг стану насаджень. Встановлено видовий склад шкідників плодоносних насаджень яблуні в Навчально-науковому центрі Львівського національного університету природокористування в 2023–2024 рр. У результаті моніторингу встановлено переважання у структурі шкідників представників комах із рядів *Homoptera* та *Lepidoptera*. У період розпускання бруньок шкоди в яблуневому саду завдавали імаго яблуневого квіткоїда, букарки, сірого брунькового довгоносика. У фазу цвітіння найшкідливішим був яблуневий квіткоїд, личинки якого знищували вміст бутонів, призводячи до прямих утрат урожаю культури. У період розвитку плодів найчисельнішими були попелиці, зокрема зелена яблунева, заселеність якою 2024 року подекуди досягала 85 % молодих пагонів. Значного поширення набула й кров'яна попелиця, колонії якої траплялися навіть на поверхні й усередині плодів яблуні. Із листогризухих лускокрилих найпоширенішою виявилася плодова чохликова міль. Серед карпофагів виявляли яблуневого плодового пильщика і яблуневу плодожерку, але заселеність плодів яблуні їхніми личинками була незначною.

Ключові слова: плодови культури, структура плодів насаджень, сисні шкідники, листогризучі шкідники, карпофаги, фітосанітарний моніторинг.

Holiachuk Yu., Kosylovych H., Hulko B. Harmful entomocomplex of the apple orchard

The apple tree is the main fruit crop cultivated in Ukraine. Despite the gradual reduction in the area of fruit-bearing apple orchards, the gross yield of apples is increasing due to the rising productivity of the crop. This is facilitated by modern apple cultivation technologies. However, orchard plantations create a favorable environment for the development of harmful organisms due to the long-term monoculture cultivation of apple trees. To reduce pest-related losses, integrated pest management systems are used, with phytosanitary monitoring of orchard conditions serving as their foundation. The aim of this research was to determine the species composition of pests in fruit-bearing apple orchards at the Educational and Scientific Centre of Lviv National Environmental University in 2023–2024. Monitoring results revealed a predominance of insect pests from the orders *Homoptera* and *Lepidoptera*. During the budburst stage, adult apple blossom weevils, bud weevils, and apple leaf cutters caused damage to the apple orchard. During the flowering phase, the most harmful pest was the apple blossom weevil, whose larvae destroyed bud contents, leading to direct crop losses. During the fruit development stage, aphids were the most numerous, especially the green apple aphid, whose infestation levels in 2024 reached up to 85% of young shoots of some trees. The woolly apple aphid also became widespread, with colonies found even on the surface and inside the fruits. Among the leaf-chewing *Lepidoptera*, the most widespread species was the grey fruit-tree case moth. Among carpophagous pests, the apple fruit sawfly and codling moth were detected, although the infestation of apple fruits by their larvae was insignificant.

Keywords: fruit crops, orchard structure, sucking pests, leaf-chewing pests, carpophages, phytosanitary monitoring.

Постановка проблеми. Садівництво – важлива галузь аграрного сектору України, оскільки забезпечує потреби населення плодами, що містять комплекс необхідних макро-, мікроелементів і вітамінів, а відтак є важливим компонентом раціонального харчування людини. Основ-

ною плодовою культурою в Україні є яблуня [8], частка якої у структурі плодів насаджень перевищує 50 %.

Садові насадження є сприятливим середовищем для розвитку шкідливих організмів на яблуні через довготривале монокультурне її вирощування.

Для обмеження втрат від шкідників застосовують інтегровані системи захисту, основою яких є фітосанітарний моніторинг стану насаджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Садівництво в Україні до 90-х років XX ст. було одним із основних джерел поповнення бюджету країни. Проте спостерігалася тенденція зменшення площ під плодовими культурами, яка збереглася й на сьогодні.

За даними Державної служби статистики України [4; 5], площі під плодовими насадженнями упродовж 1990–2023 рр. зазнали суттєвих змін.

Так, якщо в 1990 р. під плодоносними садами було зайнято 658,2 тис. га, зокрема під зернятковими культурами – 450,7 тис. га, то до 2000 р. площа скоротилася в 1,8 рази і становила 357,8 тис. га і 248,1 тис. га, відповідно (рис. 1). До 2010 р. тенденція скорочення площ під плодовими культурами загалом збереглася, проте під зернятковими культурами воно зросло удвічі. Згодом спостерігали щорічне зменшення площ під плодовими культурами, і, зокрема, зернятковими породами: до 149,8 тис. га і 87,4 тис. га, відповідно, у 2023 р. При цьому частка яблуні у структурі плодівих культур упродовж 2000–2023 рр. становила 49,5–63,6 %.

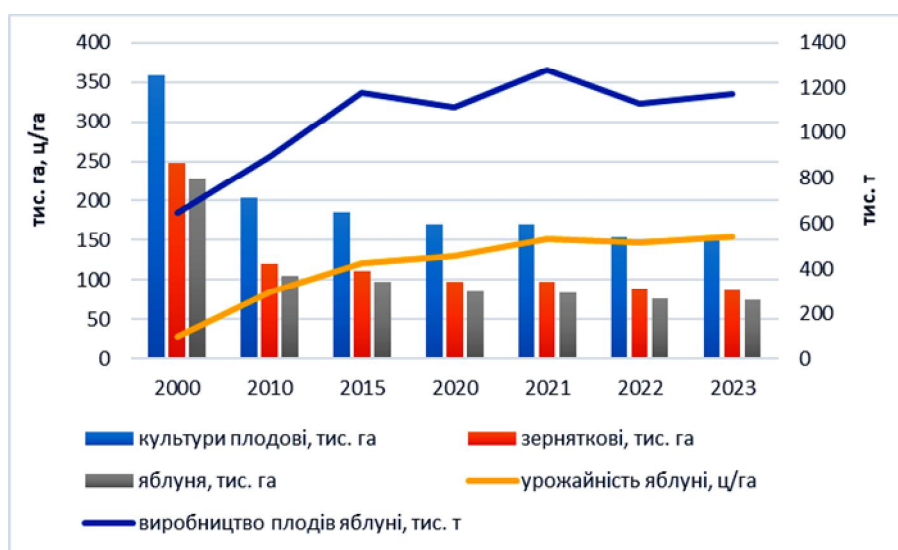


Рис. 1. Динаміка вирощування плодівих насаджень в Україні (за даними Державної служби статистики України)

Причинами зменшення площ під плодовими насадженнями в Україні науковці називають перебудову системи землекористування, глобальні зміни клімату, відсутність матеріально-технічного забезпечення, високу трудомісткість виробництва тощо [1; 8]. Із 2014 р. на площі плодоносних садів вплинула війна з російською федерацією, що перейшла в повномасштабну фазу в 2022 р. [2].

Незважаючи на загальні тенденції зменшення площ під плодовими культурами і зокрема яблунею, виробництво її плодів стрімко зросло і в 2021 р. досягло максимуму в 1278,9 тис. т (рис. 1). Причиною збільшення валових зборів на тлі зменшення площ вирощування культури є впровадження сучасних технологій виробництва [3].

Особливістю плодоносних садів загалом і яблуні зокрема є вирощування в довготривалій монокультурі, що спричиняє складну фітосанітарну ситуацію [1; 8; 9]. Варто зазначити, що природно-кліматичні умови сприятливі не лише

для вирощування яблуні, а й для розвитку шкідників і хвороб культури [2].

Плодовий сад є чи не рекордсменом за кількістю шкідників – понад 400 видів, із яких домінують комахи [1; 7]. Фітофаги, залежно від виду, живляться різними органами дерев яблуні. Виділяють шкідників бруньок і бутонів, листків, зав'язей і плодів, пагонів, скелетних гілок і штампів, коренів [1; 2]. Багатий видовий склад шкідників спричинює значні збитки господарствам, що займаються садівництвом, зокрема вирощуванням яблуні [1; 2; 7; 8].

Захист саду від шкідливих об'єктів потребує постійного моніторингу фітосанітарного стану, який є основою інтегрованого захисту рослин.

Постановка завдання. Оскільки ефективні системи захисту яблуневого саду мають базуватися на чіткому розумінні фітосанітарної ситуації, визначали видовий склад шкідників у плодоносних

насадженнях яблуні Навчально-наукового центру Львівського національного університету природокористування (ННЦ ЛНУП) впродовж 2023–2024 рр.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили на сортах яблуні Флоріна, Пінова, Лігол, Райка, Луна, Ред Чіф, 12-річного віку, із веретеноподібною кроною, які вирощуються за типовою для регіону технологією. Схема посадки: 4,5×2,5 м.

Обліки заселеності й пошкодженості яблуні шкідниками проводили за загальноприйнятими методиками [6]. Упродовж 2023–2024 рр. було проведено по п'ять обліків, починаючи від фази розпускання бруньок до фази початку дозрівання плодів.

Видовий склад шкідників яблуневого складу змінювався залежно від фази розвитку культури. Підсумовуючи проведені за два роки досліджень обліки, переважаючі частки серед виявлених шкідників мали представники рядів комах *Homoptera*, або Рівнокрилі, та *Lepidoptera*, або Лускокрилі (рис. 2).

У період розпускання бруньок у яблуневому саду виявляли імаго яблуневого квіткоїда (*Anthonomus pomorum* L.), сірого брунькового довгоносика (*Sciaphobus squalidus* Gyllenhal) та букарки (*Neosoenorrhinus pauxillus* (Germar)). Їхня чисельність становила 15,6 екз./дерево, 8,4 і 3,8 екз./дерево, відповідно. Шкідливість видів полягає в пошкодженні бруньок. При цьому яблуневий квіткоїд також відкладає яйця в бутони яблуні, а букарка – в черешки листків, усередині яких живляться личинки цих шкідників.

У фазу рожевого бутона, крім квіткоїда та букарки, чисельність яких зросла до 21,5 екз./дерево і 5,7 екз./дерево, спостерігали початок розвитку колоній попелиць – 1,2 колонії на 100 листків, та листових гнізд листовійок (розанова – *Archips rosana* (L.) і глодова – *Archips crataegana* (Hübner)) – 2,3 гнізда на 100 розеток листків. Виявляли поодинокі пошкодження листків яблуневою медяницею (*Psylla mali* Schmidberger), на пагонах під час обліків фіксували поодинокі особин несправжньої яблуневої щитівки (*Eulecanium tiliae* L.) (рис. 3).

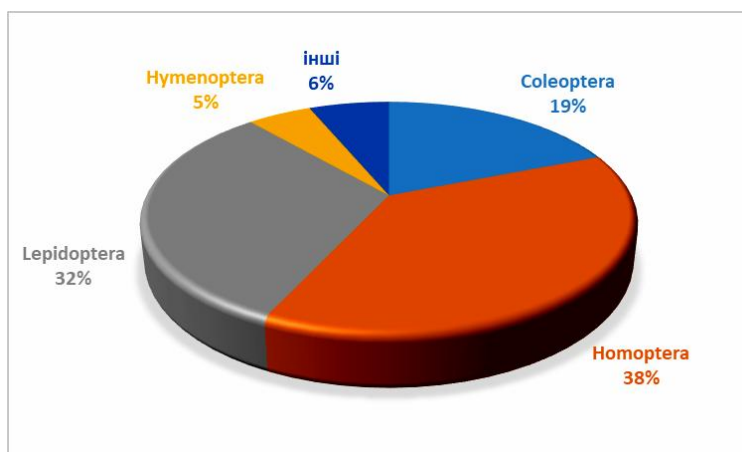


Рис. 2. Структура шкідників яблуні за таксономічною приналежністю (ННЦ ЛНУП, 2023–2024 рр.)



Рис. 3. Сисні шкідники яблуні: а – яблунева несправжня щитівка; б – яблунева медяниця (фото – Ю. Голячук)



Рис. 4. Яблуневий квіткоїд: а – личинка і пошкоджені бутони; б – імаго (фото – Ю. Голячук)



Рис. 5. Попелиці та пошкодження ними яблуні: а – зелена яблунева; б – яблунево-подорожникова; в – червоноголова; г – баштанна (фото – Ю. Голячук)

У фазу повного цвітіння заселеність бутонів яблуні личинками квіткоїда становила 27,5 % (рис. 4), зроста й заселеність попелицями – до 2,5 колоній на 100 листків.

Серед попелиць, що заселяли листки й пагони яблуні, виявляли такі види: зелена яблунева (*Aphis pomi* DeGeer), яблунево-подорожникова (*Dysaphis plantaginea* (Passerini)), червоноголові (рід *Dysaphis* spp.), а також у 2024 р. була визначена баштанна попелиця (*Aphis gossypii* Glover) (рис. 5).

Найчисленнішою серед виявлених видів попелиць була зелена яблунева. Заселеність нею у фазі формування плодів досягала 85 колоній на 100 молодих пагонів у 2024 р., умови якого були

надзвичайно сприятливими для розвитку попелиць. При цьому чисельність колоній перевищувала 100 особин. Заселеність червоноголовими та яблунево-подорожниковою попелицями була меншою і становила до 5,6–9,4 колоній на 100 листків. Але оскільки червоноголові попелиці дають невелику кількість поколінь на рік, а яблунево-подорожникова є мігруючим видом, то під час розвитку плодів яблуні чисельність колоній цих видів поступово зменшувалася.

У період формування плодів спостерігали пошкодження листків імаго й личинками трубочокругів, зокрема букарки (рис. 6). Заселеність листків яблуні личинками становила в межах 3,5 %.

Із року в рік розвивається й поширюється кров'яна попелиця (*Eriosoma lanigerum* Hausmann), яка, на відміну від вищезгаданих видів, заселяє штамби, скелетні гілки та пагони яблуні. У 2024 р. виявили колонії навіть усередині плодів (рис. 7). На окремих деревах чисельність колоній кров'яної попелиці в період достигання плодів досягала 19 шт./дерево.

Серед листогризучих лускокрилих на деревах яблуні виявляли, крім листовійок, плодову чохликову міль (*Coleophora hemerobiella* (Scopoli)), яблуневу горностаєву міль (*Yponomeuta malinella*

Zeller) і п'ядунів (родина *Geometridae*) (рис. 8). Найчисленнішою серед вказаних видів лускокрилих була плодова чохликова міль, заселеність якою становила 10,7 гусениць/дерево.

Серед карпофагів у плодоносному яблуневому саду виявляли пошкодження плодів личинками яблуневого плодового пильщика (*Hoplocampa testudinea* (Klug)) (рис. 9) та гусеницями яблуневої плодожерки (*Cydia pomonella* (L.)), але заселеність плодів цими видами була незначною і становила 1,5 % і 3,6 %, відповідно.



Рис. 6. Букарка: а – листок, пошкоджений личинкою; б – імаго (фото – Ю. Голячук)



Рис. 7. Кров'яна попелиця на яблуні: а – колонії на гілці; б – колонії на поверхні й усередині плоду (фото – Ю. Голячук)

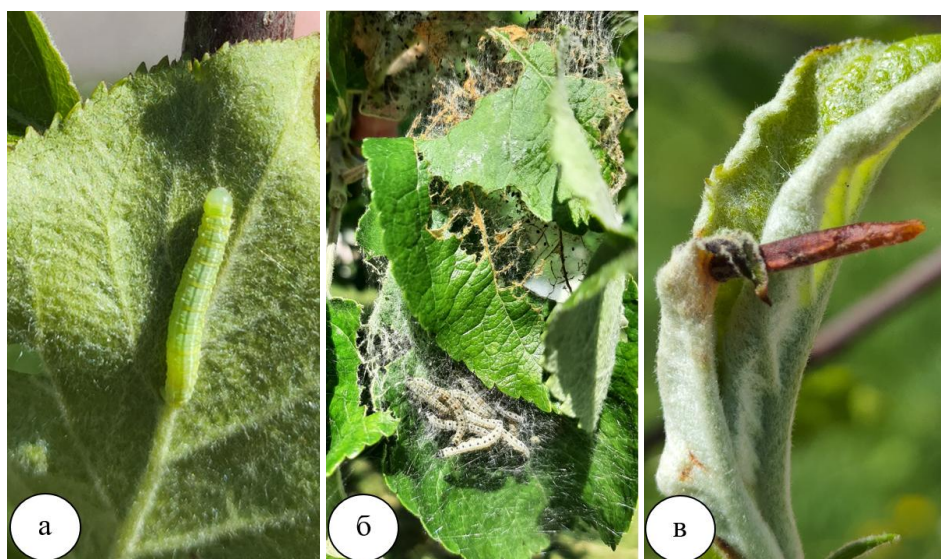


Рис. 8. Листогризучі лускокрилі шкідники яблуні: а – гусениця п'ядуна зимового; б – павутинне гніздо й гусениці яблуневої горностаєвої молі; в – чохлик плодової чохликової молі (фото – Ю. Голячук)



Рис. 9. Пошкодження плодів яблуні личинками яблуневого плодового пильщика (фото Ю. Голячук)

Висновки. У яблуневому плодоносному саду ННЦ Львівського національного університету природокористування в умовах 2023–2024 рр. у структурі шкідливого ентомокомплексу переважали представники рядів *Homoptera* та *Lepidoptera*. Значного розвитку й поширення набули яблуневий квіткоїд, зелена яблунева попелиця, плодова чохликова міль. Значної уваги потребує кров'яна попелиця, яка через специфіку морфології та життєвого циклу є складним об'єктом у захисті рослин. Проведення фітосанітарного моніторингу насаджень яблуні дозволяє ефективно планувати й застосовувати заходи захисту від шкідників.

Бібліографічний список

1. Васильєв С. В. Сисні шкідники яблуні за інтенсивної технології вирощування. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Серія «Фітопатологія та ентомологія». – 2018. № 1–2. С. 16–22. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/19673/1/Vkhna_u_ento_2018_1-2_5.pdf (дата звернення: 16.01.2025).
2. Власова О. Г., Зацеркляна М. Д., Власова М. О., Сердюкова М. М. Моніторинг видового складу і чисельності комах та кліщів на яблуні в Правобережному Лісостепу України. *Фітосанітарна безпека*. 2023. Вип. 69. С. 27–35. <https://doi.org/10.36495/PHSS.2023.69.27-35>
3. Жук В. М., Барабаш Л. О., Кривошапка В. А., Болдижева Л. Д. Ефективність вирощування перспективних сортів яблуні селекції Інституту садівництва НААН в інтенсивних насадженнях. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 2 (827). С. 34–41. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202202-05>
4. Посівні площі сільськогосподарських культур за їх видами. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 16.01.2025).
5. Рослинництво України, 2022. Державна служба статистики України. 2023. 183 с. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/09/zb_rosl_2022.pdf (дата звернення: 16.01.2025).
6. Станкевич С. В., Забродіна І. В., Васильєва Ю. В., Туренко В. П., Кулешов А. В., Білик М. О. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур: навч. посіб. Харків. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. Харків: ФОП Бровін О. В., 2020. 624 с.
7. Туренко В. П. Захист яблуневих насаджень від основних шкідників. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). С. 60–65. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.11>
8. Черній А. М. Проблеми фітосанітарного оздоровлення агроєкосистеми плодового саду. *Захист і карантин рослин*. – 2014. Вип. 60. С. 482–502. URL: <https://zkr.ipp.gov.ua/index.php/journal/issue/view/6/60-pdf> (дата звернення: 16.01.2025).
9. Яковенко Р. В., Дем'янюк О. С., Синенко Д. І., Чепурний В. Г., Лисанюк В. Г. Проблема ґрунтової монокультури яблуні. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 3. С. 121–128. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2023.287826>

Стаття надійшла 20.01.2025

WESTERN CONIFER SEED BUG (*LEPTOGLOSSUS OCCIDENTALIS* H.) – A THREAT TO CONIFER PLANTATIONS IN UKRAINE

M. Stiurko, Candidate of Agricultural Sciences

ORCID ID: 0009-0001-1159-636X

Lviv National Environmental University, Ukraine

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.167>

Stiurko M. Western conifer seed bug (*Leptoglossus occidentalis* H.) – a threat to conifer plantations in Ukraine

Coniferous plants play a vital role in park and forest plantations, both in our country and around the world. However, the areas dedicated to these plants are decreasing each year. They face numerous environmental threats and human activities, such as deforestation, destruction of parks and reserves, and the impact of pests and diseases, all of which diminish their quality. Harmful insects are among the biggest threats to both natural and artificial plantings, as their mass reproduction can lead to significant damage to the flora. Invasive insect species, in particular, pose a serious risk due to their adaptability, rapid reproduction, and ability to invade new territories, which can harm existing plant species.

One such invasive pest is the western conifer seed bug (*Leptoglossus occidentalis*), which was introduced to Eurasia from the Americas. Unfortunately, it is not listed as a harmful organism in Ukraine's quarantine regulations concerning plant health. This pest is atypical for coniferous vegetation in our region, yet it has managed to establish itself across the entire country due to its remarkable adaptability. The western conifer seed bug feeds on more than 40 species of coniferous plants, targeting young and mature cones and causing complete or partial destruction of seeds. Access to high-quality, viable seeds is crucial for establishing young plantations and ensuring the ability of forests to self-renew. A shortage of healthy seedlings can negatively impact the ecological functions of forest and park areas. The aim of our research was to document the presence of the western conifer seed bug in Lviv region and to determine the number of productive generations it has each year. We found that the pest has expanded its habitat and feeding range into the western Forest Steppe of Ukraine, and it had not been previously recorded in Lviv region. Currently, studies on the characteristics and impacts of the western conifer seed bug are insufficient, and there are no established recommendations for measures to prevent its mass proliferation. Therefore, the challenge of protecting and preserving productive coniferous tree plantations remains unresolved.

Keywords: pest, insect, invasive species, damage, western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* H., pine, coniferous plants, forest, biodiversity.

Стюрко М. Сосновий насіннєвий клоп (*Leptoglossus occidentalis* H.) як загроза для хвойних насаджень України

Хвойні рослини – незамінна частина паркових та лісових насаджень нашої країни й усієї планети. Та з кожним роком території під їх розміщенням зменшуються. Вони постійно підлягають впливу різних факторів навколишнього середовища і людської діяльності: вирубка лісів, знищення парків та заповідників, а шкідники і хвороби знижують якість рослин. Виявлено, що шкідливі комахи суттєво впливають на кількість та видовий склад рослин. Вони, мабуть, одні з найбільших ворогів природних і штучних насаджень. Так, у період масового розмноження шкідливих комах пошкодження рослин може становити значну частину насаджень. А інвазійні види комах особливо шкідливі. Інвазійні види відрізняються високою адаптацією та пристосованістю до умов навколишнього середовища та активно розмножуються, захоплюючи нові території й завдаючи шкоди існуючим видам рослин.

Зауважено, що сосновий насіннєвий клоп (*Leptoglossus occidentalis* H.) є інвазійним шкідником, який завезли на континент Євразія з американських континентів. На жаль, він не зарахований до переліку шкідливих організмів України «Про карантин рослин», які становлять загрозу для рослинних насаджень. Це нетиповий шкідник для хвойної рослинності нашої території. Але за рахунок високої здатності до адаптації він уже заселив усю площу країни. Сосновий насіннєвий клоп завдає шкоди більше ніж 40-ка видам хвойних порід рослин. Комаха харчується молодими і зрілими шишками, знищуючи повністю або частково насіння. Отримання якісного, повноцінного насіння є важливою складовою у створенні молодих насаджень та самовідновлювальній здатності лісів. Неотримання одночасних і повноцінних сходів негативно впливає на опірну функцію лісових і паркових масивів. Метою наших досліджень було зафіксувати наявність соснового насіннєвого клопа на території Львівської області та визначити кількість продуктивних поколінь, які комаха дає за рік. Встановлено, що шкідник розширив свій ареал проживання та харчування до західного Лісостепу України. У Львівській області сосновий насіннєвий клоп не фіксували раніше. Сьогодні вивчення особливостей та характеру шкодочинності комахі недостатні. З огляду на це немає рекомендацій щодо заходів захисту для запобігання масового розмноження шкідника. Тому проблема захисту й збереження продуктивних насаджень хвойних порід дерев залишається невирешеною.

Ключові слова: шкідник, комаха, інвазивний вид, пошкодження, сосновий насіннєвий клоп, *Leptoglossus occidentalis* H., сосна, хвойні рослини, ліс, біорізноманіття.

Problem statement. Parks and forests are constantly exposed to various environmental factors, which in turn lead to significant reductions in the areas they cover: people cut down forests, parks, and nature reserve areas of our country, while pests and diseases reduce the quality of plants. This negatively affects the biodiversity of natural ecosystems, leading to a direct reduction in biodiversity. Harmful insects are a significant factor affecting the number and species composition of plants; they are among the biggest enemies of both natural and artificial plantings. During periods of mass reproduction of harmful insects, plant damage can account for a large percentage of the total volume of plantings. Invasive insect species are particularly harmful, as native plants are not adapted to these pests, and people lack experience in combating them when protecting plantations [8].

Analysis of recent research and publications.

An invasive species is an alien species of plants or animals that was introduced to a given area accidentally or intentionally, has adapted to environmental conditions, and actively reproduces, capturing new territories and causing harm to existing native species [3; 12]. To date, no more than 40 % of the planet's natural ecosystems have survived as a result of the spread of species recognized as invasive. The biodiversity of ecosystems is declining, and natural, typical plant species for each region are being lost [5].

Neighboring countries within the European Union have established regulations to prevent and manage the introduction and spread of invasive alien species, which includes a designated list of such species [19]. Our country is actively monitoring harmful organisms [18]. At the state level, there exists an approved list of regulated pests that comprises over 200 species [13]. Unfortunately, there is currently no legislative framework addressing invasive harmful insects that significantly impact plants and the overall biodiversity of Ukraine.

In recent decades, Ukraine has witnessed the emergence and rapid spread of a new pest affecting coniferous plantations. The western conifer seed bug (*Leptoglossus occidentalis* H.), belonging to the *Coreidae* family, was first identified and described in California, USA. Its original habitats spanned from Mexico to Canada [4]. However, the bug's area of impact has continued to expand year by year. It entered Eurasia from the Americas at the close of the 20th century and was first recorded in northern Italy in 1999.

The spread of the bug was facilitated by passive dispersal due to uncontrolled transportation of lumber without proper phytosanitary control; the use of uncertified planting material without adequate inspec-

tion; and various residues of coniferous plants. Additionally, the insect's ability to cover long distances by flight contributes to its spread [17]. Such pest dispersals are very difficult to control, especially for insects that are highly prolific.

Setting the task. Based on a review of literature sources and the results of our own research, the author aims to record the presence of the western conifer seed bug (*L. occidentalis* H.) in Lviv region and determine the number of productive generations that the insect has per year.

Presentation of the main material. In 2010, the pest was first recorded in Ukraine near the city of Simferopol and in the neighboring Zaporizhzhia region. In 2011, the bug expanded its range to Dnipropetrovsk and Donetsk regions [4].

In Lviv region, the pest was recorded for the first time during an inspection of garden, park, and forest plantations for the presence of insect pests in 2023. In the area of Zhovkva Forestry Department in Lviv region, the presence of the western conifer seed bug (*L. occidentalis* H.) was detected in Scots pine plantations. The pest was found in a mass population (imago and nymphs), which may indicate the expansion of this species in this area in previous years (Fig. 1, 2).

The western conifer seed bug typically completes its life cycle in one generation per year within its original habitats. However, as it expands its range into warmer regions such as Mexico, it is capable of developing in three generations annually. In southern Europe, the western conifer seed bug has been observed to undergo two generations per year [4].



Fig. 1. Larva, that conifer seed-eating

For overwintering, the western conifer seed bug favors old buildings, unoccupied spaces, balconies, attics, as well as fallen bark, dead wood, and bird nests.

This preference significantly enhances its ability to survive winter. The adults, or imagos, hibernate in aggregations and can emerge on sunny, warm winter days to feed as early as January. Notably, on January 28, 2025, when daytime temperatures reached +13 °C, active western conifer seed bugs were sighted in Zhovkva district of Lviv region (Fig. 3). Therefore, on such warm days, these insects leave their winter sites to feed, thereby prolonging their detrimental impact on plants.



Fig. 2. Imago and larva, that conifer seed-eating



Fig. 3. Imago

The female lays eggs in rows on pine needles, attaching them with adhesive substances from her secretions (fig. 4). Development lasts 5 weeks. Nymphs resemble the imago and go through five stages of development (fig. 5). Egg-laying by the insect does not occur simultaneously but over a period of two to three weeks. Therefore, during the development of

the pest in one generation, one observes different stages of its development [16]. Imago, the western conifer seed bug, size is 14–20 mm (fig. 6).



Fig. 4. Oviposition (eggs rind after larvae hatch)



Fig. 5. Larva



Fig. 6. Imago

Both adult insects and nymphs feed on young and mature cones. While feeding, the bug pierces the cone shells with its proboscis to reach the seeds. Enzymes secreted by the bug dissolve the contents of the seed's endosperm, which the bug then consumes. Feeding on seeds during their early development can lead to their loss, while in mature seeds, it can result in hollowness and deformity. This ultimately results in a decrease in the seed material necessary for producing young seedlings or the creation of malformed seeds that fail to germinate. Germination is a critical indicator of seed quality, and pest feeding can severely diminish it [2]. Securing high-quality, viable seeds is essential for the successful establishment of young plantations and the production of healthy, robust seedlings [7; 9]. Breeders focused on developing new plants or enhancing the characteristics of existing ones cannot work with low-quality, poorly filled seeds [1;15]. Without viable, healthy seeds in these plants, the self-renewing function of coniferous plantations and self-seeding forests could be entirely lost [10; 11].

Seed losses due to bug damage can reach 70 % or more [6]. Scientists have calculated that one western conifer seed bug can destroy 310 seeds in its lifetime. Thus, with mass reproduction of the pest, seed losses account for a significant percentage, affecting subsequent young plantings. The bug also transmits the pathogen illness diplodia of the pine, caused by a fungus of the genus *Diaporthe* (*Diaporthe pinea*) and of the genus *Lecanosticta* (*Lecanosticta acicola*).

To control reproduction of the western conifer seed bug and its destruction, it is necessary to fully study the biology of the insect, understanding that there are complications of distribution in nature that favorably affect the spread of the pest in this habitat. It is essential to remember that harmful organisms have a high adaptive capacity to adjust to environmental conditions due to mutations caused by the exchange of genetic material with related species living in the area.

However, information on monitoring the presence and development of the pest in Ukraine by state authorities is currently unavailable. Information about the spread of the western conifer seed bug is obtained through monitoring conducted by specialists from educational and scientific institutions in Ukraine, specifically from the Department of Genetics, Breeding, and Plant Protection at Lviv National Environmental University. It is crucial to understand that timely detection of the pest is an integral component in developing methods and measures for the successful protection of plantations from this pest, which will allow for controlling or minimizing its mass development.

When monitoring the spread of the pest in the Western Forest-Steppe of Ukraine, in Zhovkva district of Lviv region, the development of the insect was recorded as occurring in one generation per year.

The study of the characteristics and nature of the harmfulness of the western conifer seed bug is currently insufficient. Consequently, there are no recommendations for implementing protective measures to prevent mass reproduction. The question arises as to how to control the development of the pest in forest plantations, given that the area of coniferous forests can reach tens of square kilometers or more.

In forest plantations, some scientists believe that a biological method of protection against the western conifer seed bug will be the most promising [14]. In the world, researchers are studying and testing natural enemies, entomophages, and parasitic egg-laying wasps – *Gryon pennsylvanicum*, *Anastatus pearsalli*, and *Ooencyrtus johnsoni*, which are known parasites of the imago and larvae of the bug, such as the tachinid fly – *Ectophasia crassipennis*.

Conclusions. Ongoing control of the development and spread of the western conifer seed bug (*L. occidentalis* H.) is crucial. It is imperative to establish pest protection measures at the state level to safeguard productive coniferous tree plantations. Collaborating with scientists from various countries would greatly enhance our ability to gather knowledge and expand information resources in this field. Without decisive action to manage or potentially eradicate pest populations in specific areas, the risk of losing a wide array of coniferous tree species - extending beyond national borders - remains a significant concern.

References

1. Derbyniuk Yu. M., Kalinin M. I., Huz M. M., Shablil I. V. Forest seed production: monograph. Lviv, 1998. 432 p.
2. Determination of sowing qualities of Scots pine seeds. *Ukrainian Forest Breeding Center*. URL: <https://ucfb.info/novini/novina/article/viznachennja-posivnikh-jakostei-nasinnja-sosni-zvichainoji.html> (Accessed January 02, 2025).
3. Invasive alien species. URL: https://environment-ec-europa-eu.translate.goog/topics/nature-and-biodiversity/invasive-alien-species_en?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=uk&_x_tr_hl=uk&_x_tr_pto=sc (Accessed January 02, 2025).
4. Kalmykova Yu. K. Pine seed bug (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910) and potential threat to the forests of Kharkiv region. [Kharkiv Nature Forum] 1st International conf. of young scientists. Kharkiv: Kharkiv National Ped. University named after H. S. Skovoroda, 2018. 72 p.
5. Kovtun O., Kosylovych H., Andrushko O., Holiachuk Yu., Stiurko M. European policy of sustainable agri-

cultural development: challenges for Ukraine. *Economic horizons*. 2024. Vol. 1 (27). P. 119–138. URL: <http://eh.udpu.edu.ua/article/view/305867/297376> (Accessed January 02, 2025).

6. Luisa Ghelardini, Nicola Luchi, Francesco Pecori, Alessia L. Pepori, Roberto Danti, Gianni Della Rocca, Paolo Capretti, Panagiotis Tsopelas, Alberto Santini. *Ecology of invasive forest pathogens*. Springer International Publication, 2017. (Published online: 21 june 2017). URL: https://www.researchgate.net/publication/317740949_Ecology_of_invasive_forest_pathogens (Accessed January 02, 2025).

7. Maryna Stiurko, Olena Kovtun. Similarity as the Main Indicator of Seed Quality. *Lecture Notes on Multidisciplinary Industrial Engineering*. ICoWEFS 2024 Sustainability Proceedings. Springer. Switzerland, 2025. P. 361–366. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-80330-7_38 (Accessed January 02, 2025).

8. Matsiakh I. P., Kramarets V. O. Invasions of phyllophage insects on the territory of Ukraine. *Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. 2020. Vol. 20. P. 11–25. URL: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/516/421> (Accessed January 02, 2025).

9. Mazhula O. S. Key points in the development of forest seed production in Ukraine. *Forestry and Agroforestry Improvement*. 2008. No 112. P. 132–134.

10. Mieshkova V. The pine seed bug is a threat to reforestation and afforestation. *Forest herald*. 2022. Vol. 1. P. 6–9.

11. Nikolaienko S. M. Forest reproduction and forest reclamation in Ukraine: origins, current state, current challenges and prospects in anthropogenic conditions: monograph. Kyiv, 2019. 350 p.

12. Norenko K. What are invasive species and how do they affect biodiversity? *Ecology. Right. Man*. 2018. Vol. 31 (71). P. 22–24. URL: <https://epl.org.ua/human-posts/shho-take-invazijni-vydy-i-yak-vony-vplyvayut-na-bioriznomanittya/> (Accessed January 02, 2025).

13. Order of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine dated 29.11.2006 No 716 (amended by Order of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine dated 16.07.2019 No 397) List of regulated harmful organisms (edition dated 03.09.2019). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1300-06#Text> (Accessed January 02, 2025).

14. Parasitoids of *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) recovered in western North America and first record of its egg parasitoid *Gryon pennsylvanicum* (Ashmead) (Hymenoptera: Platygasteridae) in California. URL: https://www.researchgate.net/figure/Gryon-pennsylvanicum-female-ovipositing-into-L-occidentalis-egg_fig1_234127365 (Accessed January 02, 2025).

15. Patlai I. M., Molotkov P. I. Methodology of variety testing of forest species in Ukraine. Kyiv, 1994. 40 p.

16. Pine seed bug (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 2010) – a dangerous invasive species in Zhytomyr Polissia. State Enterprise "Kharkiv Forest Research Station". URL: <http://leshoz.org.ua/node/104> (Accessed January 02, 2025).

17. Puchkov P. V., Hubin A. N., Popov H. V., Kalesnik V. N., Syzhko V. I. The North American intruder *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) settled down in Ukraine. *Ukrainian Entomofaunistics*. 2012. Vol. 3 (3). P. 1–3.

18. Puzrina N. V., Meshkova V. L., Myroniuk V. V., Bondar A. O., Tokarieva O. V., Boiko H. O. Monitoring harmful organisms of forest ecosystems. Kyiv, 2021. 274 p.

19. Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council of October 22, 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species. URL: https://eur-lex-europa.eu.translate.google/legal-content/EN/TXT/?qid=1483614313362&uri=CELEX:32014R1143&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=uk&_x_tr_hl=uk&_x_tr_pto=sc (Accessed January 02, 2025).

Стаття надійшла 13.01.2025

УДК 632.937:632.4(4)

ТАЕГРО (*BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS* FZB24) У ЄВРОПЕЙСЬКИХ СИСТЕМАХ ЗАХИСТУ РОСЛИН: ОГЛЯД ДАНИХ ЛІТЕРАТУРИ ТА ПРАКТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ

О. Овчіннікова, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4557-0088

В. Альохін, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0009-0008-5657-2303

М. Стюрко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0009-0001-1159-636X

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.172>

Овчіннікова О., Альохін В., Стюрко М. Таegro (*Bacillus amyloliquefaciens* fzb24) у європейських системах захисту рослин: огляд даних літератури та практики застосування

Сучасне сільське господарство стикається з викликами щодо ефективного захисту рослин від захворювань, спричинених грибними та грибоподібними патогенами, з одночасним зниженням використання хімічних пестицидів. Досліджено, що біофунгіцид Таegro є екологічною альтернативою, яка поєднує високу ефективність із безпечністю для навколишнього середовища. Препарат реалізує свій захисний ефект через три основні механізми: конкуренцію з патогенами на поверхні рослин, антагоністичну дію щодо грибних та грибоподібних патогенів та індукцію захисних реакцій у рослин. За літературними даними відомо, що він зберігає активність після опадів і під впливом ультрафіолетового випромінювання, а також може застосовуватися разом з іншими засобами захисту, що гарантує стабільність результатів у різних агрокліматичних умовах.

Європейський досвід застосування Таegro свідчить про його високу ефективність у контролі за поширенням із сірою гниллю (*Botrytis cinerea*), борошнистою росою (збудник *Erysiphe necator*), фітофторозом *Phytophthora* spp. (*Oomycota*) та іншими патогенами. У Франції, Італії та Нідерландах застосування препарату на трояндах знизило ураженість сірою гниллю до 70 %, тоді як на ягідних культурах у Польщі, Німеччині та Іспанії ефективність становила 50–65 %. У виноградарстві Італії, Австрії та Угорщини препарат показав зниження оїдіуму та мілдью на 40–60 %. Використання Таegro сприяє зменшенню хімічного навантаження на довкілля та підвищенню якості продукції, що відповідає принципам сталого сільського господарства.

Попри позитивні результати, подальші дослідження необхідні для оцінки довгострокового впливу біофунгіциду на агроєкосистеми, його ефективності проти різних штамів патогенів і оптимальних схем застосування. Важливим напрямком є розширення спектра дії препарату, інтеграція з іншими біофунгіцидами та дослідження його використання в тепличному господарстві та міському озелененні. Біологічний захист рослин – це не лише актуальна тенденція, а й необхідність для майбутнього екологічного землеробства.

Ключові слова: біофунгіциди, Таegro, захист рослин, сталий розвиток сільського господарства, гриби захворювання, зменшення пестицидного навантаження.

Ovchinnikova O., Aliokhin V., Stiurko M. Taegro (*Bacillus amyloliquefaciens* fzb24) in European plant protection systems: a review of literature and application practices

The article examines the experience of European farmers in using the biofungicide Taegro for plant protection. Modern agriculture faces challenges related to ensuring effective protection against fungal diseases while reducing the use of chemical pesticides. Increasing environmental requirements, pathogen resistance development, and the need for safe food production encourage the search for alternative plant protection methods. In this context, biofungicides, particularly Taegro, are gaining importance as environmentally friendly alternatives to chemical plant protection products.

The study analyzes the advantages of biofungicides over traditional chemical fungicides, including their safety for humans and animals, beneficial effects on soil microbiota, short residual activity, and the ability to be used at various plant growth stages. Taegro is characterized by its resistance to rain and ultraviolet radiation, compatibility with other crop protection products, and systemic action against fungal pathogens. It is effectively used in European countries for protecting berry, vegetable, fruit, and ornamental crops, ensuring a reduction in the incidence of diseases such as gray mold, powdery mildew, and late blight.

Field trials in France, Italy, Germany, Poland, and Spain confirm that Taegro can reduce disease prevalence by 40–70 %, depending on the crop and pathogen. The article highlights successful cases of Taegro application in strawberry, raspberry, grapevine, tomato, and ornamental plant production. Additionally, the study addresses the prospects of integrating Taegro into sustainable farming systems and its role in reducing pesticide residues in agricultural products. The findings support the importance of further research on the long-term impact of biofungicides on agroecosystems and the optimization of their application strategies to enhance efficiency and economic feasibility.

Keywords: biofungicides, Taegro, plant protection, sustainable agriculture, fungal diseases, pesticide reduction.

Постановка проблеми. Сучасне сільське господарство стикається з низкою викликів, пов'язаних із забезпеченням ефективного захисту рослин від захворювань, викликаних грибами та грибоподібними патогенами, одночасно зменшуючи використання хімічних пестицидів [3; 11; 21]. Зростаючі екологічні вимоги, розвиток резистентності патогенів та необхідність виробництва безпечної продукції спонукають аграріїв шукати альтернативні методи захисту рослин. У цьому контексті біофунгіциди, зокрема Таєгро, набувають особливого значення як екологічно безпечна альтернатива хімічним засобам [1; 7; 20].

Біофунгіциди мають низку переваг перед традиційними хімічними пестицидами: вони не містять важких металів, безпечні для людини й тварин, характерні коротким періодом розкладання, містять органічні складові та можуть застосовуватися на різних етапах розвитку рослин. Їхнє використання сприяє зниженню чисельності фітопатогенів, підвищенню популяції корисних мікроорганізмів, а також стимулює ріст і розвиток культур [13; 17; 19].

Одним із таких препаратів є Таєгро – біологічний фунгіцид компанії *Syngenta*, створений для контролю гнилей ягід, овочевих та декоративних культур. Його активним інгредієнтом є бактерія *Bacillus amyloliquefaciens* штам FZB24 ($\approx 1 \times 10^9$ КУО/г), яка реалізує три основні механізми захисту: біопротекторну дію (конкуренція на поверхні листка), антагоністичну дію (придушення розвитку патогенів) та індукцію системної стійкості рослин. Завдяки цьому препарат створює умови для комплексного захисту культур і водночас знижує пестицидне навантаження на агроєкосистеми, сприяючи виробництву екологічно безпечної продукції. Подальші дослідження та інтеграція біопрепаратів, таких як Таєгро, у сучасні системи захисту рослин є перспективним напрямом розвитку сталого сільського господарства [12; 13; 17].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Літературу обирали систематично, для гарантування прозорості та відтворюваності результатів. Інформаційна база охоплювала міжнародні наукометричні системи (Scopus, Web of Science, CAB Abstracts), Google Scholar, а також спеціалізовані джерела: звіти EFSA, національні бази даних пестицидів, матеріали виробників і професійні аграрні видання. Період охоплення – 2015–2024 рр.

Критерії включення: оригінальні експериментальні дослідження; огляди й метааналізи; регуляторні звіти; технічні матеріали з даними

польових випробувань *Bacillus amyloliquefaciens* FZB24 (препарат Таєгро). Критерії виключення: матеріали без емпіричних даних, публікації щодо інших штамів *Bacillus*, документи з неповними текстами.

Якість досліджень оцінювали за критеріями наявності контрольних варіантів, реплікаційності, адекватності статистики та відкритості фінансування. Для синтезу результатів застосовували наративний аналіз; кількісний метааналіз – лише за умови достатньої гомогенності даних.

Біофунгіцид Таєгро, розроблений компанією Syngenta, є інноваційним засобом біологічного захисту рослин, що відзначається стійкістю до змивання дощем, витривалістю до ультрафіолетового випромінювання та сумісністю з іншими препаратами, що підвищує його ефективність у польових умовах [16; 18; 22].

На міжнародних конференціях, таких як «Майстерня Садівництва», обговорювали питання здоров'я ґрунту, норми залишків пестицидів (MRL) та детально розглядали властивості Таєгро. На VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Ягідництво і переробка: технології та інновації» було представлено досвід застосування Таєгро для захисту ягідних культур від сірої гнилі [16; 19; 22].

У Європі Таєгро активно використовують для захисту різних культур. Наприклад, у Польщі фермери застосовують його для контролю поширення сірої гнилі на суниці та малині, відзначаючи зниження рівня інфекції та покращання якості врожаю [6; 23]. У Німеччині виноградарі інтегрують Таєгро у програми захисту виноградників від оїдіуму та інших захворювань, викликаних грибами та грибоподібними патогенами, що сприяє зменшенню використання хімічних фунгіцидів та підвищенню екологічності виробництва [14; 24].

Застосування Таєгро у європейських країнах демонструє його ефективність та безпечність, що відповідає сучасним вимогам сталого сільського господарства та підвищенню якості сільськогосподарської продукції [5; 15].

Постановка завдання. Наше завдання – систематичне узагальнення та аналіз наявних даних щодо ефективності застосування біофунгіциду Таєгро на різних сільськогосподарських культурах, включно з ягідними, плодовими, овочевими та декоративними рослинами, у країнах Європейського Союзу. Огляд передбачав оцінку біологічної активності препарату проти збудників хвороб, його впливу на ріст і розвиток рослин, а також виявлення обмежень і факторів, що можуть впливати на його ефективність у різних агроєкосистемах.

Виклад основного матеріалу. Біофунгіцид Таєгро активно застосовують у європейських країнах для захисту ягідних, овочевих, плодових та декоративних культур. Його ефективність доведена у контролі за поширенням широкого спектра грибних та грибоподібних патогенів, таких як сіра гниль (*Botrytis cinerea*), борошниста роса, збудник *Erysiphe necator* (порядок Erysiphales), фітофтороз (*Phytophthora* spp., Oomycota), альтернаріоз (*Alternaria* spp.) та ризоктоніоз (*Rhizoctonia* spp.) [23]. Завдяки унікальним властивостям, зокрема стійкості до змивання дощем, витривалості до ультрафіолетового випромінювання та можливості інтеграції з іншими препаратами, він гарантує тривалий захист навіть за несприятливих умов. Його застосування позитивно впливає на мікробіом ґрунту, сприяє розвитку корисних мікроорганізмів та покращує загальний фітосанітарний стан насаджень [4; 5; 8].

У розсадняках декоративних рослин, зокрема троянд у Франції, Італії та Нідерландах, Таєгро дав змогу знизити рівень ураженості сірою гниллю до 70 %, що значно перевищує ефективність деяких традиційних хімічних фунгіцидів [6; 8; 23].

На плантаціях суниці та малини в Польщі, Німеччині та Іспанії його використання сприяло зменшенню поширеності ботритису на 50–65 %, покращанню якості ягід та зниженню втрат урожаю. У виноградарствах Італії, Австрії та Угорщини препарат демонструє високу ефективність у контролі за поширенням мілдью винограду, збудник *Plasmopara viticola* (Oomycota) зменшував їхню поширеність на 40–60 % при інтегрованому застосуванні з біопрепаратами. Дані польових випробувань у країнах ЄС (2021–2023 рр.) підтверджують, що Таєгро у багатьох випадках перевершує традиційні фунгіциди або є їхнім повноцінним екологічним заміником [8; 10; 12].

Практика показує, що використання Таєгро дозволяє зменшити хімічне навантаження на

довкілля, скоротивши використання синтетичних фунгіцидів на 30–50 % [5; 15; 17]. Окрім того, препарат не має періоду очікування перед збиранням урожаю, що робить його особливо цінним для господарств, орієнтованих на екологічно чисте виробництво. Він сумісний із більшістю біологічних засобів захисту, що дає змогу інтегрувати його в сучасні системи ІРМ (інтегрованого захисту рослин) та надає більш стійку ефективність у довгостроковій перспективі [16; 22] (табл.).

Як показує європейський досвід, біофунгіциди на основі бактерій і грибів, такі як Таєгро, мають велике майбутнє в сільському господарстві, особливо у вирощуванні ягід, винограду та декоративних культур. Подальші дослідження спрямовані на оптимізацію дозувань, розширення спектра дії препарату та вивчення його сумісності з іншими біофунгіцидами, такими як *Trichoderma* spp. та *Bacillus* spp. Також перспективними є випробування Таєгро у тепличному господарстві та міському озелененні. Його застосування сприяє зменшенню залишків пестицидів у продукції, що відповідає вимогам сучасного ринку та споживачів. Біологічний захист рослин – це не лише тренд, а й необхідність, яка відкриває нові можливості для сталого розвитку сільського господарства та декоративного садівництва [9; 13].

Слід зазначити, що ефективність біофунгіциду в польових умовах демонструє значну варіабельність залежно від кліматичних факторів, рівня інокулюму патогенів та схем сумісного застосування з іншими препаратами. Крім того, є потенційний ризик розвитку резистентності у патогенів при неконтрольованому чи повторюваному використанні, що підкреслює потребу у стандартизації схем внесення та дози препарату для забезпечення стабільного захисного ефекту. Врахування цих аспектів важливе для формування рекомендацій щодо інтегрованого захисту рослин та подальших досліджень у цій сфері [14; 17; 18].

Таблиця

Зведені дані ефективності Таєгро у польових випробуваннях ЄС (2021–2025)

Культура	Країна застосування	Основні патогени	Середнє зниження ураження, %	Додаткові ефекти
Троянди	Франція, Італія, Нідерланди	<i>Botrytis cinerea</i> (сіра гниль)	70 %	Покращення якості зрізаної квітки
Суниця, малина	Польща, Німеччина, Іспанія	<i>Botrytis cinerea</i> (сіра гниль)	50–65 %	Зменшення втрат урожаю
Виноград	Італія, Австрія, Угорщина	<i>Erysiphe necator</i> (оїдіум), <i>Plasmopara viticola</i> (мілдью)	40–60 %	Підвищення якості виноматеріалу
Овочі (томат, перець)	Іспанія, Греція	<i>Alternaria</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp.	45–55 %	Покращення фітосанітарного стану ґрунту
Озеленення міст	Великобританія, Швеція	<i>Phytophthora</i> spp., <i>Fusarium</i> spp.	50 %	Зменшення використання хімічних фунгіцидів

Висновки. Досвід європейських аграріїв свідчить про високу ефективність біофунгіциду Таєгро у захисті рослин від грибних та грибоподібних патогенів. Його застосування дозволяє зменшити використання хімічних пестицидів, що відповідає сучасним вимогам екологічного землеробства та сприяє виробництву безпечної продукції. Водночас ефективність препарату значно варіює залежно від кліматичних умов, рівня інокулюму патогенів та схем сумісного застосування з іншими засобами захисту. Існує також потенційний ризик формування резистентних штамів при неконтрольованому чи частому використанні, що доводить потребу у стандартизації схем внесення та дози препарату. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оцінку довгострокового впливу Таєгро на агроєкосистеми, оптимізацію схем його застосування та визначення економічної ефективності в різних умовах господарювання. Інтеграція біофунгіцидів у комплексні системи захисту рослин залишається перспективним напрямком розвитку сучасного сільського господарства.

Бібліографічний список

1. Біологічні засоби захисту рослин: навч. посіб. / О. М. Головачак, І. М. Бурковський. Київ: Логос, 2020. 376 с.
2. ДСТУ ISO 16140-2:2019. Мікробіологія харчових продуктів і кормів. Перевірка методів. Частина 2. Підтвердження альтернативних методів порівняно з референтними методами. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 138 с.
3. Захист рослин: підручник / за ред. О. М. Головачака. Львів: ЛНУ, 2019. 482 с.
4. Майстерня садівництва: міжнародна конференція: тези доповідей. Київ, 2023. 148 с.
5. Реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні на 2024 рік. Мінекономіки України. Київ: Мінекономіки України, 2024. 468 с.
6. Статті порталу FreshPlaza про захист ягідних культур. URL: <https://www.freshplaza.com> (дата звернення: 04.02.2025).
7. Стельмах О. Л., Зінченко О. В. Біопрепарати нового покоління у захисті рослин. *АгроСвіт*. 2023. № 5. С. 15–19.
8. Ягідництво і переробка: технології та інновації: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Львів, 2024.
9. 14th International Congress of Plant Pathology (ICPP 2023), Lyon, France: abstract book. Lyon, 2023. P. 104–105. [англ.]
10. 9th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology, Valencia, Spain, 2023: proceedings. Valencia, 2023. P. 201–210. [англ.]
11. Bamisi S., Dash C. K., Akutse K. S. et al. Biological control agents: Past, present, and future. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2021. Vol. 128. P. 129–151. [англ.]
12. Boehm M. J., Madden L. V., Hoitink H. A. Effect of microbial colonization on systemic resistance in plants. *Phytopathology*. 1997. Vol. 87, No 11. P. 1094–1100. [англ.]
13. Boehm M. J., Madden L. V., Hoitink H. A. Systemic resistance induced by rhizobacteria. *Annual Review of Phytopathology*. 1999. Vol. 37. P. 509–533. [англ.]
14. Calvo-Garrido C. et al. Biological control of grapevine diseases: Bacillus-based products as an alternative to synthetic fungicides. *Frontiers in Plant Science*. 2019. № 10. P. 48. [англ.]
15. Compendium of Plant Disease Management / ed. R. J. Stipes. Cham. Springer, 2021. 540 p. [англ.]
16. EFSA Panel on Biological Hazards. Scientific Opinion on the safety of Bacillus amyloliquefaciens strains. *EFSA Journal*. 2022. Vol. 20, No 5. e07345. [англ.]
17. Köhl J., Kolnaar R., Ravensberg W. J. Biocontrol of plant diseases by microorganisms in sustainable agriculture. *Annual Review of Phytopathology*. 2019. № 57. P. 181–203.
18. Pertot I., Caffi T., Rossi V., Mugnai L., Hoffmann C., Grando M. S., Gary C. A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection*. 2017. № 97. P. 70–84.
19. Pertot I., Giovannini O., Benanchi M., et al. Integrating biofungicides in grapevine disease management. *Pest Management Science*. 2017. Vol. 73, No 7. P. 1118–1126. [англ.]
20. Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament concerning the placing of plant protection products on the market. *Official Journal of the European Union*. 2009. L309. P. 1–50. [англ.]
21. Sustainable Agriculture Reviews 50: Biocontrol Agents / ed. E. Lichtfouse. Cham: Springer, 2022. 412 p. [англ.]
22. Syngenta Group. Product Manual: Taegro Biofungicide. Basel: Syngenta, 2022. 32 p. [англ.]
23. Syngenta Україна. Офіційний сайт компанії Syngenta. URL: <https://www.syngenta.ua/taegro> (дата звернення: 04.02.2025).
24. The European Biocontrol Industry Alliance (EBIA) URL: <https://www.biocontrol.eu> (дата звернення: 04.02.2025).

Стаття надійшла 18.02.2025

Розділ 7

АГРОХІМІЯ І ҐРУНТОЗНАВСТВО

УДК 635.657: 631.53.048

УРОЖАЙНІСТЬ НУТУ (*Cicer Arietinum L*) ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В. Лихочвор, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-0377-6157

Львівський національний університет природокористування

В. Винницький, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0009-0006-0817-8841

Львівська філія Українського інституту експертизи сортів рослин

В. Пушак, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-0327-5849

Державна установа «Львівська обласна фітосанітарна лабораторія»

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.176>

Лихочвор В., Винницький В., Пушак В. Урожайність нуту (*Cicer arietinum L*) залежно від елементів живлення в умовах Західного Лісостепу України

Дослідження з вивчення впливу елементів системи удобрення на врожайність нуту сорту Ярина проводили в 2022–2024 роках. Вивчали десять варіантів удобрення за схемою: $N_0P_0K_0$ (контроль), $P_{20}K_{30}$, $P_{40}K_{60}$, $N_{30}P_{40}K_{60}$, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}$, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + моно бор, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + моно молібден, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + моно кобальт, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + В, Мо, Со. Технологія вирощування передбачала розміщення нуту після озимої пшениці. Норма висіву 0,7 млн/га. Строки сівби 1–3 квітня. Насіння протруювали препаратом Вітавакс 200ФФ (3 л/т). У боротьбі з бур'янами застосовували гербіцид Рейсер к.е. (2,5 л/га), із шкідниками – інсектицид Фастак, к.е. 0,15 л/га. Для захисту від хвороб тричі вносили фунгіциди, оскільки в умовах достатнього зволоження ураження хворобами – велика проблема. Використовували фунгіцид Рекс Дуо, к.с. 0,5 л/га у фазі початку бутонізації, фунгіцид Абакус мк. 1,5 л/га у фазі цвітіння, та фунгіцид Фолікур 250 EW, 1,0 л/га у фазі наливу зерна.

Досліджено, що врожайність зерна нуту була найнижчою на контролі без добрив, де становила 1,74 т/га. У варіанті із внесенням $P_{20}K_{30}$ вона підвищилась до 2,02 т/га, або на 0,28 т/га. При подвоєнні норми внесення фосфорних і калійних добрив ($P_{40}K_{60}$) урожайність зросла до 2,24 т/га. Зауважено, що внесення азотних добрив (N_{30}) на фоні $P_{40}K_{60}$ призвело до зростання врожайності нуту до 2,44 т/га. Включення у систему удобрення сірки забезпечило подальше зростання врожайності зерна нуту до 2,58 т/га, а магнію – до 2,72 т/га. Серед мікроелементів, які вносились фоліарно під час вегетації, очікувано найсильніший вплив на продуктивність нуту мав бор. Урожайність від внесення бору зросла до 2,84 т/га. Менший приріст зерна одержували від внесення молібдену і бору. Урожайність у цих варіантах зменшувалась порівняно з варіантом із бором. Доведено, що в умовах Західного Лісостепу України найвища врожайність зерна нуту (2,98 т/га) сорту Ярина формується внесенням добрив за такою системою удобрення: $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + В, Мо, Со, що вище порівняно з контролем без добрив на 1,24 т/га або 71,3%. Найбільший приріст урожайності нуту одержано від внесення $P_{20}K_{30}$ (0,28 т/га) та від сумісного використання трьох мікродобрив під час вегетації – В+Мо+Со (0,26 т/га).

Ключові слова: нут, система удобрення, урожайність.

Lykhochvor V., Vynnytskyi V., Pushchak V. Chickpea (*Sicer arietinum L*) yield depending on nutrients in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine

Research on the impact of various fertilizer elements on the yield of the Yaryna variety chickpea was conducted from 2022 to 2024. A total of 10 fertilizer options were tested according to the following scheme: $N_0P_0K_0$ (control), $P_{20}K_{30}$, $P_{40}K_{60}$, $N_{30}P_{40}K_{60}$, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}$, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + mono Boron, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + mono molybdenum, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + mono cobalt, $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + В, Мо, Со. The chickpeas were grown following winter wheat, with a seeding rate of 0.7 million seeds per hectare. Sowing occurred between April 1 and 3, and the seeds were treated with Vitavax 200FF at a rate of 3 liters per ton. The herbicide Racer, k.e. (2.5 l/ha) was applied for weed control, while the insecticide Fastak, k.e. was used at a rate of 0.15 l/ha to manage pests. To protect against diseases, fungicides were applied three times, as

disease damage can be significant in conditions with ample moisture. The fungicide Rex Duo, k.s. (0.5 l/ha) was applied during the budding phase, Abacus mk (1.5 l/ha) during flowering, and Folicur 250 EW (1.0 l/ha) during the grain filling phase.

The lowest chickpea grain yield was recorded in the control group without fertilizers, at 1.74 t/ha. With the application of $P_{20}K_{30}$, the yield increased to 2.02 t/ha, an increase of 0.28 t/ha. When the phosphorus and potassium fertilizer rate was doubled to $P_{40}K_{60}$, the yield rose to 2.24 t/ha. Adding 30 kg of nitrogen (N_{30}) to the $P_{40}K_{60}$ base increased the yield further to 2.44 t/ha. Incorporating sulfur in the fertilization system raised the yield to 2.58 t/ha, and adding magnesium increased it to 2.72 t/ha. Among the microelements applied foliar during the growing season, boron was expected to have the most significant effect on chickpea productivity, boosting the yield to 2.84 t/ha. However, the increases from molybdenum and cobalt were smaller, resulting in lower yields compared to the boron treatments. In the Western Forest-Steppe of Ukraine, the highest chickpea grain yield of the Yaryna variety was 2.98 t/ha, achieved by following the fertilization system $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20} + B, Mo, Co$, which is 1.24 t/ha, or 71.3%, higher than the control without fertilizers. The greatest yield increases were observed with the application of $P_{20}K_{30}$ (0.28 t/ha) and the combined use of the three microelements during the growing season - $B+Mo+Co$ (0.26 t/ha).

Keywords: chickpea, fertilization system, yield.

Постановка проблеми. Нут є одним із найкращих попередників для багатьох сільськогосподарських культур. Завдяки біологічній фіксації азоту нут зберігає та підвищує родючість ґрунту. Після його збирання у ґрунті залишається 100–120 кг/га біологічного азоту [10; 13]. Урожайність пшениці озимої після нуту порівняно з чистим паром вища на 2–4 ц/га. Для сівби озимих культур, після збирання нуту, достатньо провести лушпиння стерні і передпосівну культивуацію.

Для забезпечення повноцінної життєдіяльності рослин бобових культур необхідний комплекс елементів мінерального живлення. Під зяблеву оранку рекомендовано застосовувати фосфорно-калійні добрива у нормі $P_{60-90}K_{60-90}$ [10]. Виявлено, що внесення фосфорних добрив у ґрунт (P_{60}) стимулює утворення бульбочок на коренях нуту. Це відбувається за рахунок більш інтенсивного утворення аденозинтрифосфornoї кислоти (АТФ), яка бере активну участь у цьому процесі.

Повна забезпеченість рослин калієм підвищує їхню посухостійкість, стійкість до захворювань, поліпшує обмін речовин, підвищує врожайність.

Необхідність застосування азотних добрив у технології вирощування бобових культур залишається дискусійною. Відомо, що азотні сполуки впливають на бобово-ризобіальний комплекс на всіх етапах формування та функціонування симбіозу, починаючи з утворення ризосфери та бульбочок, і закінчуючи процесом активної азотфіксації.

Проте сільськогосподарська практика вимагає наразі однозначної відповіді на питання: бобові культури потребують азотного удобрення чи мають рацію ті дослідники, які стверджують, що мінеральний азот пригнічує симбіотичну азотфіксацію бобових культур. Так, стверджується, що внесення азотних добрив призводить до пригнічення фіксації азоту [10]. При цьому просте-

жується така закономірність: що вища доза застосування азотних добрив, то повільніше відбувається процес фіксації азоту з повітря.

В умовах Лісостепу Західного нут – малопоширена культура, і для неї немає дослідних даних щодо доцільності та норм внесення як макро-, так і мікроелементів. Особливо це питання актуальне за розробки високоврожайної технології вирощування нових сортів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Україна має сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування нуту і щороку зацікавленість сільгоспвиробників до цієї культури зростає. Зерно нуту, вирощене в Україні, відповідає світовим стандартам [13]. Це сприятиме розширенню посівних площ нуту, особливо в посушливих зонах. Урожайність нуту в різних природно-кліматичних умовах України коливається у межах 1,4–2,7 т/га, а за інтенсивної технології і сприятливих погодних умов може становити 2,5–4,2 т/га [8].

Рослини нуту споживають більше фосфору, ніж зернові культури, і брак цього елементу може негативно вплинути на ефективність симбіотичної азотфіксації. Тому якщо нут вирощують після зернових – під зяблеву оранку рекомендовано вносити фосфорні й калійні добрива $P_{40}K_{40}-P_{60}K_{60}$. Азотні добрива під нут не вносять. Рослини нуту здатні вступати у симбіоз із бактеріями виду *Phizobium ciceri* і з допомогою біологічної азотфіксації засвоювати з атмосфери за період вегетації до 80–150 кг/га азоту, забезпечуючи урожайність зерна 20–30 ц/га без застосування азотних добрив. Для підвищення продуктивності нуту необхідно забезпечити рослини мікроелементами, зокрема молібденом, бором, які впливають на ефективність симбіотичної азотфіксації й покращують надходження азоту в рослини. Приріст урожайності насіння від внесення мікроелементів становить 0,3–0,6 т/га [5].

Отже, більшість дослідників відзначають високу ефективність бактеріальних добрив для обробки насіння та листового внесення мікродобрив. Їхній вплив на врожайність нуту може бути більшим, ніж мінеральних добрив. Так, за даними Панцерової Г. В. [9], використання для передпосівної обробки насіння бактеріального препарату Ризогумін-Плюс та дворазове обприскування рослин 0,75 % розчином ретарданту під час вегетації (у фазі третій трійчастий листок та бутонізація) призвело до підвищення вмісту сирого протеїну, жиру та врожайності насіння нуту сортів Скарб і Пегас. В інших дослідженнях інокуляція насіння підвищувала врожайність нуту на 3,6–17,5 % [1]. Новий штам *Mesorhizobium ciceri* 2, виділений із бульбочок нуту сорту Пам'ять, формує ефективний симбіоз із рослинами нуту сорту Скарб як за відсутності, так і за наявності в ґрунті активної популяції ризобій нуту [7].

У наших дослідженнях упродовж попередніх років встановлено, що продуктивність нуту сорту Пам'ять у варіанті без застосування добрив дорівнювала 2,42 т/га. Із збільшенням норми фосфорних і калійних добрив урожайність підвищувалася на 0,18–0,67 т/га, або 7,4–27,7 %. Найвищу врожайність одержали на фоні $P_{40}K_{60}$ та листового внесення Інтермаг бобові + $MgSO_4$ – 3,09 т/га [6].

Трапляються також дані про використання азотних добрив за вирощування нуту. В умовах лівобережного Лісостепу найбільш доцільний захід – інокуляція насіння і основне внесення мінеральних добрив $N_{30}P_{45}K_{45}$ та N_{15} у вигляді підживлення на початку гілкування, що підвищує врожайність нуту до 2,54 т/га [2]. У дослідженнях Побережної Л. В. [11] встановлено, що максимальну врожайність нуту на всіх трьох сортах отримали за поєднання внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{20}K_{30}$, проведення листового підживлення рослин нуту бором (В), (перше внесення – фаза бутонізації, друге внесення через 10–12 днів) та молібденом (Мо) (внесення – фаза бутонізації) із обробкою насіння біоінокулянтм Андерізі®

За даними Єремко Л. С. [2], найвища врожайність нуту була у варіанті поєднання інокуляції насіння та листового підживлення рослин на фоні мінерального удобрення $N_{20}P_{60}K_{82}$. Поєднання внесення мінеральних добрив $N_{20}P_{60}K_{82}$, інокуляції насіння та позакореневого підживлення рослин дає змогу підвищити зернову продуктивність посівів нуту до 2,42 т/га.

Отже, вивчали переважно бактеріальні добрива, менше досліджено застосування для нуту мінеральних добрив із вмістом $NPKSMgCa$. Це виправдано, враховуючи, що врожайність нуту

залишається дуже низькою і не перевищує 1,5–2,0 т/га. Такий рівень продуктивності цілком реально одержати за рахунок природної родючості ґрунту. Проте зараз вивчаються варіанти інтенсивних технологій для забезпечення повної реалізації потенціалу нових високопродуктивних сортів з метою одержання урожайності на рівні 5,0 т/га. Тому у зв'язку з глобальним потеплінням і змінами географії поширення культур актуальне уточнення системи удобрення нуту, особливо в зоні Західного Лісостепу, де його раніше практично не вирощували.

Постановка завдання. Дослідження з вивчення впливу елементів системи удобрення на врожайність нуту сорту Ярина проводили на дослідному полі Львівської філії Українського інституту експертизи сортів рослин, Львівська область, Золочівський р-н, с. Білий Камінь. Ґрунт дослідної ділянки чорнозем легкосуглинковий переважно щепенуватий на елювії щільних карбонатних порід (щільна порода завглибшки 150 см). Характерний такими показниками: вміст гумусу – 3,40 %; показник рН – 7,4; вміст фосфору – 67 мг/кг, калію – 190 мг/кг, азоту 108,0 мг/кг.

Дослід закладали методом систематизованого розміщення ділянок у триразовому повторенні. Площа дослідної ділянки 60 м², облікова площа – 50 м². Фосфорні, калійні та сірчані добрива вносили у вигляді суперфосфату, калію хлористого та вігору восени під оранку. У варіанті із внесенням магнію використовували сульфат магнію одноводневий навесні, без осіннього внесення вігору. Азотні вносили у вигляді аміачної селітри під передпосівну культивування. Мікродобрива вносили у фазі початку бутонізації у вигляді монобор, мономолібден та монокобальт одночасно із першим внесенням фунгіциду. Діапазон норм добрив обрали виходячи з аналізу рекомендацій та літературних джерел.

Технологія вирощування нуту на дослідних ділянках була такою. Попередник нуту – озима пшениця. Перед сівбою поле культивували на 6–8 см з боронуванням та коткуванням. Норма висіву 0,7 млн/га. Строки сівби 1–3 квітня.

Для протруювання насіння використовували Вітавакс 200ФФ (3 л/т). У боротьбі з бур'янами застосовували гербіцид Рейсер к.е. (2,5 л/га), із шкідниками – інсектицид Фастак, к.е. 0,15 л/га (альфа-циперметрин, 100 г/л). Для захисту від хвороб вносили фунгіцид Рекс Дуо, к.с. (епоксиконазол, 187 г/л + тіофанат-метил, 310 г/л), 0,5 л/га у фазі початку бутонізації, фунгіцид Абакус мк.е.(піраклостробін, 62,5 г/л + епокси-

коназол, 62,5 г/л), 1,5 л/га у фазі цвітіння та фунгіцид Фолікур 250 EW (тебуконазол, 250 г/л), 1,0 л/га у фазі наливу зерна.

Збирали методом суцільного обмолоту ділянок комбайном Сампо 500 за повної стиглості зерна і перераховували на стандартну (14 %) вологість та засміченість згідно із загальноприйнятими методиками.

Сорт Ярина, перший у світі сорт проміжного типу з крупним насінням, високорослий, толерантний до хвороб, цінний. Оригінація – Селекційно-генетичний інститут. У Реєстрі з 2019 року. Рекомендований для вирощування у зонах Степу та Лісостепу. За своїми характеристиками посідає місце між типами *Desi* та *Kabuli*. Високоврожайний, середня врожайність за роки випробування у Степу становила 2,7, Лісостепу – 3,2 т/га, потенціал урожайності – понад 5 т/га. Крупнонасінний, маса 1000 насінин – 390–410 г. Середньоранньостиглий, тривалість вегетаційного періоду – 82–85 діб. Найбільш толерантний до фузаріозу та аскохітозу серед усіх сучасних сортів нуту, занесених до Держреєстру сортів рослин України (8–9 балів). Посухостійкість висока (9 балів). Високорослий, висота прикріплення нижнього бобу 22–25 см, висота рослин – 55–65 см. Стійкий до вилягання та обламування гілок 2-го порядку. Вміст білка – 28 %, олії – до 11 %. Має добрі смакові якості та швидко розварюється. Листя без воскового нальоту. Квітки поодинокі, світло-рожеві, великі. Насіння світло-коричневе

(при зберіганні темніє), поверхня зморшкувата. Норма висіву за суцільного способу сівби – 600, стрічкового – 500, широкорядного – 400 тис. насінин/га. За інтенсивної технології вирощування можливе використання до появи сходів нуту гербіцидів Рейсер (2,5–3,0 л/га), Зенкор (0,5–0,7 л/га). Обов'язкова передпосівна обробка насіння Нітрагіном, що сприяє збільшенню врожаю нуту на 0,15–0,30 т/га та на 0,30–0,45 т/га врожаю наступної культури [4].

Виклад основного матеріалу. Результати наших досліджень показали, що добрива значно впливають на продуктивність нуту. Урожайність зерна нуту сорту Ярина була найнижчою на контролі без добрив, де становила 1,74 т/га. У варіанті із внесенням $P_{20}K_{30}$ вона підвищилась до 2,02 т/га, або на 0,28 т/га (табл. 1). При подвоєнні норми внесення фосфорних і калійних добрив ($P_{40}K_{60}$) у третьому варіанті урожайність зросла ще на 0,22 т/га і становила 2,24 т/га, що вище до контролю на 0,50 т/га. Подібні закономірності впливу добрив виявлено також у наших попередніх дослідженнях [12].

Внесення азотних добрив (N_{30}) на фоні $P_{40}K_{60}$ привело до зростання врожайності нуту до 2,44 т/га, що на 0,70 т/га вище порівняно з варіантом без добрив. Рішення про використання азотних добрив у системі живлення нуту повинно аргументуватися показниками економічної ефективності.

Таблиця 1

Урожайність зерна нуту сорту Ярина залежно від удобрення, т/га

№ з/п	Варіант удобрення	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки	Приріст до контролю	
						т/га	%
1	$N_0P_0K_0$ (контроль)	1,42	1,82	1,98	1,74	–	–
2	$P_{20}K_{30}$	1,78	2,03	2,25	2,02	0,28	16,1
3	$P_{40}K_{60}$	1,97	2,29	2,46	2,24	0,50	28,7
4	$N_{30}P_{40}K_{60}$	2,21	2,48	2,63	2,44	0,70	40,2
5	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}$	2,35	2,63	2,76	2,58	0,84	48,3
6	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$	2,51	2,78	2,87	2,72	0,98	56,3
7	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + моно Бор	2,68	2,82	3,02	2,84	1,10	63,2
8	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + моно молібден	2,65	2,81	2,94	2,80	1,06	60,9
9	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + моно кобальт	2,62	2,73	2,90	2,75	1,01	58,0
10	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + В, Мо, Со	2,80	2,90	3,24	2,98	1,24	71,3
Середнє за роками		2,30	2,53	2,71	2,51	-	-
НІР ₀₅ , т/га		0,11	0,10	0,11	-	-	-

Ширше наповнення системи удобрення елементами живлення підвищувало продуктивність посівів. Окрім впливу на врожайність нуту азоту, фосфору і калію, важливо встановити також доцільність використання інших макроелементів, зокрема магнію, сірки та мікродобрив. Включення у систему удобрення сірки забезпечило подальше зростання врожайності зерна нуту до 2,58 т/га або на 48,3 %. Доповнення системи живлення рослин таким макроелементом як магній теж посприяло підвищенню рівня продуктивності до 2,72 т/га, що вище до контролю на 0,98 т/га, або на 56,3 %.

Серед мікроелементів, які вносили фоліарно під час вегетації, очікувано найбільше на продуктивність нуту вплинув бор. Урожайність у цьому варіанті зросла до 2,84 т/га, що більше від контролю на 1,10 т/га, або 63,2 %. Менший приріст зерна одержували від внесення молібдену і бору. Урожайність у цих варіантах зменшувалась порівняно з варіантом із бором. Найвища врожайність формувалась у десятому варіанті із внесенням бору, молібдену та кобальту, де вона становила 2,98 т/га, що вище до контролю на 1,24 т/га, або на 71,3 %.

Аналіз впливу досліджуваних чинників дає підстави для висновку про силу їхнього впливу на

продуктивність рослин нуту сорту Ярина. Найвищий приріст урожайності (0,28 т/га, або 16,1 %) одержали від внесення добрив у нормі $P_{20}K_{30}$ (табл. 2). У варіанті із збільшенням норми фосфорних і калійних добрив до $P_{40}K_{60}$ приріст урожайності виявився дещо нижчим – 0,22 т/га (10,9 %). Введення у систему живлення азоту (N_{30}) теж забезпечило істотний приріст зерна – на 0,20 т/га (8,9 %). Використання в системі удобрення сірки і магнію призвело до істотного підвищення продуктивності нуту, від обох елементів живлення приріст становив по 0,14 т/га, відповідно 5,7 % та 5,4 %.

Із мікроелементів найвищий приріст урожайності забезпечило обприскування посівів бором, де приріст зерна становив 0,12 т/га (4,4 %). Внесення молібдену і кобальту не забезпечило істотного приросту врожайності, вона не доказується математично. За використання усіх трьох мікроелементів урожайність підвищилась на 0,26 т/га (9,6 %).

Урожайність зерна нуту сорту Ярина змінювалася також за роками досліджень. Вища врожайність була у 2023 (2,53 т/га) та 2024 (2,71 т/га) роках і значно нижча у 2022 році (2,30 т/га).

Таблиця 2

Приріст урожайності зерна нуту від досліджуваних чинників впливу (у середньому за три роки)

№ з/п	Варіант удобрення	Середнє за три роки	Чинник впливу	Приріст	
				т/га	%
1	$N_0P_0K_0$ (контроль)	1,74	-	–	–
2	$P_{20}K_{30}$	2,02	фосфор і калій	0,28	16,1
3	$P_{40}K_{60}$	2,24	фосфор і калій, вища норма	0,22	10,9
4	$N_{30}P_{40}K_{60}$	2,44	азот	0,20	8,9
5	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}$	2,58	сірка	0,14	5,7
6	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$	2,72	магній	0,14	5,4
7	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + моно Бор	2,84	бор, порівняно з варіантом №6	0,12	4,4
8	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + моно молібден	2,80	молібден, порівняно з варіантом №6	0,08	2,8
9	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + моно кобальт	2,75	кобальт, порівняно з варіантом №6	0,03	1,1
10	$N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + В, Мо, Со	2,98	бор, молібден, кобальт, порівняно з варіантом №6	0,26	9,6

Висновки. В умовах Західного Лісостепу України найвища врожайність зерна нуту (2,98 т/га) сорту Ярина в середньому за три роки (2022–2024 рр.) формується у варіанті із такою

системою удобрення: $N_{30}P_{40}K_{60}S_{20}Mg_{20}$ + В, Мо, Со, що вище порівняно з контролем без добрив на 1,24 т/га або 71,3 %. Найбільший приріст урожайності нуту одержано від внесення $P_{20}K_{30}$ (0,28 т/га)

та від використання трьох мікродобрив під час вегетації – В+Мо+Со (0,26 т/га).

Бібліографічний список

1. Баган А. В., Шакалій С. М., Барат Ю. М. Формування насіннєвої продуктивності нуту залежно від сорту та інокуляції насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 111. С. 14–21. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.2>
2. Гангур В. В., Єремко Л. С., Сокирко Д. П. Формування продуктивності нуту залежно від технологічних факторів в умовах лівобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2017. № 1 (2). С. 285–292.
3. Єремко Л. Формування продуктивності нуту залежно від рівня мінерального удобрення, інокуляції насіння та позакореневого підживлення рослин. *Модернізація національної системи управління державним розвитком: виклик і перспективи*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., Тернопіль, 8–9 груд. 2016 р. Тернопіль: Крок, 2016. Ч. 1. С. 27–29.
4. Каталог сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН. Одеса, 2023. 128 с.
5. Колесніков М. О., Кадиров Т. Р. Рекомендації по вирощуванню нуту в умовах півдня України. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. 44 с.
6. Лихочвор В. В., Пушак В. І. Урожайність нуту залежно від мінерального живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво* : міжвід. темат. наук. зб. 2018. Вип. 63. С. 95–106.
7. Логоша О. В., Воробей Ю. О., Усманова Т. О. Ефективність бактеризації насіння нуту сорту Скарб новим штамом *Mesorhizobium ciceri*. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 10. С. 32–36. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk2019010-05>
8. Мойсієнко В. В. Наукове обґрунтування шляхів підвищення продуктивності нуту (*Cicer arietinum* L.) в Україні. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 2 (1). С. 3–11.
9. Панцирева Г. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування урожайності та якості насіння нуту в умовах правобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2024. № 8 (1). С. 119–123. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0319>
10. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-те вид., виправ., доповн., додатковий випуск. Львів: Українські технології, 2022. 808 с.
11. Побережна Л. В. Вплив позакореневих підживлень та інокуляції насіння на симбіотичну та зернову продуктивність нуту. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 132. С. 192–197. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.23>
12. Пушак В. І. Продуктивність нуту залежно від рівня мінерального живлення в умовах Лісостепу Західного. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2018. № 286. С. 50–58.
13. Sichkar V. I., Lavrova H. D., Koloianidi N. O., Dzhus T. O. Chickpea is a promising source of dietary protein. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2023. № 119. Pp. 172–192. DOI: 10.37555/2707-3114.19.2023.295154

Стаття надійшла 03.02.2025

УДК 635.21:631.82:631.811.98

ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ

М. Полюхович¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-7173-5678

Б. Куцель², викладач

ORCID ID: 0009-0004-0382-132X

¹Львівський національний університет природокористування

²ВСП «Золочівський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування»

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.182>

Полюхович М., Куцель Б. Ефективність комплексного застосування добрив і регулятора росту за вирощування картоплі

Польові досліді із вивчення поєднаного застосування стимулятора росту Біолан та різних норм мінеральних добрив проводили в умовах Західного регіону України на темно-сірому опідзоленому ґрунті впродовж 2023–2024 років. Схема досліджень охоплювала варіанти: 1. Контроль – без добрив; 2 – $N_{60}P_{60}K_{90}$; 3 – $N_{60}P_{60}K_{90} + PP$; 4 – $N_{90}P_{90}K_{120}$; 5 – $N_{90}P_{90}K_{120} + PP$. Добрива у вказаних нормах вносили навесні під культивуцію, обробку рослин регулятором росту Біолан проводили у період бутонізації, поєднуючи із внесенням пестицидів у боротьбі із шкідниками та хворобами рослин у спільних бакових сумішах. Виявлено, що внесення добрив та регулятора росту мало суттєвий вплив на ріст рослин у висоту та формування листової поверхні. Приріст площі листової поверхні у варіанті удобрення $N_{60}P_{60}K_{90} + PP$ збільшився на 9,1 тис. $m^2/га$, а за удобрення $N_{90}P_{90}K_{120} + PP$ – 10,9 тис. $m^2/га$ за площі листової поверхні 31,1 тис. $m^2/га$ (контроль). Комплексне застосування добрив та обприскування рослин картоплі під час бутонізації Біоланом забезпечило приріст урожайності бульб, який у середньому за роками досліджень становив 6,6 т/га при удобренні $N_{60}P_{60}K_{90}$ та 12,8 т/га за норми удобрення $N_{90}P_{90}K_{120}$ при врожайності відповідно до норм удобрення 29,8 і 38,1 т/га.

Виявлено позитивний вплив комплексного застосування добрив та регулятора росту на якісні показники бульб картоплі. За їхнього поєднаного застосування збір сухих речовин та крохмалю з одиниці площі значно збільшився і був найвищим у варіанті досліді з рівнем удобрення $N_{90}P_{90}K_{120}$ разом із застосуванням Біолану та становив 8,87 т/га сухих речовин і крохмалю 6,25 т/га. Комплексне застосування добрив та регулятора росту Біолан є ефективним агрозаходом у поліпшенні умов живлення рослин та підвищенні продуктивності картоплі.

Ключові слова: удобрення, висота рослин, стимулятор росту, урожайність, Біолан.

Poliukhovych M., Kutsel B. Efficiency of the integrated use of fertilizers and growth regulators in potato cultivation

Field experiments to study the combined use of the Biolan growth stimulator and various rates of mineral fertilizers were conducted in the conditions of the Western region of Ukraine on dark gray podzolized soil during 2023–2024. The research scheme included the following options: 1. Control – without fertilizers; 2 – $N_{60}P_{60}K_{90}$; 3 – $N_{60}P_{60}K_{90} + PP$; 4 – $N_{90}P_{90}K_{120}$; 5 – $N_{90}P_{90}K_{120} + PP$. Fertilizers in the specified rates were applied in spring for cultivation, plant treatment with the Biolan growth regulator was carried out during the budding period, combining it with the application of pesticides to combat pests and plant diseases in joint tank mixtures. It was found that the application of fertilizers and growth regulators had a significant effect on plant height growth and leaf surface formation. The increase in leaf surface area on the $N_{60}P_{60}K_{90} + PP$ fertilizer option increased by 9.1 thousand m^2/ha , and on $N_{90}P_{90}K_{120} + PP$ fertilizer – 10.9 thousand m^2/ha with a leaf surface area of 31.1 thousand m^2/ha (control). The complex application of fertilizers and spraying of potato plants during budding with Biolan ensured an increase in tuber yield, which, on average over the years of research was 6.6 t/ha with $N_{60}P_{60}K_{90}$ fertilizer and 12.8 t/ha with $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizer rates with yields according to the fertilizer rates of 29.8 and 38.1 t/ha.

The studies also revealed a positive effect of the complex application of fertilizers and growth regulators on the quality indicators of potato tubers. With their combined use, the yield of dry matter and starch per unit area increased significantly and was the highest in the experiment with the $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizer level together with the use of Biolan and amounted to 8.87 t/ha of dry matter and 6.25 t/ha of starch. The complex use of fertilizers and the Biolan growth regulator is an effective agricultural measure in improving plant nutrition conditions and increasing potato productivity.

Keywords: fertilizer, plant height, growth regulator, yield, Biolan.

Постановка проблеми. Найбільш дієвим фактором щодо підвищення урожайності сільськогосподарських культур та якості отриманої продукції є добрива. Проте, на думку багатьох учених, можливості добрив щодо подальшого зростання врожайності вичерпуються і зростання врожайності рослин на перспективу буде досягатись за рахунок використання стимуляторів росту рослин.

Це сполуки хімічного, мікробного чи рослинного походження, ефективність яких зумовлена комплексом біологічно активних речовин, котрі стимулюють наростання кореневої системи рослин та їхньої біомаси, що забезпечує активніше споживання елементів живлення рослинами, посилює захисні властивості рослин за несприятливих погодних умов у стресових ситуаціях та проти хвороб і шкідників, вони дають змогу рослинам повніше реалізувати успадкований ними життєвий потенціал.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Низка публікацій засвідчує позитивну дію регуляторів росту рослин у збільшенні урожайності сільськогосподарських культур, у тому числі картоплі, та покращенні якості отриманої продукції. Зокрема науковці М. Молоцький, Ю. Федорчук зазначають, що обробка бульб картоплі регулятором росту стимулює проростання вічок, розташованих не тільки у верхній, а й у нижній частині бульби. Це обумовлює утворення більшої кількості стебел, збільшує асиміляційну поверхню і продуктивність рослин картоплі. Їх застосовують із метою посилення процесів відтоку продуктів фотосинтезу з надземної маси в бульби [5]. Учені [6; 7] зазначають, що прирости площі листкової поверхні від використання регуляторів росту у фазу бутонізації були рівноцінні приросту, який одержали від заорювання сидеральних культур. Дослідження показали, що органічні та мінеральні добрива у взаємодії з регуляторами росту забезпечують більші прирости врожаю порівняно з їхнім роздільним використанням.

Як стверджує Л. А. Анішин, впровадження у технологію вирощування картоплі регуляторів росту рослин є одним із найдоступніших і найдешевших заходів підвищення врожайності та поліпшення якості рослинницької продукції. Витрати на придбання та внесення на посівах картоплі цих препаратів цілком окупуються приростами врожаю в десятки разів.

У наукових публікаціях низки вчених [2; 5–7] наведені результати досліджень за виявленням впливу застосування ростостимулювальних препаратів на показники якості продукції. Відзначається,

що їх застосування на тлі удобрення дозволило отримати продукцію з вищими показниками якості. Крім того, сумісне застосування пестицидів із регуляторами росту на картоплі показало доцільність застосування таких сумішей у єдиному технологічному процесі за умови збігу термінів захисту рослин від колорадського жука та профілактичної обробки проти фітофторозу.

Постановка завдання. Наше завдання – дослідити закономірності формування продуктивності картоплі залежно від комплексного застосування удобрення та регулятора росту Біолан упродовж 2023–2024 років на темно-сірому опідзоленому середньосуглинковому за гранулометричним складом ґрунті в умовах Західного Лісостепу Львівської області.

Ґрунт середньозабезпечений рухомими формами фосфору і калію (відповідно, їхній вміст становив 93 і 75 мг/кг ґрунту), низьким рівнем азоту (98 мг/кг), вміст гумусу – 2,36 %, рН сольове – 6,2.

Технологія вирощування картоплі в досліді загальноприйнята для зони Західного Лісостепу. Сорт картоплі Альбатрос.

Погодні умови в роки проведення досліджень характерні значною різноманітністю, як за кількістю атмосферних опадів особливо, розподілом їх в окремі місяці, так і за температурним режимом. За середньої багаторічної кількості опадів за вегетаційний період картоплі (квітень–вересень) 390 мм у 2023 р. їх випало 350 мм; у 2024 – 327 мм. Роки досліджень характерні значно вищим температурним режимом.

Мінеральні добрива у формі нітрофоски ($N_{15}P_{15}K_{15}$) та калімагnezії ($K_2O - 30$) вносили вручну, згідно із схемою досліді, врозкид по поверхні ґрунту навесні під культивуацію. Попередником була озима пшениця.

Обприскування рослин регулятором росту Біолан проводили у фазу бутонізації, поєднуючи з внесенням пестицидів у боротьбі з хворобами та шкідниками рослин. Досліді закладали у трьох повтореннях, розміщення ділянок систематичне, послідовне.

Під час досліджень здійснювали необхідні обліки, спостереження та аналізи відповідно до методичних рекомендацій щодо проведення досліджень з картоплею [3].

Виклад основного матеріалу. Дослідження біометричних показників свідчать про позитивний вплив як агрофону, так і поєднання агрофону і регулятора росту Біолан на лінійний ріст рослин картоплі та формування асиміляційної поверхні (табл. 1).

За результатами досліджень, середня висота рослин у контрольному варіанті, де добрива не вносились, становила 51,4 см. Рівні удобрення забезпечили прирости висоти рослин, які відповідно становили 2,6 і 5,6 см (5,2 і 10,9 %). У варіантах із поєднанням удобрення та регулятора росту прирости висоти рослин були більшими відповідно до агрофону і становили 3,5 і 7,5 см. Зауважено позитивний вплив агрозаходів на формування листової поверхні агрофітоценозом картоплі. За даними науково-дослідних установ, для формування урожайності 300–350 ц/га площа асиміляційного апарату насаджень картоплі має бути в межах 40–45 тис. м²/га [5].

Ми виявили, що різні умови живлення суттєво впливали на формування розміру листового апарату. У середньому його розмір у контрольному варіанті становив 31,1 тис. м²/га.

За внесення добрив N₆₀P₆₀K₉₀ цей показник зріс на 18,5 %, а за норми добрив N₉₀P₉₀K₁₂₀ – на 31,5 %. Вищі показники приросту площі асиміляційної поверхні забезпечило комплексне застосування добрив та регулятора росту Біолан, які за рівнями удобрення відповідно становили 29,2 і 35,1 % (тобто 9,1 і 10,9 тис. м²/га).

Урожайність – основний показник продуктивності рослин і мірило господарської діяльності щодо впровадження агрозаходу.

Таблиця 1

Вплив рівня удобрення та регулятора росту Біолан на формування біометричних показників рослин картоплі (середнє за 2023–2024 рр.)

Варіант	Висота рослин, см	Приріст		Площа лист. поверх., тис. м ² /га	Приріст	
		см	%		тис. м ² /га	%
Без добрив – контроль	51,4	-	-	31,1	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	54,0	2,5	5,2	36,8	5,7	18,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + PP	54,9	3,5	6,7	40,2	9,1	29,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	57,0	5,6	10,9	40,9	9,8	31,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + PP	58,9	7,5	14,8	42,0	10,9	35,1

Таблиця 2

Вплив рівня удобрення та регулятора росту на врожайність бульб картоплі, т/га

Варіант досліджу	2023 р.	2024 р.	Середнє	Приріст +/- до контролю	
				т/га	%
Без добрив – контроль	27,6	23,0	25,3	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	33,0	26,6	29,8	4,5	17,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + PP	35,4	28,4	31,9	6,6	26,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	38,5	32,4	35,5	10,2	40,3
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + PP	41,2	34,9	38,1	12,8	51,6

НІР 0,5 т/га 1,67 1,92

Результати обліку врожаю (табл. 2) свідчать, що ефективність мінеральних добрив визначалася нормою їхнього внесення. При зростанні агрохімічного фону врожайність бульб збільшувалася і досягла максимуму у варіанті досліджу, що передбачав внесення N₉₀P₉₀K₁₂₀. Приріст урожаю відносно контролю становив 10,2 т/га (40,3 %). За поєднаного застосування мінеральних добрив та регулятора росту ефективність дії добрив посилювалася і прирости врожаю відносно контролю (без добрив і PP) були вищими і становили відповідно 6,6 і 12,8 т/га, а відносно агрофону – 2,1 і 2,6 т/га (9,7 і 11,3 %). Результати дослідження вказують на

достовірність приросту врожаю від дії стимулятора росту Біолан за роками досліджень.

Добрива, особливо в поєднанні з Біоланом, мали значний вплив на якість бульб картоплі. При зростанні норм добрив уміст сухої речовини зменшувався і досяг мінімальної величини у варіанті досліджу, що передбачав застосування рівня удобрення N₉₀P₉₀K₁₂₀. Аналогічну закономірність спостерігали і за вмістом крохмалю. Сумісна дія добрив та Біолану позначилась виразніше на вказаних показниках якості. Зокрема вміст сухої речовини у бульбах картоплі із варіанта N₉₀P₉₀K₁₂₀+PP становив у середньому за два роки

23,5 % проти 25,8 % у контрольному варіанті. Вміст крохмалю також значно зменшився і становив відповідно 16,4 проти 18 %.

Для сільського виробництва важливим показником ефективності застосування добрив чи інших засобів є збір сухих речовин, крохмалю або білка з одиниці посіву. Незважаючи на те, що під впливом добрив уміст сухих речовин та крохмалю в бульбах зменшувався, збір їх з 1 га посіву помітно зростав і був найвищим у варіанті досліді з рівнем удобрення $N_{90}P_{90}K_{120}$ разом із застосуванням Біолану і становив 8,87 т/га сухих речовин та 6,25 т/га крохмалю проти контролю відповідно 6,53 і 4,15 т/га.

Висновки. Установлено значний приріст урожайності бульб картоплі від внесення мінеральних добрив. Рівні мінерального живлення забезпечили приріст урожаю бульб картоплі в обсязі 4,5 і 10,2 т/га (17,8 і 40,3 %) проти контролю 25,3 т/га. Поєднання рівня мінерального живлення із застосуванням регулятора росту Біолан забезпечило вищі прирости бульб картоплі, які в середньому становили 6,6 і 12,8 т/га. Найвища врожайність бульб картоплі (38,1 т/га) сорту Альбатрос сформувалась на агрофоні $N_{90}P_{90}K_{120}$ та позако-реневій обробці посіву Біоланом у фазу бутонізації. Приріст урожаю становив 12,8 т/га (51,6 %).

Бібліографічний список

1. Брошак І. С. Вплив норм і способів внесення регулятора росту і розвитку рослин вермістиму на урожайність і якість картоплі в умовах південно-західного Лісостепу України: автореф. дис. ... к. с.-г. н. Київ, 2005. 20 с.
2. Києнко З. Б. Урожайність та якість картоплі нових сортів залежно від норм мінеральних добрив та регулятора росту Потейтин на дерново-підзолистих ґрунтах України: автореф. дис. ... к. с.-г. н. Київ, 2004. 20 с.
3. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. Київ: НАУ, 2001. 247 с.
4. Мельник С. І. Увагу розвитку галузі картоплярства в Україні. *Картоплярство України*. Київ, 2009. № 3–4 (16–17). С. 7–9.
5. Молоцький М. Я., Федорчук Ю. В., Житнецький К. В. Реакція сортів картоплі на обробку бульб і рослин регулятором росту в умовах Центрального Лісостепу України. *Аграрна наука виробництва: матеріали VII Держ. наук. практ. конф.* Біла Церква, 2008. С. 3.
6. Ревунова Л. Г., Куценко В. С. Продуктивність картоплі в умовах Полісся України залежно від комплексного застосування добрив і регуляторів росту. *Картоплярство: міжвід. тем. наук. зб. Аграрна наука*, 2006. Вип. 34–35. С. 109–118.
7. Шарапа М. Г. Антистресова дія регуляторів росту при застосуванні гербіцидів на посівах картоплі. *Картоплярство України*. Київ, 2008. № 3–4 (12–13). С. 33–35.

Стаття надійшла 20.01.2025

УДК 633.49 [631.816.1:631.559]: 631.445.2

ПРОДУКТИВНІСТЬ КАРТОПЛІ ЗАЛЕЖНО ВІД РОЗРАХУНКОВИХ НОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПІД ЗАПРОГРАМОВАНУ ВРОЖАЙНІСТЬ НА ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Б. Пархуць, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-9874-1744

Львівський національний університет природокористування<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.186>

Пархуць Б. Продуктивність картоплі залежно від розрахункових норм мінеральних добрив під запрограмовану врожайність на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу України

Представлено результати вивчення впливу мінеральних добрив (на фоні органічних) на запрограмовану врожайність 30, 35 і 40 т/га картоплі сорту Коннект на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу України. До закладання дослідів вміст рухомих форм основних елементів мінерального живлення в орному шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту становив: легкогідролізованого азоту за методом Корнфілда – 142 мг, рухомого фосфору – 75 мг, обмінного калію за методом Чирікова – 98 мг на 1 кг ґрунту. Схема дослідів передбачала такі варіанти: контроль – без добрив; фон (40 т/га гною) + рекомендована норма для даної зони $N_{90}P_{90}K_{120}$; фон + розрахункова норма добрив $N_{53}P_{25}K_{59}$ під запрограмовану урожайність 30 т/га; фон + розрахункова норма добрив $N_{53}P_{58}K_{123} + N_{50}$ (у підживлення BBCH 35-37) під запрограмовану врожайність 35 т/га; фон + розрахункова норма добрив $N_{53}P_{92}K_{187} + N_{50}$ (у підживлення BBCH 35-37) + N_{50} (у підживлення BBCH 50-52) під запрограмовану врожайність 40 т/га.

Для розрахунків використовували такі коефіцієнти: коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту – N – 0,23, P_2O_5 – 0,10, K_2O – 0,37; коефіцієнт використання поживних речовин з мінеральних добрив – N – 0,60, P_2O_5 – 0,30, K_2O – 0,70; коефіцієнт використання поживних речовин з органічних добрив – N – 0,25, P_2O_5 – 0,30, K_2O – 0,50.

Найбільшу врожайність 39,7 т/га при запрограмованій урожайності 40,0 т/га, у середньому за роки досліджень, одержали за внесення розрахункових мінеральних добрив у нормі $N_{153}P_{92}K_{187}$ на фоні 40 т/га гною. Приріст урожайності у цьому варіанті становив 19,9 т/га, або 100,5 %, а до рекомендованої норми фон + $N_{90}P_{90}K_{120}$ – 6,5 т/га. Рекомендована норма $N_{90}P_{90}K_{120}$ на фоні 40 т/га гною забезпечила урожайність 33,2 т/га з приростом до контролю 13,4 т/га, або 67,7 %. Найнижчу врожайність картоплі, 19,8 т/га, одержали у контрольному варіанті дослідів – без внесення добрив.

Найвищий вміст крохмалю 17,2 % одержали у контрольному варіанті дослідів, а його загальний вихід 5,6 т/га – за внесення на фоні 40 т/га гною розрахункової норми мінеральних добрив $N_{153}P_{92}K_{187}$ на запрограмовану врожайність 40 т/га. В інших варіантах вихід крохмалю був дещо нижчий, а на контролі найнижчим і становив 3,4 т/га.

За внесення на фоні 40 т/га гною розрахункової норми мінеральних добрив $N_{153}P_{92}K_{187}$ одержали найвищий чистий прибуток 235100 грн/га та рівень рентабельності 83,5 %.

Ключові слова: картопля, добрива, урожайність, якість.

Parkhuts B. Potato yield productivity based on calculated mineral fertilizer norms for the target yield on dark grey podzolic soil in the Western Forest-Steppe region of Ukraine

This paper presents research findings on the impact of mineral fertilizers, applied in conjunction with an organic background, on the target yields of 30, 35, and 40 t/ha for the Connect potato variety cultivated in the dark grey podzolic soil of the Western Forest-Steppe region of Ukraine. Prior to the experiment, the levels of mobile forms of key mineral nutrients in the arable layer of the dark grey podzolic soil were measured as follows: easily hydrolyzed nitrogen (determined using the Kornfield method) was found to be 142 mg, mobile phosphorus measured 75 mg, and exchangeable potassium (assessed by the Chirikov method) was 98 mg per 1 kg of soil. The following variants were included in the scheme of the experiment: control – without fertilisers; background (40 t/ha of manure) + the recommended rate for this zone $N_{90}P_{90}K_{120}$; background + calculated fertiliser rate $N_{53}P_{25}K_{59}$ for a target yield of 30 t/ha; background + calculated rate of fertiliser $N_{53}P_{58}K_{123} + N_{50}$ (applied as topdressing at BBCH 35-37) for a target yield of 35 t/ha; background + calculated rate of fertiliser $N_{53}P_{92}K_{187} + N_{50}$ (applied as topdressing at BBCH 35-37) + N_{50} (applied as topdressing at BBCH 50-52) for a programmed yield of 40 t/ha.

The following coefficients were used for the calculations: nutrient use efficiency from soil – N – 0,23, P_2O_5 – 0,10, K_2O – 0,37; nutrient use efficiency from mineral fertilisers N – 0,60, P_2O_5 – 0,30, K_2O – 0,70; nutrient use efficiency from organic fertilisers – N – 0,25, P_2O_5 – 0,30, K_2O – 0,50.

The highest yield of 39.7 t/ha with a target yield of 40.0 t/ha, on average over the years of research, was obtained by applying the calculated mineral fertilisers at the rate of $N_{153}P_{92}K_{187}$ on a background of 40 t/ha of manure. The yield increase in

this variant was 19.9 t/ha, or 100.5 %, and 6.5 t/ha to the recommended rate of background + $N_{90}P_{90}K_{120}$. The recommended rate of $N_{90}P_{90}K_{120}$ on the basis of 40 t/ha of manure provided a yield of 33.2 t/ha with an increase of 13.4 t/ha, or 67.7 %, to the control. The lowest potato yield of 19.8 t/ha was obtained in the control variant of the experiment – without fertilisation.

The highest starch content of 17.2 % was obtained in the control variant of the experiment, and its total yield of 5.6 t/ha was obtained by applying the calculated rate of mineral fertiliser $N_{153}P_{92}K_{187}$ on the background of 40 t/ha of manure for a target yield of 40 t/ha. In other variants, the starch yield was slightly lower, and in the control variant it was the lowest and amounted to 3.4 t/ha.

The highest net profit of 235100 UAH/ha and a profitability level of 83.5 % were obtained by applying the calculated rate of mineral fertilisers $N_{153}P_{92}K_{187}$ on a background of 40 t/ha of manure.

Keywords: potatoes, fertilisers, yield, quality.

Постановка проблеми. Раціональне використання добрив – один із визначальних чинників підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та покращання якості одержуваної продукції. У системі живлення картоплі особливе значення має оптимізація мінерального живлення на фоні органічних добрив, яка дозволяє не лише забезпечити потреби культури в основних елементах живлення, а й підвищити агрохімічні показники ґрунту, зменшити екологічне навантаження на довкілля та сприяти реалізації потенціалу врожайності культури.

В умовах темно-сірих опідзолених ґрунтів Західного Лісостепу України ефективність використання добрив значною мірою залежить від їхньої форми, норми внесення та погодних умов. Актуальним є застосування запрограмованого мінерального живлення, що передбачає диференційовані норми добрив відповідно до запланованої врожайності картоплі. Попередні дослідження свідчать, що поєднане внесення органічних і мінеральних добрив забезпечує найбільший приріст урожаю картоплі, проте є певна суперечність між підвищенням урожайності та зниженням якості бульб, зокрема вмісту крохмалю.

Незважаючи на наявність рекомендацій щодо внесених добрив для різних ґрунтово-кліматичних зон України, недостатньо вивченими залишаються питання щодо оптимальних розрахункових норм мінеральних добрив під конкретні сорти картоплі, зокрема сорту Коннект, у поєднанні з органічними добривами на темно-сірому опідзоленому ґрунті. Це ускладнює реалізацію потенціалу сорту за умов програмування врожайності на рівні 30, 35 і 40 т/га.

Отож, виникає потреба в уточненні розрахункових норм мінеральних добрив на фоні органічного удобрення для досягнення найвищих показників урожайності та якості бульб картоплі сорту Коннект у специфічних ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оптимізація мінерального живлення є ключовим чинником у системі управління продуктивністю та

якістю сільськогосподарських культур. Формування високоякісної рослинницької продукції ґрунтується на принципі комфортного живлення, який передбачає створення фізіологічно сприятливих умов для росту й розвитку рослин. До таких умов належать: відсутність дефіциту елементів мінерального живлення, їхня позиційна доступність для кореневої системи, пролонгована дія добрив та збалансоване забезпечення інших екологічних чинників (вологість, освітлення, температурний режим). За оптимального поєднання цих умов внесення добрив може забезпечувати до 35–50 % загального приросту врожайності [6].

Потребу картоплі в поживних речовинах доцільно задовольняти поєднаним застосуванням органічних і мінеральних добрив. За результатами агрохімічного аналізу встановлено, що на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся, за середнього рівня забезпеченості ґрунту рухомими формами фосфору та обмінного калію, оптимальними нормами внесення мінеральних добрив урожайд є $N_{90-120}P_{90}K_{120-150}$ кг/га д. р. на фоні 40–50 т/га напівперепрілого гною [2].

У результаті проведених досліджень встановлено, що середньостиглі сорти картоплі (Віра, Слов'янка, Надійна) характеризувалися високим рівнем урожайності бульб. Максимальну врожайність 38,8 т/га одержали у варіанті за внесення повного мінерального добрива (органічний фон + $N_{120}P_{120}K_{120}$). Уміст крохмалю в бульбах значною мірою залежав від сорту та фону живлення. Найвищий уміст крохмалю 17,2 % одержали у варіанті без внесення добрив. Це свідчить про те, що застосування як органічних, так і мінеральних добрив, хоча й підвищує урожайність, водночас супроводжується тенденцією до зниження вмісту крохмалю в бульбах картоплі в усіх досліджуваних сортах [9].

Згідно з рекомендаціями Ю. В. Федорука та М. Я. Молоцького, оптимальні норми внесення органічних добрив (гною) за вирощування картоплі варіюються залежно від типу ґрунтів та гідротермічних умов регіону. Так, на дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтах Полісся доцільно вносити 50–

60 т/га гною, в умовах стійкого зволоження Лісостепу – 40–50 т/га, а в районах із недостатнім зволоженням ці норми знижуються до 20–25 т/га. Такий диференційований підхід до органічного удобрення дозволяє ефективно регулювати живлення картоплі, підвищуючи її урожайність і якість бульб [10].

За даними агрономічних досліджень, за вирощування картоплі на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу після пшениці озимої доцільно застосовувати мінеральні добрива в дозі $N_{85}P_{60}K_{105}$ на фоні органічного удобрення у вигляді 40 т/га гною. Така система удобрення забезпечує оптимальні умови для росту рослин, сприяє підвищенню агрохімічних показників ґрунту та забезпечує реалізацію потенціалу урожайності культури [7].

Згідно з дослідженнями І. М. Гнатюка [3], в умовах Західного Лісостепу найвищу врожайність бульб картоплі сортів Мавка та Луговська – 34,2 та 41,2 т/га відповідно, було отримано за внесення 50 т/га гною у поєднанні з мінеральними добривами в нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$. Найбільший вплив на приріст урожайності виявили добрива, які забезпечили 42,2 % приросту для сорту Мавка та 54,7 % – для сорту Луговська.

Найвищі показники продуктивності культури спостерігаємо за поєднаного внесення органічних і мінеральних добрив. Орієнтовні норми мінерального живлення, рекомендовані з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, становлять: на фоні органічних добрив для дерново-підзолистих, сірих лісових суглинкових ґрунтів – $N_{90}P_{70}K_{120}$, для дерново-карбонатних ґрунтів – $N_{90}P_{60}K_{120}$, для чорноземів типових – $N_{45}P_{60}K_{60}$ [5].

Рекомендовані норми мінеральних добрив у різних ґрунтово-кліматичних зонах є різними, причому різняться вони переважно від типу ґрунту попередника і сорту. Тож необхідно було встановити в умовах Західного Лісостепу на темно-сірому опідзоленому ґрунті для сорту картоплі Коннект розрахункові норми внесення мінеральних добрив на запрограмовану врожайність 30, 35 і 40 т/га з метою досягнення найкращих показників її продуктивності і якості.

Постановка завдання. Наше завдання – визначення впливу різних норм мінеральних добрив на фоні органічного удобрення на формування запрограмованої урожайності бульб картоплі сорту Коннект (30, 35 та 40 т/га) на темно-сірому опідзоленому ґрунті в умовах Західного Лісостепу України.

Виклад основного матеріалу. Для одержання запрограмованого врожаю картоплі сорту Коннект дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. в умовах Івано-Франківського району Івано-Франківської області. Вміст гумусу (за Тюрнімом) у шарі ґрунту 0–25 см становив 2,5 %. Вміст рухомих форм азоту, фосфору і калію в темно-сірому опідзоленому ґрунті такий: легко-гідролізованого азоту за Корнфілдом – 142 мг, рухомого фосфору – 75 мг, і обмінного калію за Чириковим – 98 мг на 1 кг ґрунту.

Азотні добрива у формі карбаміду $N-64$ (сечовина) $CO(NH_2)_2$ вносили при посадці та у підживлення в періоди ВВСН 35-37 і ВВСН 50-52. Фосфорні добрива у формі простого гранульованого суперфосфату $P19$ $(CaH_2PO_4)_2 \times H_2O + 2CaSO_4 \times 2H_2O$ і калійні у формі $kaliymag-agro@humic\ active\ K$ $(Ca\ Mg\ S)\ 44\pm4\ (5:15:3)$ вносили під основний обробіток ґрунту. При посадці картоплі вносили Polifoska® 15 NPK(S) 15:15:15(20) в нормі $N_{20}P_{20}K_{20}$. При постановці польового досліду та проведенні фенологічних спостережень та біохімічних досліджень застосовували відповідні методики [7; 8]. Загальна площа ділянки досліду – 140 м², облікова – 100 м². Попередником картоплі була соя, під яку вносили мінеральні добрива в нормі $N_{30}P_{60}K_{60}$.

Вирощували сорт картоплі Коннект, занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні з 2015 року. Технологія вирощування загальноприйнята для Західного Лісостепу України. Агрометеорологічні умови були сприятливими впродовж проведення досліджень. Вміст крохмалю визначали на вагах BDU15-K.

Результати обліку врожайності обробляли методами дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерної програми AGROSTAT. Розрахунок норми азоту, фосфору і калію під запрограмовану врожайність 30, 35 і 40 т/га проводили за формулою [1]:

$$H = \frac{Y_p \times B - C \times K - N \times b \times K_o}{Km},$$

де H – норма добрива для запланованої врожайності, кг/га; Y_p – планова врожайність урожай, т/га; B – винос поживних речовин однією тонною основної і відповідною кількістю нетоварної частини з орного шару, кг/га; C – запас доступних поживних речовин в орному шарі, кг/га; K – коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту; N – кількість органічних добрив, т/га; b – вміст поживних речовин в органічному добриві, %; K_o – коефіцієнт використання поживних речовин із

органічних добрив; K_m – коефіцієнт використання поживних речовин із мінеральних добрив.

Схема досліду передбачала такі варіанти: контроль – без добрив; рекомендована норма для цієї зони $N_{90}P_{90}K_{120}$ на фоні органічних 40 т/га; фон + розрахункова норма добрив $N_{53}P_{25}K_{59}$ під запрограмовану врожайність 30 т/га; фон + розрахункова норма добрив $N_{53}P_{58}K_{123} + N_{50}$ (у підживлення BBCH 35-37) під запрограмовану врожайність 35 т/га; фон + розрахункова норма добрив $N_{53}P_{92}K_{187} + N_{50}$ (у підживлення BBCH 35-37) + N_{50} (у підживлення BBCH 50-52) під запрограмовану врожайність 40 т/га.

Найвищі показники структури врожаю одержали за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{153}P_{92}K_{187}$ на фоні 40 т/га гною: з одного куща отримано 16,2 бульб, їхня загальна маса становила 926 г, а біологічна врожайність досягла 41,7 т/га. В інших варіантах досліду ці показники були нижчими, а найнижчі результати одержали у контрольному варіанті: 12,8 бульби з одного куща масою 462 г, біологічна врожайність – лише 20,8 т/га.

У табл. 1 наведено вплив добрив на врожайність картоплі.

Найбільшу врожайність 39,7 т/га, у середньому за три роки досліджень, одержали за внесен-

ня розрахункових мінеральних добрив у нормі $N_{153}P_{92}K_{187}$ на фоні 40 т/га гною. Приріст урожайності до контролю у цьому варіанті становив 19,9 т/га, або 100,5 %, а до рекомендованої норми $N_{90}P_{90}K_{120}$ на фоні 40 т/га гною – 6,5 т/га. Рекомендована норма мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{120}$ на фоні 40 т/га гною забезпечила урожайність 33,2 т/га, що дало приріст урожайності 13,4 т/га, або 67,7 %. Найменшу врожайність картоплі 19,8 т/га одержали у контрольному варіанті – без внесення добрив.

У табл. 2 наведено вплив добрив на вміст крохмалю в бульбах картоплі і його вихід.

Найвищий вміст сухої речовини 22,7 % та крохмалю 17,2 % одержали у контрольному варіанті, а його вихід 5,6 т/га за внесення на фоні 40 т/га гною розрахункової норми у варіанті за $N_{153}P_{92}K_{187}$ на запрограмовану врожайність 40 т/га. В інших варіантах уміст крохмалю був дещо нижчий, і найнижчим він був 14,1 % за внесення на фоні 40 т/га гною розрахункової норми $N_{153}P_{92}K_{187}$. Оскільки у бульбах накопичується більше води і відповідно зменшується частка сухої речовини та крохмалю.

Таблиця 1

Вплив добрив на врожайність бульб картоплі

Варіант досліду	Урожайність, т/га				Приріст урожайності	
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	середня	т/га	%
Контроль – без добрив	18,1	21,4	20,0	19,8	-	-
Фон (40 т/га гною) + $N_{90}P_{90}K_{120}$	31,5	34,9	33,1	33,2	13,4	67,7
Фон + $N_{53}P_{25}K_{59}$	28,4	32,2	29,8	30,1	10,3	52,0
Фон + $N_{103}P_{58}K_{123}$	33,1	37,2	34,1	34,8	15,0	75,8
Фон + $N_{153}P_{92}K_{187}$	38,0	41,3	39,7	39,7	19,9	100,5
HP_{05}	1,27	1,34	1,19			

Таблиця 2

Вплив добрив на якість бульб картоплі, у середньому за 2022–2024 рр.

Варіант досліду	Вміст сухої речовини		Вміст крохмалю		Вихід крохмалю, т/га	Приріст виходу крохмалю	
	%	± до контролю	%	± до контролю		т/га	%
Контроль – без добрив	22,7	-	17,2	-	3,4	-	-
Фон (40 т/га гною) + $N_{90}P_{90}K_{120}$	21,4	-1,3	16,0	-1,2	5,3	1,6	47,1
Фон + $N_{53}P_{25}K_{59}$	20,5	-1,7	15,7	-1,5	4,7	1,3	38,2
Фон + $N_{103}P_{58}K_{123}$	19,6	-2,1	15,2	-2,0	5,3	1,9	55,9
Фон + $N_{153}P_{92}K_{187}$	18,1	-3,2	14,1	-3,1	5,6	2,2	64,7

Найнижчий прибуток 42800 грн/га і рівень рентабельності 19,9 % одержано у контрольному варіанті – без внесення добрив. У третьому і четвертому варіантах досліді чистий прибуток і рівень рентабельності відповідно становили 161525 і 190070 грн/га та 64,7 і 69,7 %. Найвищу економічну ефективність одержано за внесення на фоні 40 т/га гною мінеральних добрив у нормі $N_{153}P_{92}K_{187}$ на запрограмовану врожайність 40 т/га, але фактично одержаний 39,7 т/га: чистий прибуток 235100 грн/га; рівень рентабельності 83,5 %.

Висновки. У ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому ґрунті за вирощування картоплі сорту Коннект після сої найбільш ефективним є диференційоване внесення мінеральних добрив відповідно до рівня запрограмованої урожайності. Зокрема для досягнення урожайності 30 т/га рекомендовано вносити на фоні 40 т/га гною мінеральні добрива у нормі $N_{53}P_{25}K_{59}$, для 35 т/га – $N_{53}P_{58}K_{123} + N_{50}$ (у підживлення ВВСН 35-37), а для 40 т/га – $N_{53}P_{92}K_{187} + N_{50}$ (у підживлення ВВСН 35-37) + N_{50} (у підживлення ВВСН 50-52). Реалізація таких норм удобрення забезпечила фактичну врожайність, близьку до запрограмованих рівнів – відповідно 30,1; 34,8 та 39,7 т/га, із виходом крохмалю 4,7; 5,3 і 5,6 т/га. Це свідчить про високу ефективність програмованого удобрення за вирощування картоплі в зазначених умовах.

Бібліографічний список

1. Агрохімічний аналіз ґрунту, рослин і добрив на лабораторно-практичних заняттях з агрохімічної хімії: навч. посібник. / Карасюк І. М., Геркіял О. М., Недвига М. В. та ін., за ред. І. М. Карасюка. Київ, ЗАТ «НІЧЛАВА», 2001. 192 с.
2. Вишневецька О. Картопля: як посадити – так і збереш. *Пропозиція*. 2017. № 4. С. 100–102.
3. Гнатюк І. М. Залежність урожаю та якості картоплі від схем садіння, норм добрив і маси садивних бульб в умовах західного Лісостепу України: автореф. дис. к. с.-г. н.: 06.01.09. Київ, 1997. 22 с.
4. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / за ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
5. Ільчук Р. В., Альохін В. В. Урожайність картоплі залежно від рівнів живлення, способів внесення добрив та маси садивних фракцій. *Картоплярство України*. Київ, 2013. № 1–2 (32–33). С. 24–27.
6. Потапенко Л. В. Агрохімічна оцінка різних систем удобрення картоплі при вирощуванні в зоні Полісся. *Картоплярство: міжвід. темат. наук. збірн.* Київ: Аграрна наука, 2014. Вип. 42. С. 175–184.
7. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею / за ред. В. В. Кононученка. Немішаєве: ІК УААН, 2002. 183 с.
8. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Київ: Вища школа, 1994. 344 с.
9. М'ялковський Р. О. Вплив добрив на продуктивність бульб картоплі в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. С. 56–58.
10. Федорук Ю. В., Молоцький М. Я. Зміна біохімічного складу бульб картоплі залежно від сорту і добрив в умовах Центрального Лісостепу України. *Картоплярство: міжвід. темат. наук. зб.* Київ: Аграрна наука, 2008. Вип. 37. С. 194–212.

Стаття надійшла 18.02.2025

Розділ 8 ТВАРИННИЦТВО

УДК 577.1:636.32/38:677.31:677.019.381

ЕСТЕРИ ХОЛЕСТЕРОЛУ ВОВНИ ОВЕЦЬ ЗА ВПЛИВУ БІОДЕСТРУКЦІЇ МІКРООРГАНІЗМАМИ РУНА

В. Ткачук, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-6392-4241

Н. Огородник, д. вет. н.

ORCID ID: 0000-0002-7428-9973

Н. Мотько, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-3103-1056

С. Павкович, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-0844-3071

М. Рацький, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0009-0004-6368-1664

Р. Козак, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0009-0003-1619-8672

І. Дудар, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4467-9946

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.191>

Ткачук В., Огородник Н., Мотько Н., Павкович С., Рацький М., Козак Р., Дудар І. Естери холестеролу вовни овець за впливу біодеструкції мікроорганізмами руна

Зауважено, що руно овець – ідеальне середовище для росту та розвитку мікрофлори, оскільки забезпечує оптимальні умови для її життєдіяльності, зокрема тепло, повітря, вологу, а також як субстрат – жиропіт та сам кератин вовни. Досліджено естери холестеролу поверхневих та внутрішніх ліпідів вовни овець за впливу біодеструкції мікроорганізмами. Об'єктом досліджень слугували зразки пошкодженої вовни вівцематок асканійської тонкорунної породи із високим мікробіологічним обсіменінням, а контролем – неушкоджена вовна з низьким рівнем мікробного забруднення. Поверхневі ліпіди (віск) отримували шляхом екстракції в апараті Сокслета тетрахлорметаном, вільні внутрішні ліпіди – повторною екстракцією суміші хлороформ – метанолу (2 : 1), зв'язані внутрішні ліпіди – після попереднього лужного гідролізу. Естери холестеролу розділяли у системі н-гептан – толуол (8 : 2), які представлені у поверхневих ліпідах шістьма класами, а у внутрішніх ліпідах вовни – чотирма. Встановлено, що у нормальній за станом вовні у холестеролі воску міститься 41,39 % естерів насичених кислот, а у пошкодженій вовні їхня кількість знижується і становить 36,13 % ($P < 0,001$). Кількість ненасичених ефірів холестеролу, навпаки, зростає, особливо щодо триєнових 5,83 проти 4,53 % ($P < 0,05$) та тетраєнових 5,91 проти 4,81 % ($P < 0,05$) ефірів. У вільних внутрішніх ліпідах пошкодженої вовни міститься нижчий вміст естерів насичених ($P < 0,001$), і вищий – ді-, три-, і тетраєнових ($P < 0,05$) та інших полієнових ($P < 0,001$) кислот. Естерифікований холестерол зв'язаних внутрішніх ліпідів дефектної вовни містить меншу кількість естерів мононенасичених кислот – 15,13 % ($P < 0,05$) порівняно з 17,58 % у нормальній за станом вовні. Натомість у пошкодженій вовні є більша кількість ді-, три-, і тетраєнових ($P < 0,05$) та інших полієнових ($P < 0,01$) естерів. Такі зміни вказують на гідролітичні процеси, що відбуваються у середовищі жиропоту та внутрішніх ліпідах вовни, які в підсумку можуть мати негативний вплив на структуру вовняних волокон і, передусім, їхній кутикулярний шар.

Ключові слова: вівці, вовна, мікрофлора, жиропіт, віск, внутрішні ліпіди вовни, жирні кислоти.

Tkachuk V., Ohorodnyk N., Motko N., Pavkovych S., Ratskyi M., Kozak R., Dudar I. Cholesterol esters of sheep wool under the influence of biodegradation by fleece microorganisms

Sheep fleece is an ideal environment for the growth and development of microflora, as it provides optimal conditions – heat, air, moisture, and also serves as a substrate – grease and keratin of the wool itself. In this regard, cholesterol esters of surface and internal lipids of sheep wool under the influence of biodegradation by microorganisms were studied. The research focused on damaged wool samples from Ascanian fine-wool ewes with high microbial contamination, while the control group consisted of undamaged wool with low microbial levels. Surface lipids (wax) were obtained by extraction in a Soxhlet

apparatus with tetrachloromethane, free internal lipids were obtained through repeated extraction with a chloroform–methanol mixture (2:1), and bound internal lipids were obtained after prior alkaline hydrolysis. Cholesterol esters were separated in the n-heptane–toluene (8:2) system, being represented by six classes in surface lipids and four classes in internal wool lipids. It was found that the cholesterol of the wax of damaged wool is characterized by a lower content of esters of saturated acids – 36.13 % ($P < 0.001$), compared with 41.39 % in wool in normal condition; and a higher content of unsaturated and, especially, trienoic acids – 5.83 vs. 4.53 % ($P < 0.05$) and tetraenoic acids – 5.91 vs. 4.81 % ($P < 0.05$). The free internal lipids of damaged wool contain a lower content of saturated acid esters ($P < 0.001$), and a higher content of di-, tri-, and tetraenoic ($P < 0.05$) and other polyenoic ($P < 0.001$) acids. The esterified cholesterol of the bound internal lipids of defective wool contains a smaller amount of saturated esters and, especially, monounsaturated acids 15.13 % ($P < 0.05$), compared to 17.58 % in wool in normal condition. In contrast, in damaged wool there is a larger amount of di-, tri-, and tetraenoic ($P < 0.05$) and other polyenoic ($P < 0.01$) esters. Such changes indicate the presence of hydrolytic processes occurring in the environment of the grease and internal lipids of the wool, which ultimately can have a negative effect on the structure of wool fibers and, above all, their cuticular layer.

Keywords: sheep, wool, microflora, grease, wax, internal lipids of wool, fatty acids.

Постановка проблеми. Ідеальне середовище для росту та розвитку різних видів мікроорганізмів – руно овець, оскільки обов'язковою умовою для забезпечення їхньої життєдіяльності є одночасна наявність вільної вологи, повітря та тепла. Використовуючи у процесі своєї життєдіяльності у якості субстрату як середовище руна, тобто його жиропіт і сам кератин, мікрофлора призводить до пошкодження структури волоса, а в окремих випадках і до повної його деградації. Саме мікробіологічне пошкодження волокон – найпоширеніша вада вовняної сировини [11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поверхня вовняного волокна завжди заселена епіфітною мікрофлорою, тобто специфічними, властивими лише цьому волокну бактеріями. Кількісний та видовий склад мікрофлори руна непостійний і представлений видами, які властиві для гною, ґрунту та перегниваючих рослинних залишків. Ці бактерії виділяють протеолітичні ензими, зокрема пепсин [23], під дією яких кератин вовни зазнає гідролітичних процесів, розпадаючись при цьому до окремих амінокислот [3; 19].

Деградація структури волокна починається з поверхневого, тобто кутикулярного шару. Спершу відбувається ерозія поверхні волоса, яка в подальшому призводить до руйнування міжклітинної речовини та відшарування кортикальних лусочок. Це призводить до оголення стрижня волоса і, як результат, до пошкодження клітин кортексу, відтак – до повного розпаду волокна [20]. Пошкодження вовни мікроорганізмами може відбуватися як безпосередньо на вівці, так і при її зберіганні за несприятливих умов [6].

Окрім пошкодження структури волокна, певні види бактерій та грибів знижують його якість тим, що забарвлюють вовну в червоний, синій, бруднозелений, а іноді жовтий колір, що не змивається ні водою, ні мийними засобами [9].

Вовна пошкоджується під дією як бактерій, так і грибів. Останні, використовуючи жиропіт як поживне середовище, створюють умови для подальшої життєдіяльності бактерій, а також можуть механічно руйнувати структуру волокна за рахунок розростання гіф міцелію [12].

Життєдіяльність мікрофлори на вівці відбувається у середовищі жиропоту, який, з одного боку, може бути субстратом для її живлення, а з іншого – захищати волос за рахунок специфічного ліпідного, і особливо, жирнокислотного складу воску [22].

Вовняний волос на 96 % представлений кератином. Однак у його структурі міститься також незначна кількість ліпідів, як у вільному стані, так і зв'язані з протеїном, їхня кількість може коливатися у межах 2–3 % [15]. Локалізовані вони не рівномірно в усіх структурних одиницях волокна – у кутикулі [4], кортексі [17], клітинно-мембранних комплексах [5], а за останніми даними – і в серцевині [25].

Внутрішні ліпіди вовни суттєво різняться від поверхневих, тобто воску, та ліпідів шкіри, оскільки не походять із сальних залоз. Внутрішні ліпіди мають визначальний вплив на формування поверхневих властивостей вовни та її здатності до захисту від дії зовнішніх негативних чинників [24]. Вони складаються з холестеролу, жирних кислот, холестерол сульфату, а також керамідів, подібних до тих, що знайдені у роговому шарі епідермісу [26], і виконують таку ж функцію, тобто відповідають за гідрофобні властивості волокна [21].

Жирнокислотний склад ліпідів вовни представлений переважно пальмітиною, стеариною та олеїною кислотами [13]. У вільних внутрішніх ліпідах на їхню частку припадає до 60 %, натомість у складі зв'язаних ліпідів до 40 % припадає на 18-метилейкозанову кислоту [1], яка за допомогою тіоефірних зв'язків зв'язує ліпіди з протеїнами зовнішньої частини кутикули і є частиною гідрофобної ліпідної поверхні волоса [7; 10].

Постановка завдання. Наше завдання – вивчити естери холестеролу поверхневих та внутрішніх ліпідів вовни овець за впливу біодеструкції мікроорганізмами руна.

Виклад основного матеріалу. Об'єктом досліджень слугувала вовна вівцематок асканійської тонкорунної породи овець, які належали Інституту тваринництва степових районів ім. М.Ф.Іванова «Асканія Нова». Усі тварини перебували за однакових умов утримання та годівлі. Для досліджень використовували зразки вовни, які відбирали з руна, після весняної стрижки овець. Відібрані зразки розділяли на нормальну за станом вовну, й таку, яка мала візуальні ознаки пошкодження та дефектів. Підтверджували пошкодження, або непошкодження вовни, за допомогою сканувальної електронної мікроскопії. Після чого з усіх зразків виділяли мікроорганізми. Для подальших досліджень використовували відібрані зразки деструктивної вовни, яка мала найбільше мікробіологічне обсіменіння. Контролем слугували зразки неушкодженої вовни із низьким рівнем мікробного забруднення [28].

Для отримання вовнового жиру (воску) вовну екстрагували в апараті Сокслета тетрачлорметаном упродовж п'яти годин. Для одержання вільних внутрішніх ліпідів зразки вовни повторно екстрагували сумішшю хлороформ – метанолу (2 : 1), в апараті Сокслета протягом п'яти годин. Зв'язані внутрішні ліпіди отримували після попереднього лужного гідролізу [30]. Для цього зразки вовни, які залишилися після видалення вільних внутрішніх ліпідів, гідролізували шляхом двогодинної обробки за 60 °С в 100 мл 1 М розчину гідроксиду натрію у 90 %-му метанолі. Проби охолоджували і переносили в ділительні воронки. До кожної проби додавали 100 мл хлороформу і 25 мл дистильованої води. Через 12 годин нижній шар хлороформу відбирали, а верхню фазу підкислювали за допомогою 6 М розчину соляної кислоти і проводили повторне екстрагування змішуванням зі 100 мл хлороформу. Після відстоювання відбирали нижній шар хлороформу, додавали його до попередньо одержаного екстракту і висушували випаровуванням. Одержаний осад розчиняли в 10 мл суміші хлороформ-метанолу (2 : 1) і до кожної проби додавали 3 мл 7,5 %-го хлориду калію. Через 24 год. верхню фазу відбирали за допомогою водоструминної помпи, а нижню, яка містила ліпіди, використовували для досліджень.

Отримані в такий спосіб ліпіди досліджували методом тонкошарової хроматографії у системі петролейний ефір-діетиловий ефір (4 : 1) із попереднім насиченням камери парами розчину. Розді-

лення проводили на пластинках «Sorbfil». Після ідентифікації естерифікованого холестеролу силікагель із цією ліпідною фракцією зіскрябували з пластинок у пробірки. В останні вносили по 5 мл хлороформ-метанолової суміші (2 : 1) і залишали для екстракції на 24 год. Після цього екстракційну суміш фільтрували у чисті бюкси. Отримані естери холестеролу наносили на силікагелеві пластинки і розділяли в системі *n*-гептан – толуол (8 : 2) без попереднього насичення камери парами розчину. Розділення у цій системі розчинників проводили тричі. Після кожного розділення хроматограми висушували за кімнатної температури. Проявляли хроматограми у парах йоду. Ідентифікацію окремих класів ліпідів проводили порівнянням хроматограми досліджуваних зразків із хроматограмою, на яку були нанесені свідки, та за літературними даними порівнюючи *r_f*-значення. Вміст окремих ліпідних компонентів розраховували математично і виражали у відсотках [27].

Аналіз отриманих експериментальних даних проводили біометрично за допомогою програми Statistica 7.0 (StatSoft Inc., США). Порівнювали групи овець із нормальною та пошкодженою вовною дисперсним аналізом ANOVA з подальшим визначенням відмінностей, які вважали статистично значущими при $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$.

Відомо, що жиропіт вовни відіграє важливу роль у збереженні нативних властивостей вовняних волокон. Власне цю функцію виконує секрет сальних залоз, тобто віск (ланолін), який захищає руно овець від дії негативних факторів навколишнього середовища, зокрема потрапляння вологи [18], і залежить це, згідно з дослідженнями [16], передусім від його ліпідного складу, тобто від співвідношення між окремими класами ліпідів. У зв'язку з цим ми дослідили ліпідний склад естерів холестеролу воску, виділеного з поверхні нормальної за станом вовни, та такої, що зазнала деструктивних змін під дією мікрофлори руна.

Із даних рис. 1 бачимо імовірно нижчу кількість у холестеролі воску пошкодженої вовни, естерів насичених кислот – 36,13 %, порівняно з 41,39 % у нормальній за станом вовні ($P < 0,001$). Це зниження відбувається за рахунок збільшення естерів усіх ненасичених кислот, а особливо триєнових та тетраєнових, кількість яких вірогідно зростає з 4,53 до 5,83 ($P < 0,05$) та з 4,81 до 5,91 ($P < 0,05$) відповідно. Ці зміни вказують на негативну дію мікрофлори руна на захисні властивості жиропоту, оскільки, як відомо, значна кількість ненасичених кислот робить молекулу більш сприйнятливою до перекисного окиснення, на чому, зокрема, наголошують Cao et al. [2].



Рис. 1. Вміст і склад естерів холестеролу воску нормальної та пошкодженої мікроорганізмами вовни

Примітка: тут і надалі статистично вірогідні різниці:

* – $P < 0,05$;

** – $P < 0,01$;

*** – $P < 0,01$

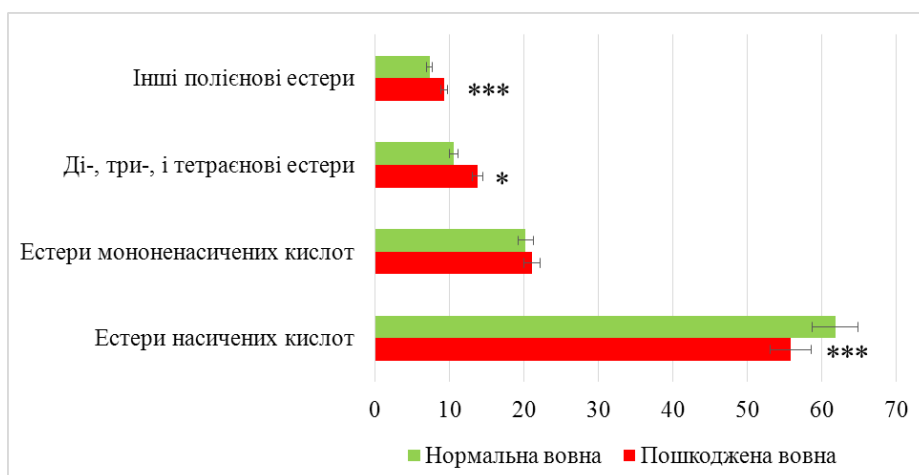


Рис. 2. Вміст і склад естерів холестеролу вільних внутрішніх ліпідів нормальної та пошкодженої мікроорганізмами вовни



Рис. 3. Вміст і склад естерів холестеролу зв'язаних внутрішніх ліпідів нормальної та пошкодженої мікроорганізмами вовни

Як відомо, з вовняного волокна можна виділити два види структурних ліпідів – вільні та зв'язані. Близько 1% з них можна виділити без попереднього лужного гідролізу, це так звані вільні внутрішні ліпіди. Зв'язані ж ліпіди виділяються лише за допомогою лужного гідролізу, і кількість їх може сягати до 1,5–2% [8]. За даними Inostroza et al. [14] кількість насичених жирних кислот у вовні овець становить близько 66%, а ненасичених – 34%.

Раніше ми показали [28], що процеси пошкодження вовни мікроорганізмами супроводжуються гідролізом її ліпідних компонентів, зокрема естерів холестеролу. До того ж, це стосується як вільних, так і зв'язаних форм ліпідів. Із даних рис. 3 бачимо, що естерифікований холестерол зв'язаних внутрішніх ліпідів пошкодженої вовни містить меншу кількість естерів насичених і, особливо, мононенасичених кислот – 15,13% ($P < 0,05$) порівняно з 17,58% у нормальній за станом вовні. Натомість дефектна вовна характерна більшою кількістю ді-, три-, і тетраєнових ($P < 0,05$) та інших полієнових ($P < 0,01$) естерів. З огляду на це нагадаємо, що за даними Vikash et al. [29] певні види мікроорганізмів, володіючи ліполітичною активністю, можуть гідролізувати внутрішні ліпіди волоса.

Висновки. Збільшення окремих видів мікроорганізмів у руні овець супроводжується гідролізом деяких ліпідних компонентів воску, що в підсумку може призводити до погіршення його захисних властивостей. Зокрема в естерифікованому холестеролі знижується рівень естерів насичених кислот ($P < 0,001$), за рахунок збільшення всіх ненасичених, а особливо триєнових ($P < 0,05$) та тетраєнових ($P < 0,05$) кислот. Життєдіяльність мікрофлори також призводить до змін у внутрішніх ліпідах вовни. Зокрема у складі вільних внутрішніх ліпідів зауважено вірогідно нижчий уміст естерів насичених кислот ($P < 0,001$), і вищий – ді-, три-, й тетраєнових ($P < 0,05$) та інших полієнових естерів ($P < 0,001$). У зв'язаних внутрішніх ліпідах пошкодженої вовни міститься вірогідно менша кількість мононенасичених кислот ($P < 0,05$), але вища – ді-, три-, й тетраєнових ($P < 0,05$) та інших полієнових ($P < 0,01$) естерів холестеролу. Такі зміни можуть призводити до порушення самої структури вовняних волокон і, насамперед, їх кутикулярного шару.

Бібліографічний список

1. Braz P. R. L., Chaves de R. C., Lopes de N. M. S. What is the Importance of 18-methylechosoanoic acid in hair care? *Revista Faz Ciencia*. 2023. No 25 (41). P. 89–102. DOI: 10.48075/rfc.v25i41.30594
2. Cao H., Xiong S. F., Dong L. L., Dai Z. T. Study on the mechanism of lipid peroxidation induced by carbonate radicals. *Molecules*. 2024. No 29 (5). P. 1125. DOI: 10.3390/molecules29051125
3. Chilakamaray C. R., Mahmood S., Safe S. N., Arifn M. A., Gupta A., Sikkandar M. Y., Begum S. S., Narasaiah B. Extraction and application of keratin from natural resources: a review. *3 Biotech*. 2021. No 11. P. 220. DOI: 10.1007/s13205-021-02734-7
4. Coderch L., Lorenzo di R., Mussone M., Alonso C., Marti M. The role of lipids in the process of hair ageing. *Cosmetics*. 2022. No 9 (6). P. 124. DOI: 10.3390/cosmetics9060124
5. Coderch L., Alonso C., Garcia M. N., Perez L., Marti M. Hair lipid structure: effect of surfactants. *Cosmetics*. 2023. No 10 (4). P. 107. DOI: 10.3390/cosmetics10040107
6. Colditz I., Vuocolo T., Denman S., Ingham A., Wijffels G., James P., Tellam R. Fleece rot in sheep: a review of pathogenesis, aetiology, resistance and vaccines. *Animal Production Science*. 2022. No 62 (3). P. 201–215. DOI: 10.1071/AN21118
7. Cozzolino S., Gutfreund P., Vorobiev A., Devishvili A., Greaves A., Nelson A., Yepuri N., Luengo G. S., Rutland M. W. Mimicking the hair surface for neutron reflectometry. *Soft Matter*. 2024. No 20 (38). P. 7634–7645. DOI: 10.1039/d4sm00784k
8. Das D., Das S. Wool structure and morphology. In: Seiko, J., Sabu, T. (eds). *Wool fiber reinforced polymer composites*. Elsevier Ltd, Amsterdam, Netherlands, 2022. 13–32 pp. DOI: 10.1016/B978-0-12-824056-4.00013-3
9. Denman S., Tellam R., Vuocolo T., Ingham A., Wijffels G., James P., Colditz I. Fleece rot and dermatophilosis (lumpy wool) in sheep: opportunities and challenges for new vaccines. *Animal Production Science*. 2022. No 62 (4). P. 301–320. DOI: 10.1071/AN21118
10. El-Fiky A. F., Khalil E. M., Mowafi S., Zaki R. A., El-Sayed H. A. Novel approach towards removal of lipid barrier from wool fibers' surface using thermophilic lipase. *Journal of Natural Fibers*. 2021. No 1 (14). P. 9471–9485. DOI: 10.1080/15440478.2021.1982835
11. Ghimis S. B., Mirt A. L., Vlaicu A., Zaharia E., Bomboş M. M., Vasilievici G. Impregnated sheep wool fibers with an antimicrobial effect. *Chemistry Proceedings*. 2023. No 13 (1). DOI: 10.3390/chemproc2023013001
12. Harmsen P. Biological degradation of textiles and the relevance to textile recycling. Netherlands: Wageningen Food & Biobased Research, 2021. 21 p.
13. Havryliak V. V., Tkachuk V. M. Fatty acid composition of structural lipids of normal and abnormal wool fibres. *The Ukrainian Biochemical Journal*. 2012. No 84 (5). P. 106–111.
14. Inostroza K., Larama G., Bravo S., Diaz M., Sepulveda N. Utilization of wool integral lipids to determine milk fat content in suffolk down ewes. *Applied Sciences*. 2022. No 12 (3). P. 1046. DOI: 10.3390/app12031046
15. Inostroza K., Larama G., Parra de la M. D. M., Bravo S., Rodriguez R., Guerrero A., Cancino-Baier D. Saturated fatty acids in wool as markers related to

intramuscular fat content in lambs. *Animals*. 2024. No 14 (19). P. 2822. DOI: 10.3390/ani14192822

16. Johnson H., Norman T., Adler B. L., Yu J. D. Lanolin: the 2023 American contact dermatitis society allergen of the year. *Cutis*. 2023. No 112 (2). P. 78–81. DOI: 10.12788/cutis.0825

17. Kaneta D., Goto M., Hagihara M., Leproux P., Couderc V., Egawa M., Kano H. Visualizing intra-medulla lipids in human hair using ultra-multiplex CARS, SHG, and THG microscopy. *Analyst*. 2021. No 146. P. 1163–1168. DOI: 10.1039/D0AN01880E

18. Lis K. Hypersensitivity to lanolin: an old–new problem. *Life*. 2024. No 14 (12). P. 1553. DOI: 10.3390/life14121553

19. Liu Y., Liu J., Xiao J. Enzymatic crosslinking of amino acids improves the repair effect of keratin on hair fibre. *Polymers (Basel)*. 2023. No 15 (9). P. 2210. DOI: 10.3390/polym15092210

20. Meng X., Nan Q., Zeng Q., Zhang J., Liu S., Tan L., Zheng Z., Wang X., Li G. Antibacterial and mothproofing wool fabrics modified by M-Arg/PHMG and ZnO. *Applied Surface Science*. 2025. No 680. 161341. DOI: 10.1016/j.apsusc.2024.161341

21. Mijaljica D., Townley J. P., Spada F., Harrison I. P. The heterogeneity and complexity of skin surface lipids in human skin health and disease. *Progress in Lipid Research*. 2024. No 93. 101264. DOI: 10.1016/j.plipres.2023.101264

22. Molik E., Zapletal P., Pustkowiak H., Kamińska D. Effect of day length on fatty acid content of sheep wool fat. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 2023. No 50 (1). P. 105–113. DOI: 10.58146/qtew-9a30

23. Sanders D., Grunden A., Dunn R. R. A review of clothing microbiology: the history of clothing and the role of microbes in textiles. *Biology Letters*. 2021. No 17 (1). 20200700. DOI: 10.1098/rsbl.2020.0700

24. Sanders J. M., Coscia B. J., Fonari A., Misra M., Mileo P. G. M., Giesen D. J., Browning A. R., Halls M. D. Exploring the effects of wetting and free fatty acid deposition on an atomistic hair fiber surface model incorporating keratin-associated protein 5–1. *Langmuir*. 2023. No 39 (15). P. 5263–5274. DOI: 10.1021/acs.langmuir.2c03063

25. Sandt C., Borondics F. A new typology of human hair medullas based on lipid composition analysis by synchrotron FTIR microspectroscopy. *Analyst*. 2021. No 146. P. 3942–3954. DOI: 10.1039/d1an00695a

26. Stapai P. V., Stakhiv N. P., Tkachuk V. M., Smolianinova O. O. The relationship between structural lipids of sheep wool with its individual macrostructural components, chemical composition and physical indicators. *Biol. Tvarin*. 2021. No 23 (1). P. 38–43. DOI: 10.15407/animbiol23.01.038

27. Szalay de S., Wertz P. W. Protective barriers provided by the epidermis. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. No 24 (4). P. 3145. DOI: 10.3390/ijms24043145

28. Ткачук В. М., Стапай П. В. Дослідження воску жиропоту і ліпідів вовни овець: методичні рекомендації. Львів, 2011. 24 с.

29. Tkachuk V. M., Stapay P. V., Ohorodnyk N. Z., Motko N. R. Internal lipids and their fatty acids composition in a sheep wool fiber under biodestruction with fleece microorganisms. *The Ukrainian Biochemical Journal*. 2024. No 96 (3). P. 98–108. DOI: 10.15407/ubj96.03.097

30. Vikash V. L., Kamini N. R., Ponesakki G., Anandasadagopan S. K. Microbial disintegration of wool: An effective and sustainable approach for keratin extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2025. No 290. 138806. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2024.138806

31. Wertz P. W., Downing T. D. Integral lipids of human hair. *Lipids*. 1988. No 23 (9). P. 878–881. DOI: 10.1007/BF02536208

Стаття надійшла 10.01.2025

ВПЛИВ СЕЗОНУ УТРИМАННЯ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ТА ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД МОЛОКА КОРІВ

С. Павкович¹, к. с.-г. н.
ORCID ID: 0000-0002-0844-3071

С. Вовк², д. б. н.
ORCID ID: 0000-0001-8387-1343

Н. Огородник¹, д. вет. н.
ORCID ID: 0000-0002-7428-9973

І. Дудар¹, к. с.-г. н.
ORCID ID: 0000-0002-4467-9946

В. Ткачук¹, д. с.-г. н.
ORCID ID: 0000-0001-6392-4241

Р. Козак¹, к. с.-г. н.
ORCID ID: 0009-0003-1619-8672

М. Рацький¹, к. с.-г. н.
ORCID ID: 0009-0004-6368-1664

¹Львівський національний університет природокористування

²Інститут сільського господарства Карпатського регіону України

<https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.197>

Павкович С., Вовк С., Огородник Н., Дудар І., Ткачук В., Козак Р., Рацький М. Вплив сезону утримання на якісні показники та жирнокислотний склад молока корів

Подано результати досліджень впливу стійлового і пасовищного періодів утримання на якісні показники та жирнокислотний склад молока корів.

Молоко характеризується високою харчовою цінністю, оскільки у своєму складі містить оптимальну кількість білків, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин і вітамінів. Проте молоко пасовищного і стійлового періодів утримання відрізняється за вмістом компонентів та жирнокислотним складом. Тому метою досліджень було порівняти якісні показники та жирнокислотний склад молока корів, одержаного у стійловий і пасовищний періоди утримання.

Дослід проводили у стійловий і пасовищний періоди на коровах української чорно-рябої молочної породи. У стійловий період раціон тварин складався із сіна конюшинного, силосу кукурудзяного, сінажу люцернового, комбікорму та мінеральних добавок. У пасовищний період раціон корів складався із зеленої маси злаково-бобових культур, комбікорму та мінеральних добавок. Раціони тварин були збалансовані за енергією та поживними речовинами. Середню пробу молока відбирали два рази на місяць через рівні проміжки часу у стійловий (листопад-березень) і пасовищний (травень-вересень) періоди.

Показано, що молоко корів стійлового періоду утримання містить більше жиру та білка, тоді як кількість лактози була меншою порівняно із молоком, одержаним від корів у пасовищний період. Уміст сухої речовини молока та сухого знежиреного молочного залишку був вищим у корів стійлового періоду утримання.

Молоко корів, одержане у різні сезони, відрізнялося і за жирнокислотним складом. Молоко корів, одержане у пасовищний період, містило менше лауринової, міристинової, пальмітинової та більше стеаринової, олеїнової, лінолевої і ліноленової жирних кислот порівняно із молоком стійлового періоду утримання.

Зауважено, що в молоці пасовищного періоду містилася менша сумарна кількість середньоланцюгових C₁₂-C₁₆ та більша кількість довголанцюгових C₁₈ кислот. Сума насичених жирних кислот була вищою у молоці корів стійлового утримання, тоді як сума ненасичених і поліненасичених жирних кислот – у молоці корів пасовищного періоду. Співвідношення між мононенасиченими і насиченими та поліненасиченими і насиченими жирними кислотами було вищим у молоці корів пасовищного періоду утримання.

Ключові слова: дійні корови, стійловий період, пасовищний період, якісний склад молока, жирнокислотний склад молока.

Pavkovych S., Vovk S., Ohorodnyk N., Dudar I., Tkachuk V. Kozak R., Ratskyi M. The influence of season on the quality indicators and fatty acid composition of cow's milk

This article presents the results of research on the impact of the indoor and grazing periods on the quality indicators and fatty acid composition of cow's milk.

Milk is characterized by its high nutritional value, as it contains an optimal amount of proteins, fats, carbohydrates, minerals and vitamins. However, milk from the grazing and indoor periods differs in its component content and fatty acid composition. Therefore, the research aimed to compare the quality indicators and fatty acid composition of milk obtained during the indoor and grazing periods.

The study was conducted during both the indoor and grazing periods on cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed. During the indoor period, the animals were fed a diet comprising clover hay, corn silage, lucerne silage, compound feed, and mineral supplements. In contrast, during the grazing period, their diet included green forage from cereal-legume crops, as well as compound feed and mineral supplements. Both diets were meticulously balanced for energy and nutrients. Milk samples were collected bi-monthly at regular intervals throughout the indoor period (November to March) and the grazing period (May to September).

The results showed that milk from cows during the indoor period contained higher levels of fat and protein, while the lactose content was lower compared to milk obtained during the grazing period. The dry matter and dry non-fat solids content were also higher in milk from cows during the indoor period.

Milk from cows obtained in different seasons also differed in fatty acid composition. Milk from cows during the grazing period contained lower amounts of lauric, myristic and palmitic acids, but higher amounts of stearic, oleic, linoleic and linolenic acids compared to milk from the indoor period.

Milk from the grazing period had a lower total content of medium-chain fatty acids (C_{12-C16}) and a higher content of long-chain fatty acids (C_{18}). The amount of saturated fatty acids was higher in milk from cows during the indoor period, while the amount of unsaturated and polyunsaturated fatty acids was higher in milk from cows during the grazing period. The ratio of monounsaturated to saturated and polyunsaturated to saturated fatty acids was higher in milk from cows during the grazing period.

Keywords: dairy cows, indoor period, grazing period, milk quality composition, milk fatty acid composition.

Постановка проблеми. Молоко – це продукт секреції молочної залози самиць різних видів ссавців. Воно містить понад 250 необхідних для організму людини компонентів, які майже цілком засвоюються, через що за харчовою і біологічною цінністю молоко перевершує інші продукти.

Вміст білка в молоці становить від 3,2 до 3,8 %. До його складу входить близько 20 % сироваткових білків (α -лактоальбумін і β -лактоглобулін) і 80 % казеїну [9, с. 98]. Білки молока містять усі незамінні амінокислоти. Вони легко перетравлюються і всмоктуються в організмі людини, володіють ліпотропними властивостями, знижують кров'яний тиск, запобігають втраті м'язової маси, виникненню діабету, атеросклерозу, остеопорозу, серцево-судинних та інших хронічних захворювань.

Вуглеводи молока представлені переважно лактозою, яка міститься лише в молоці. Лактоза – енергетичний матеріал для організму людей, позитивно впливає на всмоктування кальцію, фосфору, магнію, сприяє розвитку в кишківнику корисних мікроорганізмів. Оскільки лактоза менш розчинна, ніж сахароза, вона менше подразнює слизову оболонку органів травлення та може досягати товстого відділу кишківника, в якому, завдяки діяльності молочнокислих бактерій, створює кисле середовище, несприятливе для розвитку гнильних мікроорганізмів.

Жири, порівняно з білками і вуглеводами, характерні більшою енергоємністю. Вміст жиру в молоці корів коливається в межах 2–6 % і залежить від багатьох чинників. Молочний жир має високу

засвоюваність і вважається важливим харчовим компонентом раціону значної частини населення [10, с. 1636]. Він містить близько 70 % насичених жирних кислот, 28 % мононенасичених і лише 2 % поліненасичених. Незначний вміст поліненасичених жирних кислот пов'язаний із процесами рубцевої біогідрогенізації, завдяки яким ненасичені жирні кислоти корму перетворюються у насичені. Брак поліненасичених жирних кислот у раціоні людей сприяє розвитку атеросклерозу, тромбозу, сухості шкіри, екземи тощо [5, с. 120].

Тому нині ведуться пошуки методів поліпшення жирнокислотного складу молока корів шляхом збільшення у його складі ненасичених і зменшення насичених жирних кислот [1, с. 91; 3, с. 204; 4, с. 203–204; 18, с. 205].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Молочний жир приблизно на 98 % складається з тригліцеридів, тоді як інші молочні ліпіди, такі як дигліцериди, холестерин, фосфоліпіди і вільні жирні кислоти – становлять близько 2 %.

Жирні кислоти молока майже в однакових кількостях мають кормове та мікробне походження. У молочній залозі корів синтезуються жирні кислоти з парною (4–16) кількістю атомів вуглецю. У молочній залозі $C_{4:0-14:0}$ кислоти і близько половини $C_{16:0}$ кислот синтезуються з ацетату та β -гідроксибутирату, які, у свою чергу, утворюються у рубці внаслідок бродіння корму. Під час всмоктування через епітелій рубця масляна кислота перетворюється на β -гідроксималяну.

Жир молока містить також жирні кислоти з непарною кількістю вуглецю, такі як пента- і гептадеканова кислоти. Вони синтезуються мікрофлорою в рубці. Решта $C_{16:0}$ і довголанцюгові жирні кислоти надходять із кормових ліпідів та утворюються внаслідок ліполізу тригліцеридів жирової тканини.

До складу тригліцеридів молочного жиру входять понад 400 різних жирних кислот, що робить молочний жир найскладнішим з усіх природних жирів [17, с. 1]. Майже всі ці кислоти є у молоці в незначних кількостях і лише близько 15-ти з них – у кількості 1 % і більше. На жирнокислотний склад молока впливає багато чинників. Вони можуть бути тваринного походження, тобто залежать від генетики, стадії лактації тощо, або кормовими, що пов'язані з годівлею тварин [13, с. 1821].

Якісний і жирнокислотний склад молока корів істотно впливає на харчові й технологічні властивості молока. Сьогодні проводиться багато досліджень із вивчення впливу жирних кислот на виникнення онкологічних і серцево-судинних захворювань у людей. Показано, що поліненасичені жирні кислоти зменшують ризик виникнення хвороб серцево-судинної системи, попереджують розвиток діабету [5, с. 120].

Постановка завдання. Наше завдання – порівняти якісні показники та жирнокислотний склад молока корів одержаного у стійловий і пасовищний періоди утримання.

Виклад основного матеріалу. Дослід проводили у стійловий і пасовищний періоди на коровах української чорно-рябої молочної породи. У стійловий період раціон тварин складався із сіна конюшинного, силосу кукурудзяного, сінажу люцернового, комбікорму та мінеральних добавок. У пасовищний період раціон корів складався із зеленої маси злаково-бобових культур, комбікорму та мінеральних добавок. Раціони тварин були збалансовані за енергією та поживними речовинами. Середню пробу молока відбирали зранку з резервуара-охолоджувача, який містив молоко від ранкового доїння та від вечірнього попереднього дня, двічі на місяць через рівні проміжки часу. Відібрали десять зразків у стійловий період (листопад-березень) і десять проб у пасовищний період (травень-вересень).

Вміст жиру в молоці визначали кислотним методом, загальну кількість білка – методом формольного титрування, вміст лактози – рефрактометрично. Жирнокислотний склад молочного жиру визначали за методом Курко [2, с. 65-69].

Одержані результати обробляли біометрично з використанням MS Excel.

Дані, наведені у табл. 1, показують, що молоко, одержане від корів пасовищного періоду утримання, містило в середньому на 0,11 % менше жиру та на 0,07 % менше білка ($P < 0,05$), тоді як кількість лактози була на 0,03 % більшою порівняно із молоком, одержаним від корів у стійловий період. Уміст сухої речовини молока та сухого знежиреного молочного залишку був вищим у корів стійлового періоду утримання відповідно на 0,12 % і 0,01 %. Зниження вмісту молочного білка, переважно за рахунок казеїну, та молочного жиру у літній період можна пояснити негативним впливом високих температур на синтез цих компонентів молока та фотоперіодом. Фотоперіод впливає на синтез гормонів і відповідно на утворення молока і його якісні показники. Збільшення тривалості світлового періоду доби підвищує молочну продуктивність з одночасним зниженням у молоці вмісту жиру і білка, що можна пояснити ефектом розведення [6, с. 1819].

Зміни якісних показників молока у різні періоди утримання тварин можна пояснити відмінностями сезонних умов годівлі та температури повітря, що може впливати на склад молока [16, с. 8607].

Молоко корів, одержане у різні сезони, відрізнялося і за жирнокислотним складом, що підтверджує помітний вплив кормових чинників на склад жирних кислот молока (табл. 2). Так, молоко корів, одержане у пасовищний період, містило менше лауринової ($P < 0,05$), міристинової, пальмітинової ($P < 0,05$) та більше стеаринової, олеїнової ($P < 0,05$), лінолевої і ліноленової жирних кислот порівняно із молоком стійлового періоду утримання. Зменшення вмісту лауринової, міристинової і пальмітинової жирних кислот у складі молочного жиру має позитивний ефект, оскільки вказані кислоти мають виражену гіперхолестеринемічну дію. Ці дані узгоджуються із попередніми результатами щодо впливу сезону року на профіль молочного жиру [11, с. 4606–4607; 12, с. 4–5; 15, с. 8483].

Вища концентрація стеаринової кислоти в молочному жирі молока пасовищного періоду порівняно зі стійловим зумовлена біогідрогенізацією кормових ненасичених жирних кислот у рубці. Більший вміст олеїнової кислоти в молоці пасовищного періоду може бути результатом часткової рубцевої біогідрогенізації поліненасичених жирних кислот кормів та внаслідок згодування кормів багатих олеїновою кислотою. Збільшення концентрації олеїнової кислоти в

молоді бажане, оскільки це знижує ризик ішемічної хвороби серця [14, с. 1152].

У молоці пасовищного періоду містилася менша сумарна кількість середньоланцюгових C_{12} - C_{16} ($P<0,05$) та більша кількість довголанцюгових C_{18} ($P<0,05$) кислот. Сума насичених жирних кислот була вищою у молоці корів стійлового утримання, тоді як сума ненасичених і поліненасичених жирних кислот – у молоці корів пасовищного періоду. Співвідношення між мононенасиченими і насиченими кислотами в молоці корів стійлового періоду

становило 0,45, а в молоці корів пасовищного періоду – 0,57, між поліненасиченими і насиченими – 0,06 і 0,08 відповідно. Ці результати узгоджуються з роботами інших дослідників [7, с. 211], в яких показано, що споживання свіжих трав підвищує концентрацію довголанцюгових і ненасичених жирних кислот у жирі коров'ячого молока, порівняно зі згодовуванням консервованих кормів. Тобто випасання корів є головним чинником, який впливає на сезонні коливання жирнокислотного складу молока [8, с. 224–225].

Таблиця 1

Якісні показники молока корів ($M \pm m$, $n=10$)

Показник	Стойловий період	Пасовищний період
Вміст жиру, %	$3,68 \pm 0,06$	$3,57 \pm 0,08$
Вміст білка, %	$3,31 \pm 0,01$	$3,24 \pm 0,03^*$
Вміст лактози, %	$4,72 \pm 0,02$	$4,75 \pm 0,02$
Вміст сухої речовини, %	$12,52 \pm 0,05$	$12,4 \pm 0,03$
Вміст сухого знежиреного молочного залишку, %	$8,84 \pm 0,01$	$8,83 \pm 0,01$

Примітка. У цій і наступній таблиці достовірна різниця між тваринами стійлового і пасовищного періодів утримання $*p<0,05$

Таблиця 2

Жирнокислотний склад молочного жиру ($M \pm m$, $n=10$, г/100 г жирних кислот)

Жирні кислоти	Стойловий період	Пасовищний період
Лауринова, $C_{12:0}$	$3,7 \pm 0,17$	$3,1 \pm 0,22^*$
Міристинова, $C_{14:0}$	$11,1 \pm 0,62$	$9,9 \pm 0,43$
Пальмітинова, $C_{16:0}$	$37,8 \pm 1,41$	$32,3 \pm 1,78^*$
Стеаринова, $C_{18:0}$	$13,6 \pm 0,82$	$15,4 \pm 0,69$
Олеїнова, $C_{18:1}$	$29,8 \pm 1,23$	$34,7 \pm 1,65^*$
Лінолева, $C_{18:2}$	$3,2 \pm 0,18$	$3,7 \pm 0,16$
Ліноленова, $C_{18:3}$	$0,8 \pm 0,06$	$0,9 \pm 0,08$
Сума C_{12} - C_{16}	$52,6 \pm 2,39$	$45,3 \pm 1,98^*$
Сума C_{18}	$47,4 \pm 2,12$	$54,7 \pm 2,31^*$
Сума насичених жирних кислот	$66,2 \pm 1,94$	$60,7 \pm 2,46$
Сума ненасичених жирних кислот	$33,8 \pm 2,08$	$39,3 \pm 1,59$
Сума поліненасичених жирних кислот	$4,0 \pm 0,2$	$4,6 \pm 0,27$

Висновки. Зменшення вмісту середньо- та збільшення довголанцюгових кислот, а також вищі співвідношення між моно- і поліненасиченими жирними кислотами й насиченими у молоці корів пасовищного періоду, порівняно із молоком стійлового періоду, вказують на потенційно більшу користь такого молока для здоров'я людей. Подальші дослідження щодо впливу на жирнокислотний склад молочного жиру важливі для пошуку ефективних шляхів підвищення користі

молока для здоров'я та поліпшення технологічних якостей молочних продуктів.

Бібліографічний список

1. Вовк С. О., Павкович С. Я., Мартин М. Т. Вміст ліпідних компонентів у плазмі крові та молочна продуктивність за використання у раціонах корів рослинно-жирових добавок. *Науково-технічний бюлетень. Інститут біології тварин УААН*. 2004. Вип. 5, № 3. С. 90–94.
2. Курко В. І. Газохроматографічний аналіз харчових продуктів. Київ: Урожай, 1965. С. 65–69.

3. Павкович С., Вовк С., Бальковський В., Огородник Н., Іванків М. Вплив згодовування ріпакового насіння і кальцієвих солей на продуктивність і жирнокислотний склад молочного жиру корів. *Вісник ЛНАУ. Серія «Агрономія»*. 2020. № 24. С. 203–206.
4. Павкович С., Вовк С., Бальковський В., Огородник Н., Дудар І., Іванків М. Вплив згодовування коровам насіння ріпаку на молочну продуктивність, якість і технологічні властивості молока й молочних продуктів. *Вісник ЛНАУ. Серія «Агрономія»*. 2022. № 26. С. 201–206.
5. Цюпко В. В. Склад молочного жиру корів у різні строки після отелення. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2010. Вип. 18. Т. 2. С. 119–122.
6. Bernabucci U., Basiricò L., Morera P., Dipasquale D. et al. Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 2015. Vol. 98. P. 1815–1827.
7. Ferlay A., Agabriel C., Sibra C., Journal C., Martin B., Chilliard Y. Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. *Dairy Sci. Technol.* 2008. Vol. 88. P. 193–215.
8. Frelich J., Šlachta M., Hanuš O., Špička J. et al. Seasonal variation in fatty acid composition of cow milk in relation to the feeding system. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2012. Vol. 30. P. 219–229.
9. Gellrich K., Mayer H. H. D., Wiedemann S. Composition of major proteins in cow milk differing in mean protein concentration during the first 155 days of lactation and the influence of season as well as short-term restricted feeding in early and mid-lactation. *Czech J. Anim. Sci.* 2014. Vol. 59. P. 97–106.
10. Hanuš O., Samkova E., Křížová L., Hasoňová L. et al. Role of fatty acids in milk fat and the influence of selected factors on their variability - A review. *Molecules*. 2018. Vol. 23. P. 1636–1643.
11. Larsen M. K., Andersen K. K., Kaufmann N., Wiking L. Seasonal variation in the composition and melting behavior of milk fat. *J. Dairy Sci.* 2014. Vol. 97. P. 4703–4712.
12. Liu Z., Wang J., Cocks B. G., Rochfort S. Seasonal variation of triacylglycerol profile of bovine milk. *Metabolites*. 2017. Vol. 7. P. 1–24.
13. Mansson H. L. Fatty acids in bovine milk fat. *Food & Nutr. Res.* 2008. Vol. 52. P. 1821.
14. Mensink R. P., Zock P. L., Kester A. D. M., Katan M. B. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on. *Amer. J. Clin. Nutr.* 2003. Vol. 77. P. 1146–1155.
15. Pacheco-Pappenheim S., Yener S., Heck J. M. L., Dijkstra J. et al. Seasonal variation in fatty acid and triacylglycerol composition of bovine milk fat. *J. Dairy Sci.* 2021. Vol. 104. P. 8479–8492.
16. Priyashantha H., Lundh Å., Höjer A., Bernes G. et al. Composition and properties of bovine milk: A study from dairy farms in northern Sweden; Part II. Effect of monthly variation. *J. Dairy Sci.* 2021. Vol. 104. P. 8595–8609.
17. Tzompa-Sosa D. A., Meurs P. P., van Valenberg H. J. F. Triacylglycerol profile of summer and winter bovine milk fat and the feasibility of triacylglycerol fragmentation. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2018. Vol. 120. Article 1700291.
18. Wowk S. I., Kyryliv J. I., Pawkowycz S. J., Vantukh A. Ye., Martyn M. T. Influence of various rapeseed products in dairy cows diets on yield and composition of milk. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego*. 2004. Vol. 74. P. 201–208.

Стаття надійшла 14.01.2025

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**Серія
Агрономія
№ 29**

Редактор: Н. В. Скосарьова
Коректор: Л. Г. Лісович-Біла
Технічний редактор: Н. І. Максимюк

Перелік наукових фахових видань України, категорія Б
Накази МОН України № 886 від 02.07.2020 р. і № 1166 від 23.12.2022 р.

Наукове видання входить до міжнародних наукометричних баз і каталогів наукових видань:
Index Copernicus; Google Scholar; Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського

Видавець:

Львівський національний університет природокористування
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни
Львівського р-ну Львівської обл., 80381

Підписано до друку 28.02.2025. Формат 60×84¹/₈.
Папір офс. Гарнітура «Таймс». Друк на різнографі.
Обл.-вид. арк. 20,51. Ум. друк. арк. 21,77
Наклад 50. Зам. 380

Віддруковано ПП «Арал»
м. Львів, вул. О. Степанівни, 49

Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта підприємницької діяльності
№ 13135 від 09.02.1998 р.